

### 콩의 침지중 부피의 변화

김종균·김우정\*·김성곤\*\*  
세종대학교 가정학과, \*식품과학과  
\*\*단국대학교 식품영양학과

## Changes in Volume of Soybeans during Hydration

Jong-Goon Kim, Woo-Jung Kim\* and Sung-Kon Kim\*\*

Department of Home Economics and of\*Food Science, King Sejong University  
\*\*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

#### Abstract

During soaking of soybeans in water at 4°C-98°C, the volume gain of soybeans held a linear relation with the square root of soaking time regardless of soaking temperatures and showed a highly positive correlation with weight gain, which indicated that the volume increase of soybeans was basically due to the diffusion of water. The activation energies for the volume increase were changed at 40°C. The log time to reach a fixed moisture content showed a linear relation with the soaking temperature during soaking of soybeans at 4°C-60°C. The z-value to reach 50% hydration was 50°C-55°C.

Key words: soybean, hydration of soybean

#### 서 론

우리나라 콩의 조리특성을 이해하기 위한 연구로서 저자들은 장려품종 1품종과 재래종 3품종을 대상으로 침지중 수분흡수 성질<sup>(1)</sup>과 조리성질<sup>(2)</sup>에 대하여 보고하였다.

본 연구에서는 콩을 4°C-98°C에 침지시키면서 부피의 변화를 측정하고 부피증가 속도의 온도의존성에 대하여 보고하고자 한다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

장려품종 1품종(봉의)과 재래종 3품종(KW-12, KLS-77005-1과 B-102)을 사용하였으며, 이들 콩의 특징은 전보<sup>(3)</sup>에 설명하였다.

##### 콩의 침지중 부피변화

콩 10g을 4°C-98°C의 증류수에 침지시키면서 일정한 시간 간격으로 부피의 변화를 측정하였다. 부피의 변화는 50ml의 증류수가 담긴 100ml 눈금 실린더에 시료를 넣

고 부피의 차이로부터 정하였다<sup>(4)</sup>.

모든 실험은 3회 이상 반복하고 평균값으로 나타내었다.

##### 부피증가 속도상수의 온도의존성

부피증가 속도상수와 침지 온도와 관계는 다음의 아레니우스 식으로부터 분석하였다.

$$\ln k = \frac{E_a}{RT} + \ln A \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 k는 부피증가 속도상수·min<sup>-1</sup>, E<sub>a</sub>는 활성화에너지(cal/mol), R은 기체상수, T는 침지온도(K) 및 A는 빈도 인자이다.

##### 수화도의 온도의존성

여러 침지 온도에서의 콩의 수화도의 온도의존성은 Quast와 da Silva<sup>(5)</sup>가 제시한 다음 식으로부터 계산하였다.

$$z = (T_1 - T_2) / \log(t_2 - t_1) \dots\dots\dots (2)$$

여기에서 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub>는 각각 침지온도 T<sub>1</sub>과 T<sub>2</sub>에서 일정한 수분함량에 도달하는 시간이다.

Corresponding author: Sung-Kon Kim, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, San 8, Hannam-Dong, Yongsan-Ku, Seoul 140-714, Korea

#### 결과 및 고찰

부피의 변화양상

시료 콩의 침지중 시간에 따른 콩의 부피 증가율은 그림 1-4와 같다. 시료 콩 모두 40°C 이하에서는 침지시간 10시간 동안에 평형상태에 도달하지 않았다. 그러나 침지 온도 60°C-98°C에서는 침지 3시간 후에 평형상태에 도달하였다. 이러한 결과는 4°C-100°C에서의 검정콩의 경우<sup>(4)</sup>와 비슷한 경향이였다. 김 등<sup>(6)</sup>은 침지 온도 20°C-40°C에서의 콩의 부피 증가율은 침지 12시간까지 증가하고 그 이후에는 증가율이 완만하다고 보고하였다. Wang 등<sup>(7)</sup>은 콩을 20°C-37°C에서 침지시키는 경우에서 처음 2시간 동안에 수분이 급속히 흡수되며 그 이후에는 콩이 포화될 때까지 수분흡수 속도는 점차 감소한다고 하였다.

침지 온도 60°C 이상에서의 부피 증가율은 40°C의 경우보다 낮았으며, 시간의 경과에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다(그림 1-4). 이러한 결과는 콩의 침지중 무게증가율<sup>(1)</sup>과 같은 경향이였다. 콩의 침지중 일정 시간후 콩의 무게가 감소되는 현상은 침지중 수용성 물질의 손실에 기인하는 것으로서, 침지중 무게 또는 부피 증가율보다 고형물의 손실율이 크기 때문인 것으로 알려져 있다<sup>(4,5)</sup>.

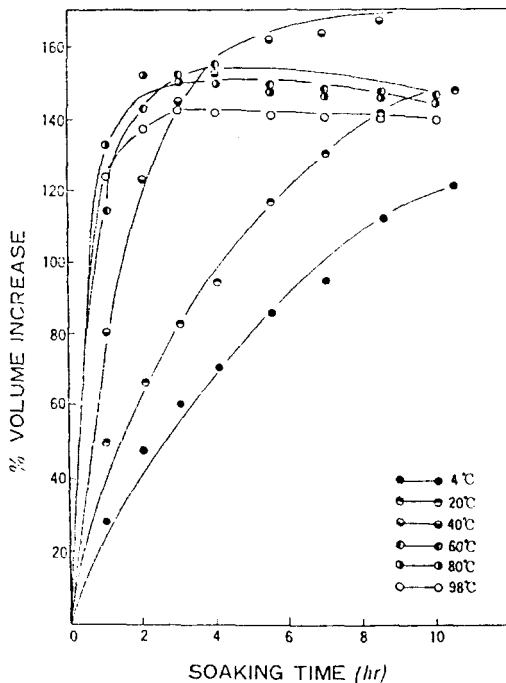


Fig. 1. Changes in volume of Bongui soybean during soaking at various temperatures.

부피증가 속도

콩의 콩의 침지시간의 평방근과 부피의 관계를 보면 침지온도에 관계없이 직선적인 관계를 보였다(그림 5). 다른 콩들도 모두 콩의와 같은 결과를 보였다. 따라서 그림 5의 결과는 다음과 같이 표시될 수 있었다.

$$V_t - V_0 = k \sqrt{t} \dots \dots \dots (3)$$

여기에서  $V_t$ 와  $V_0$ 는 침지시간  $t$ 와 0분에서의 부피,  $k$ 는 부피증가 속도상수( $\text{min}^{-1/2}$ )이다.

김 등<sup>(1)</sup>은 콩의 침지중 수분흡수는 Fick의 확산법칙으로 설명될 수 있다고 하였다. 식 (3)은 기본적으로 Fick의 확산방정식과 같은 형태이므로, 콩의 침지중 부피증가의 기본 기작은 수분의 확산현상에 의하여 설명될 수 있음을 가르킨다.

그림 5의 각 직선으로부터 기울기를 구한 결과는 표 1과 같다. 침지중 콩의 부피증가 속도는 콩의가 가장 빨랐으며, 다음이 102-B 이었고, KW-12가 가장 늦었다. 침지중 콩의 수분흡수 속도상수<sup>(1)</sup>와 부피증가 속도상수(표 1)와는 직선적인 관계를 보였으며, 콩의는 0949, KW-12는 0.958, KLS-77005-1은 0.977, 102-B는 0.997의 상관계수를 보였다.

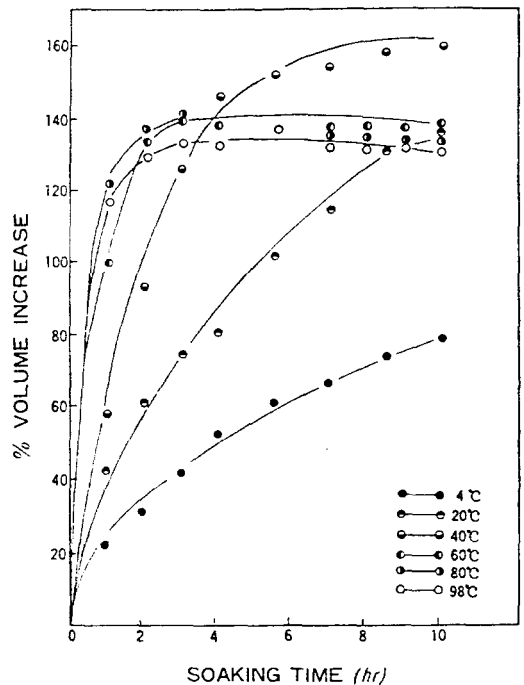


Fig. 2. Changes in volume of KW-12 soybean during soaking at various temperatures.

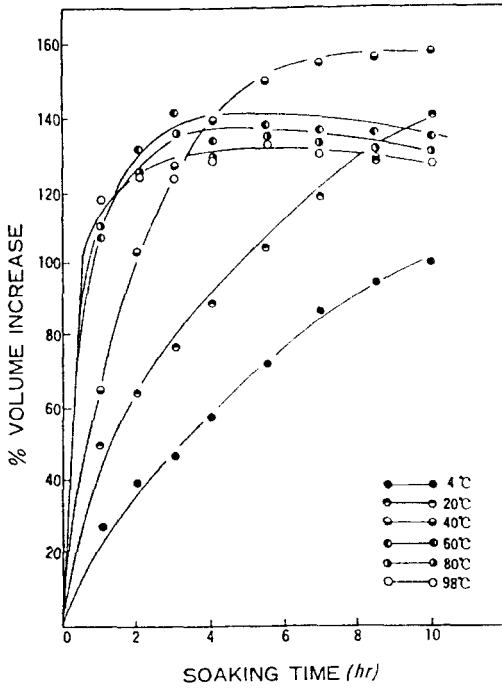


Fig. 3. Changes in volume of KLS-77005-1 soybean during soaking at various temperatures.

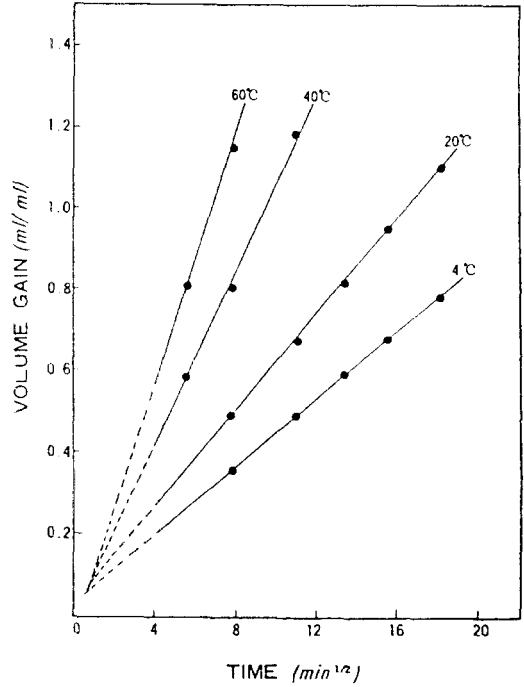


Fig. 5. Relation between the volume gain and the square root of the absorption time of Bongui soybean.

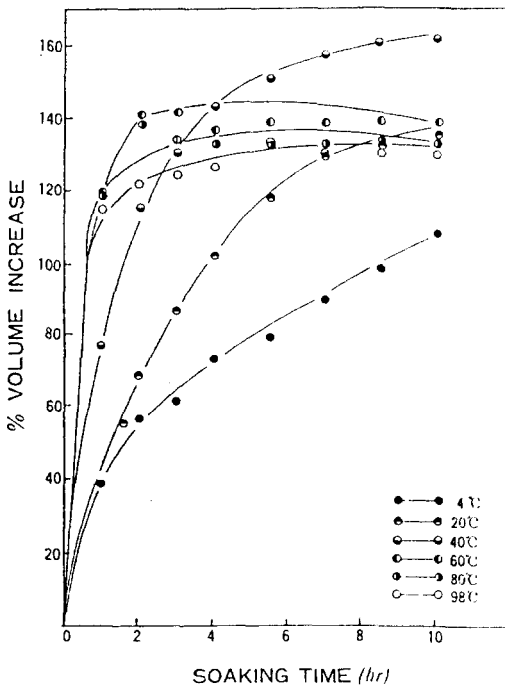


Fig. 4. Changes in volume of 102-B soybean during soaking at various temperatures

부피증가 속도상수의 온도의존성

부피증가 속도상수와 침지온도와의 관계를 보면 그림 6과 같이 침지온도 40°C를 전후하여 기울기가 다른 두개의 직선을 보였다. 그림 6의 결과로부터 식 (1)의 아래니우스식을 사용하여 부피증가의 활성화에너지 값을 계산한 결과는 표 2와 같다. 침지온도 4°C-40°C에서의 활성화에너지 값은 102-B가 다른 콩보다 약간 낮은 값을 보였으나, 40°C-60°C에서는 반대로 다른 콩보다 높은 값을 보였다.

부피증가의 활성화에너지 값(표 2)은 수분증가의 활성화에너지 값<sup>(1)</sup>과는 큰 차이를 보였다. 즉, 수분흡수의 경

Table 1 Average values of volume increase rate constant of soybeans

Soaking temperature (°C)	Volume increase rate constant (min <sup>-1/2</sup> )			
	Bongui	KW-12	KLS-77005-1	102-B
4	0.0414	0.0362	0.0399	0.0429
20	0.0591	0.0554	0.0574	0.0580
40	0.1160	0.0977	0.1033	0.0926
60	0.1507	0.1306	0.1477	0.1505

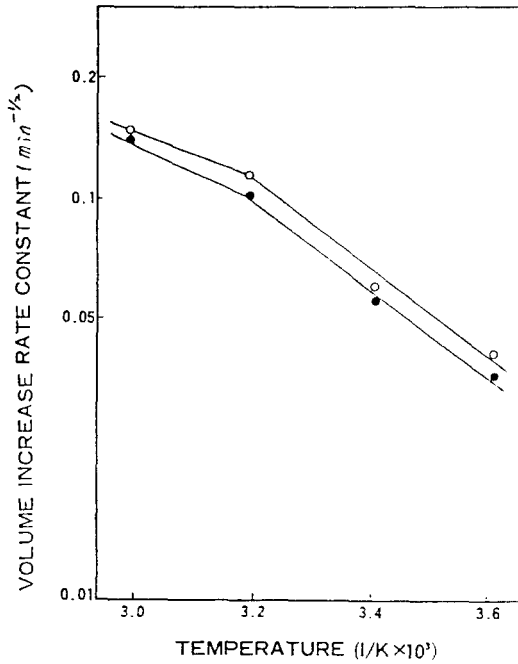


Fig. 6. Arrhenius plots of water uptake rate constants of Bongui (O) and KW-12 (●) soybeans.

우 활성화에너지 값은 침지온도 20°C를 전후하여 서로 달랐으며, 침지온도 20-60°C에서의 활성화에너지 값은 4°C-20°C에서의 값보다 약 2.5배 높았고, 품종간에도 뚜렷한 차이를 보이지 않았다<sup>(1)</sup>. 따라서 앞에서 설명한 것과 같이 침지중 콩의 부피증가는 수분흡수와 밀접한 관계가 있으나, 이들은 침지온도에 따라 크게 영향을 받음을 알 수 있다. 즉, 콩의 수분흡수 속도는 침지온도가 높을

Table 2. Activation energy of volume increase of soybeans

Soybean	Soking temperature (°C)	Ea (cal/mole)
Bongui	4 - 40	4,920
	40 - 60	2,700
KW-12	4 - 40	4,740
	40 - 60	3,000
KLS-77005-1	4 - 40	4,540
	40 - 60	3,480
102-B	4 - 40	3,680
	40 - 60	5,020

수록 온도의존성이 커지는 반면<sup>(1)</sup>, 부피증가 속도는 반대로 침지온도가 낮을 수록 온도의존성이 높았다(표 2).

수화도의 온도의존성

콩의 침지중 일정한 수화도에서의 부피증가와와의 관계를 보기 위하여 봉의 콩의 부피증가(그림 1)로부터 일정한 수분함량에 도달하는 시간을 구하고 침지온도와의 관계를 보면 그림 7과 같다. 그림 7은 콩의 침지중 침지온도 4°C-60°C에서 침지시간의 대수값과 침지온도와는 직선적인 관계가 성립함을 보여주고 있다. 다른 콩들도 그림 7과 같은 결과를 보였다.

그림 7의 실험값으로부터 식 (2)를 사용하여 z-값을 구한 결과는 표 3과 같다. 콩의 수화도가 증가할 수록 z-값은 감소하였으며, 수분함량 30%에 도달하는 z-값은 102-B 콩은 75.8°C로서 가장 높았고, 다른 콩들은 66.2°C-68.0°C로서 큰 차이를 보이지 않았다. 김 등<sup>(4)</sup>은 검정콩의 경우 부피증가율로 계산한 수분 30%에 도달하는 z-값은 73.9°C, 수분 40%에서는 70.9°C, 수분 50%에

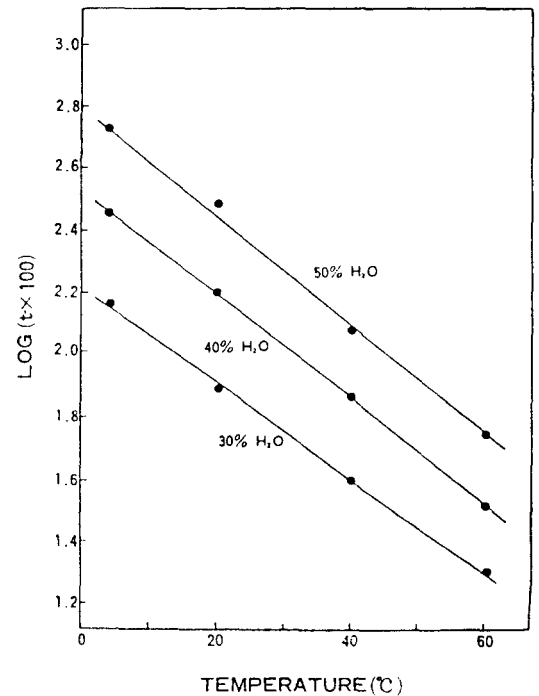


Fig. 7. Time to reach different degrees of hydration as a function of temperature for Bongui soybean (calculated from volume changes).

Table 3. z-Values of soybeans calculated from volume changes to reach different degrees of hydration during soaking at 4°C-60°C

Soybean	Degree of hydration (% H <sub>2</sub> O)	z-Values (°C)	Correlation coefficient (-r)
Bongui	30	65.2	0.9987
	40	59.2	0.9999
	50	55.5	0.9990
KW-12	30	68.0	0.9992
	40	56.5	0.9986
	50	49.5	0.9932
KLS-77005-1	30	67.6	0.9939
	40	54.1	0.9986
	50	52.1	0.9979
102-B	30	75.8	0.9979
	40	66.2	0.9956
	50	52.4	0.9997

서는 58.2°C라고 보고하였다.

표 3의 z-값은 콩의 침지중 무게변화로부터 계산한 결과<sup>(1)</sup> 보다 높은 값이었다. 이러한 결과는 콩이 침지중 일정한 수화도에 이르렀을 때 무게 변화가 부피변화 보다 온도의존성이 크다는 것을 가르킨다.

요 약

콩을 침지하는 동안 콩의 부피증가량은 침지시간의 평방근과 비례하였으며, 침지온도 4°C~60°C에서의 콩의 부피증가 속도는 수분증가 속도와 높은 정의 상관관계를 보였다. 콩의 부피증가의 활성화에너지 값은 침지온도

4°C~40°C에서 3,700~4,900cal/mole, 침지온도 40°C~60°C에서는 2,700~5,000cal/mole 이었다. 침지온도 4°C~60°C에서의 콩의 부피증가로부터 수분함량 50%에 도달하는 시간과 온도와의 관계로부터 계산한 z-값은 50°C~55°C 이었다.

문 헌

1. 김종균·김우정·김성근 : 우리나라 재래종 콩의 수분흡수 특성. 한국식품과학회지, 20, 256(1988)
2. 김성근·김종균 : 우리나라 콩의 조리 성질. 한국식품과학회지, 20, 699(1988)
3. 김종균·김성근·이준식 : 우리나라 콩의 지방산 조성 및 단백질의 전기영동 패턴. 한국식품과학회지, 20, 263(1988)
4. 김우정·신애숙·김종균·양차범 : 겉정콩의 흡수 속도에 미치는 영향인자. 한국식품과학회지, 17, 41(1985)
5. Quast, D.G. and da Silva, S.D. : Temperature dependence of hydration rate and effect of hydration on the cooking rate of dry legumes. *J. Food Sci.*, 42, 1299(1977)
6. 김동연·서인숙·이종욱 : 대두의 수화속도에 미치는 침지온도의 영향. 한국농화학회지, 31, 46(1988)
7. Wang, H.L., Swain, E.W., Hüssel, C.W. and Health, H.D. : Hydration of whole soybeans affects solid losses and cooking quality. *J. Food Sci.*, 44, 1510(1979)

(1989년 1월 10일 접수)