

## 우리나라 재래종 콩의 수분 흡수 특성

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

### Hydration Properties of Korean Soybeans

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

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

#### Abstract

During soaking of 4 varieties of Korean soybeans in water at 4-98°C, an equilibrium state was reached after 3 hr at 60-98°C but no equilibrium state was observed at 4-40°C during soaking for 10 hrs. The moisture gain of soybeans held a linear relation with the square root of soaking time regardless of soaking temperatures, which indicated that the basic mechanism of water absorption was diffusion of water. The log time to reach a fixed moisture content showed a linear relation with the soaking temperature during soaking of soybeans at 4-60°C. The z-value decreased in proportions to the increase of hydration. The z-value to reach 50% hydration was the same in all soybeans.

Key words: sybean, hydration of soybean

#### 서 론

콩의 조리법은 주로 우리나라를 중심으로 중국 및 일본 등 아시아의 여러나라에서 다양하게 발달되어 왔으나, 콩을 쌀 또는 다른 곡식과 혼합 취반하여 주식으로 이용하는 식생활은 우리나라의 독특한 식단(食單)으로 인식되고 있다<sup>(1)</sup>. 취반용으로 쓰이는 콩(밥밀콩)은 주로 재래종으로서 특히 유색콩(有色大豆)이 적당하며 단백질 함량이 40%이상으로서 100립중(百粒重)은 30g 전후가 이상적인 것으로 알려져 있다<sup>(1)</sup>. 현재 우리나라에서는 100여종의 재래종 콩이 있으나 대부분이 콩종 이름도 없는 실정이며 이들에 대한 체계적인 연구도 거의 없는 실정이다<sup>(2)</sup>. 밥밀콩에 대한 연구로서는 작물학적인 특성(종실, 생육 및 수량 특성)<sup>(1,3,4)</sup> 및 식품학적인 특성(화학 성분 및 관능적 성질)<sup>(4,5)</sup>에 관한 것이 일부 있을 뿐이다. 밥밀콩의 궁극적인 용도는 조리에 있으므로 수분흡수속도, 조리속도등 조리특성이 무엇보다도 중요하다고 볼 수 있

으나, 이에 대한 연구는 외국 연구자들에 의하여 일부 보고되어 있다. Smith<sup>(6)</sup> 및 Saio<sup>(6)</sup>는 칩지시 콩의 수분 흡수 속도는 콩껍질에 의하여 좌우된다고 보고하였다. 그러나 Parrish와 Leopold<sup>(7)</sup>는 콩껍질을 제거한 콩의 수분흡수 속도는 완전한 콩의 흡수속도와 큰 차이를 보이지 않는다고 보고하였다. 콩은 알콜(에탄올 또는 메탄올)로 전처리하면 흡수속도가 증가하는데<sup>(8,9)</sup>, 이는 메탄올에 의한 콩껍질에 연화현상에 기인되는 것으로 알려져 있다<sup>(9)</sup>. Saio<sup>(6)</sup>는 보통 콩에 비하여 흡수속도가 느린 콩의 콩껍질에는 칼슘과 조섬유의 함량이 특히 높다고 보고하였다.

콩의 크기와 밀도는 콩의 흡수량 및 흡수속도와 상관관계를 보이거나 단백질함량은 상관관계를 보이지 않는 것으로 알려져 있다<sup>(9)</sup>. Quast와 da Silva<sup>(10)</sup>는 콩의 흡수속도와 칩지 온도와의 관계를 z-값으로, 김들<sup>(11)</sup> 및 Leopold<sup>(12)</sup>는 흡수초기의 수분함량의 증가를 아레니우스식(Arrhenius plot)으로 설명하였다. 최근 Hsu<sup>(9)</sup>은 Fick의 확산법칙을 이용하여 Crank<sup>(13)</sup>가 제시한 확산방정식에 의한 콩의 흡수속도를 예측하고자 시도하였으나 Crank의 식에 적용할 수 없었다고 보고하였다.

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

본 연구는 우리나라 콩의 조리 특성을 이해하기 위한 연구의 일환으로서, 우선 수분 흡수 특성에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 콩은 장려 품종(봉의) 및 재래종 3품종(KW-12, KLS-77005-1 및 B-102)으로서, 이들의 특성은 전보(14)와 같다.

수분흡수

시료 10g을 정확히 칭량하여 4°C~98°C 범위의 증류수에 침지시키면서 일정 시간별로 무게와 부피의 변화를 측정하였다. 무게의 변화는 침지시킨 시료의 표면수를 여과지로 제거한 다음 무게증가량으로부터 환산(11)하였으며, 무게의 증가량으로부터 시료 1g(건량기준)당 수분함량을 계산하였다. 부피의 변화는 50ml의 증류수가 담긴 100ml 눈금실린더에 시료를 넣고 부피의 차이로부터 정하였다(11). 수분흡수속도는 무게와 부피의 변화율(%)과 침지시간에 따른 변화속도로부터 구하였으며, 모든 결과는 4반복 실험을 하여 평균 값으로 나타내었다.

흡수속도상수와 침지온도와의 관계는 다음의 아레니우스식으로부터 계산하였다.

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

여기에서 k는 수분흡수속도상수 (gH<sub>2</sub>O/min<sup>1/2</sup>), E<sub>a</sub>는 활성화 에너지(cal/mole), R은 기체상수(1.987 cal/deg·mole), T는 침지온도(K) 그리고 A는 빈도상수이다.

여러 침지 온도에서의 콩의 수화도(degree of hydration)의 온도의존성은 다음 식(10)에 의하여 계산하였다.

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

여기에서 t<sub>1</sub>은 침지온도 T<sub>1</sub>에서 일정한 수분함량에 도달하는 시간, t<sub>2</sub>는 침지온도 T<sub>2</sub>에서 일정한 수분함량에 도달하는 시간이다.

결과 및 고찰

수분흡수

시료 콩의 침지중 시간에 따른 콩의 무게 증가율은 그림 1~4와 같다. 시료 콩 모두 40°C이하에서는 침지시간

10시간 동안에 평형상태에 도달하지 않았다. 그러나 침지온도 60°C~80°C에서는 모두 3시간 정도에서 평형상태에 도달하였다. Wang 등(15)은 콩을 20°C~37°C에서 침지하는 경우에 초기 2시간 동안에 수분이 급속히 흡수되며 그 이후에는 흡수속도가 점차 감소한다고 보고하였는데, 이는 본 실험결과(그림 1~4)와 비슷한 경향이였다. 김등(11)은 검정콩의 경우 침지온도 20°C에서는 12시간, 40°C에서는 10시간, 60°C~80°C에서는 3~4시간, 100°C에서는 2시간 이내에 무게증가율은 평형상태에 도달하였다고 보고하였다.

침지중 콩의 무게증가율은 60°C의 경우가 침지시간 6시간 이후부터는 40°C에서보다 낮았으며 침지온도가 높아질수록 무게증가율이 다소 감소하는 경향을 보였다(그림 1~4). 이러한 현상은 고온에서의 침지중 수용성 물질의 손실에 기인하는 것으로서, 침지중 무게증가율보다 고형물의 손실이 크기 때문으로 보인다(10,11,15). Wang 등(15)은 콩의 경우 30°C이상에서 침지시키는 경우 일정 시간후에 점차 무게가 감소하며, 30°C에서는 12시간 이후부터, 37°C에서는 8시간 이후부터 무게가 감소함을 보고하였다. 콩을 20°C~37°C에서 침지하는 경우 고형분의

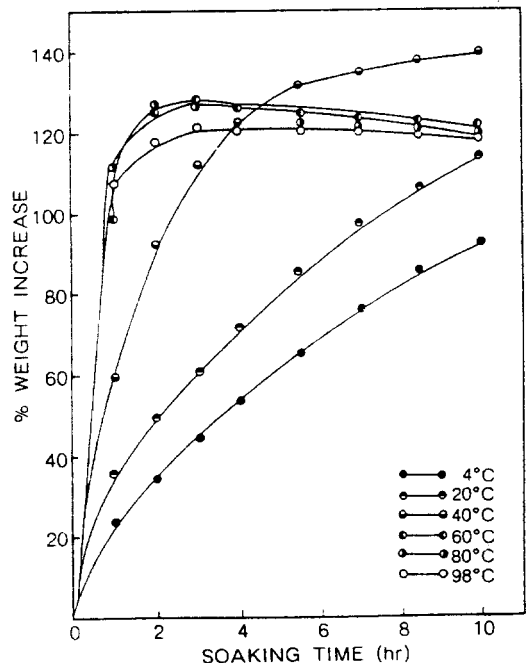


Fig. 1. Changes in weight of Bongui soybean during soaking at various temperatures.

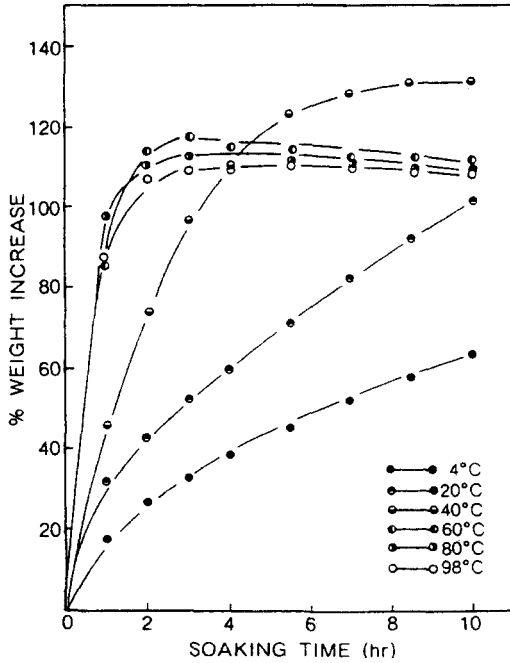


Fig. 2. Changes in weight of KW-12 soybean during soaking at various temperatures.

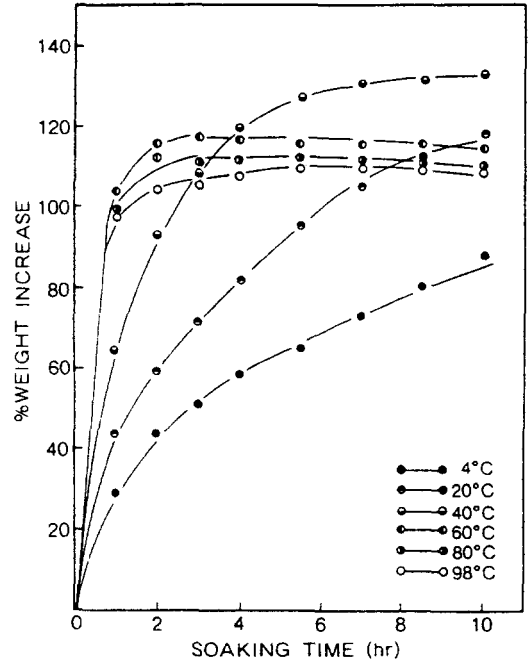


Fig. 4. Changes in weight of 102-B soybean during soaking at various temperatures.

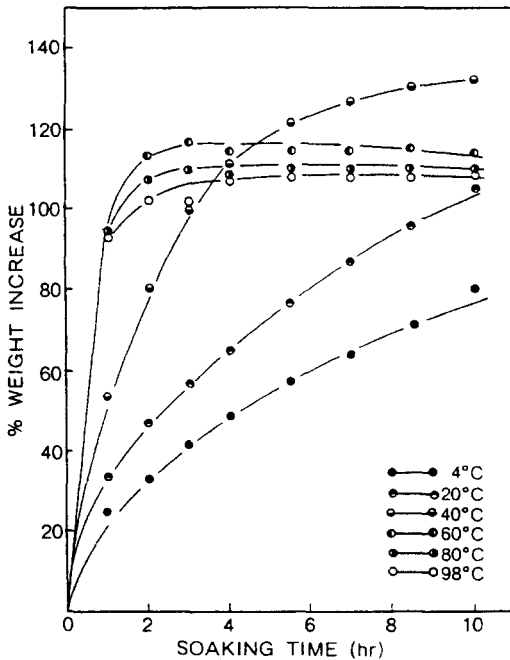


Fig. 3. Changes in weight of KLS-77005-1 soybean during soaking at various temperatures.

손실량은 처음 2시간 동안에 0.7~1.25%정도이나, 24시간 후에는 5~10.4%에 이르게 되는데, 고품분의 손실 속도는 침지시간 12시간까지는 거의 직선적인 관계를 보인다고 보고<sup>(15)</sup>되어 있다. Wang 등<sup>(15)</sup>은 콩의 침지중 용출되는 고품분의 일부는 단백질으로서, 단백질의 용해도는 다른 고품분에 비하여 온도에 크게 영향을 받음을 밝혔다.

본 실험 결과(그림 1~4) 침지온도 60°C 이상에서는 침지 6시간 이후의 콩의 무게증가율은 40°C에서보다 낮았는데, 이는 이때의 수용성 물질의 손실이 크게 일어나기 때문으로 생각된다. 따라서 콩을 고온(40°C~60°C)에서 침지하는 경우의 수용성 물질의 손실 정도에 대하여는 앞으로 연구되어야 할 과제이다.

수분흡수속도

콩의 침지중 무게증가량은 수분의 흡수에 의한 것으로 가정하고, 침지시간과 콩의 수분증가량과의 관계를 보면 그림 5와 같이 침지시간의 평방근과 수분증가량은 침지온도에 상관없이 직선적인 관계를 보였다. 따라서 그림 5의 결과는 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$\bar{m} - m_0 = k_0 \sqrt{t} \dots\dots\dots (3)$$

여기에서  $\bar{m}$ 는 일정기간 침지후의 수분함량( $\text{gH}_2\text{O/g}$ ),  $m_0$ 는 시료의 초기 수분함량( $\text{gH}_2\text{O/g}$ ),  $t$ 는 침지시간(분)이다.

Backer<sup>(16)</sup>는  $t=0$ 일때 수분함량( $m$ )= $m_0$ ,  $t>0$ 일 때 고체의 표면에서  $m=m_s$ (표면에서의 유효 수분함량) 및 확산계수 (diffusion coefficient,  $D$ )가 항수(constant)인 조건하에서, 임의의 형태의 고체에 있어서 nonstationary state 확산방정식은 개략적으로 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다고 보고하였다. 즉 고체의 내부로의 수분의 이동이 Fick의 확산(diffusion) 법칙에 따른다면 고체의 초기 수분의 증가는 식 (3)에 의하여 침지시간의 평방근에 비례하게 된다. 따라서 그림 5의 결과는 콩의 수분흡수의 기본 기작(mechanism)은 확산현상에 의하여 설명될 수 있음을 가르킨다.

최근 Hsu 들<sup>(9)</sup>은 콩을 구형(spherical body)으로 보고, 확산계수는 항수, 침지중 콩의 부피 변화에 의한 영향은 무시하며, 침지전 수분의 농도는 균일하게 분포되어 있으며, 침지함과 동시에 표면의 농도가 포화된다고 가정하고 Crank<sup>(13)</sup>가 제시한 확산방정식에 의한 콩의 수분흡수속도를 예측하고자 시도하였다. 그러나 이들의 결

과에 의하면 콩의 확산계수는 콩의 수분함량에 따라 지수 함수적으로 증가하였다. 이러한 현상은 확산계수가 항수인 곡류의 경우<sup>(14)</sup>와는 다른 결과이다. 따라서 그림 5와 같이 콩의 수분흡수의 기본 기작은 확산현상에 의한다고 볼 수 있으나 그 현상은 곡류와 다르리라 생각된다.

그림 5의 각 직선으로부터 기울기를 구한 결과는 표1과 같다. 침지온도 4°C~60°C의 범위에서 수분흡수속도는 102-B가 가장 빨랐으며 KW-12가 가장 늦었다. Hsu 들<sup>(9)</sup>은 콩의 흡수속도는 품종에 따라 차이를 보이며, 단백질 함량과는 상관관계를 보이지 않으나 콩의 크기( $r=-0.53$ )와 밀도( $r=0.59$ )와는 약한 상관관계를 보인다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 크기가 가장 작은 봉의<sup>(14)</sup>가 크기가 큰 102-B 다음으로 흡수속도가 빨랐으며 크기가 봉의보다 다소 큰 KW-12가 가장 흡수속도가 느렸다(표1). 따라서 콩의 크기와 흡수속도와의 관계는 앞으로 더 연구되어야 할 과제라고 하겠다.

콩의 품종에 따른 흡수속도의 차이에 대하여 Saio<sup>(6)</sup>는 콩껍질 때문으로서 흡수속도가 느린 콩은 보통 콩에 비하여 콩껍질에 존재하는 칼슘(Ca)과 조섬유의 함량이 높다고 하였다. Smith 들<sup>(5)</sup>은 침지시 콩의 수분흡수는 콩껍질의 경도와 초기수분 함량에 영향을 받는다고 보고하였다. 일반적으로 콩을 알콜(주로 메탄올)로 전처리하면 흡수속도가 증가하게 되는데<sup>(8,9)</sup>, 이는 알콜에 의한 콩껍질의 연화현상 때문으로 생각된다<sup>(9)</sup>. 그러나 Parrish와 Leopold<sup>(7)</sup>는 콩껍질을 제거한 콩의 수분흡수는 완전한 콩의 흡수속도와 큰 차이를 보이지 않는다고 보고하였다.

표1에서 보는 바와 같이 봉의는 102-B 다음으로 흡수속도가 빨랐으나, 침지 8시간 후의 무게증가율은 다른 콩에 비하여 가장 높았다(그림 1~4). 한편 흡수속도가 가장 늦은 KW-12는 무게증가율도 가장 낮았다. 따라서 콩의 초기수분흡수 속도는 일정 침지 시간 후의 무게증가율과 일정한 경향을 보이지 않았다. Arechavaleta

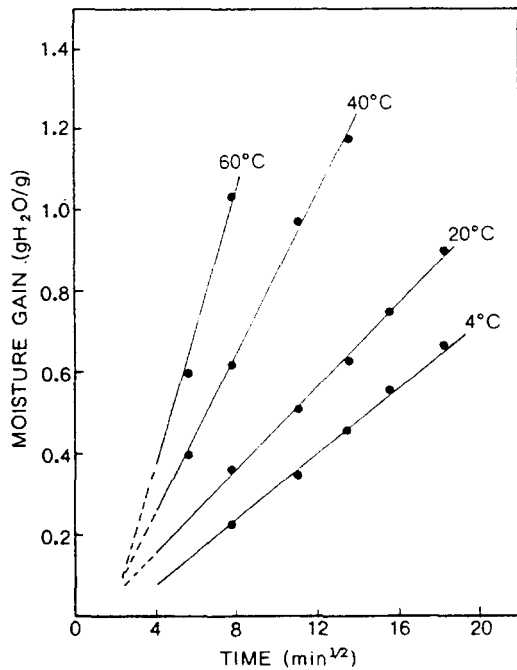


Fig. 5. Relation between the moisture gain and the square root of the absorption time of Bongui soybean.

Table 1. Average values of water uptake rate constant of soybeans

Soaking temperature (°C)	Water uptake rate constant ( $\text{min}^{-1/2}$ )			
	Bongui	KW-12	KLS-77005-1	102-B
4	0.0423	0.0327	0.0355	0.0408
20	0.0514	0.0428	0.0450	0.0523
40	0.0977	0.0898	0.0925	0.1039
60	0.1921	0.1643	0.1778	0.1948

-Medina 와 Snyder<sup>6)</sup>는 단단한 콩(hard soybean)의 경우 수분흡수가 시작되기까지는 lag time 이 요구되며 일단 수분이 흡수되기 시작하면 정상적인 콩과 비슷한 흡수속도를 보이게 되는데, 이러한 차이는 콩껍질의 cuticle 층 때문이라고 추정하였다. 따라서 본 실험에서 시료 콩의 무게증가율과 흡수속도와의 차이가 콩껍질의 특징에 따른 것인지는 더 연구되어야 하리라 생각된다.

수분흡수속도상수의 온도의존성

표1의 흡수속도와 침지온도와의 관계를 보면 그림 6과 같이 20°C를 전후하여 기울기가 다른 두개의 직선관계를 보였다. 그림 6의 결과로부터 식 (1)을 사용하여 흡수의 활성화에너지를 계산한 결과는 표 2와 같다. 침지온도 4°C~20°C에서의 흡수의 활성화에너지 값은 침지온도 20°C~60°C에서의 활성화에너지 값보다 약 2.5배 정도 낮았으며, 품종간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. Leopold<sup>12)</sup>는 콩의 경우 20°C~40°C에서의 흡수의 활성화 에너지는 5.8kcal/mole 이라고 보고하였는데, 이는 표2의 결과와 비슷한 값이었다.

Table 2. Activation energy of water uptake of soybeans

Soybean	Soaking temperature (°C)	Ea (cal/mole)
Bongui	4 - 20	1,960
	20 - 60	6,380
KW-12	4 - 20	2,710
	20 - 60	6,510
KLS-77005-1	4 - 20	2,390
	20 - 60	6,650
102-B	4 - 20	2,500
	20 - 60	6,370

수화도의 온도의존성

콩의 콩의 침지시 일정한 수분함량에 도달하는 시간과 침지온도와의 관계를 보면 그림 7과 같다. 침지온도 4°C~60°C에서 침지시간의 대수값과 침지온도와의 직선적인 관계를 보였다. 콩의 흡수속도(표1)에서 예측한 바와 같

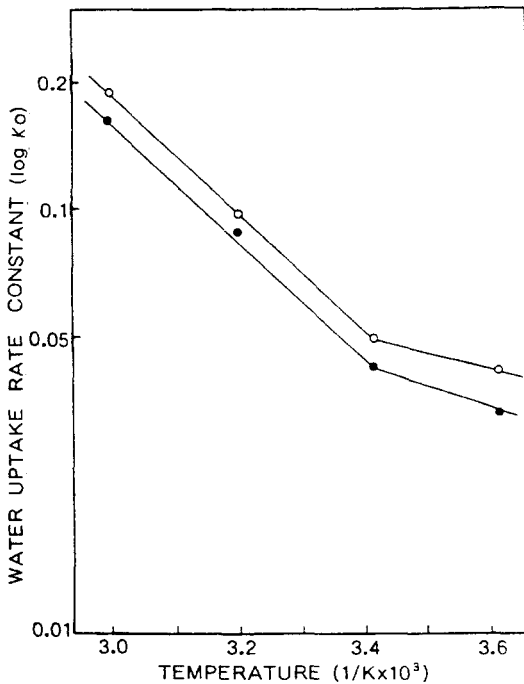


Fig. 6. Arrhenius plots of water uptake rate constants of Bongui (O) and KW-12(●) soybeans.

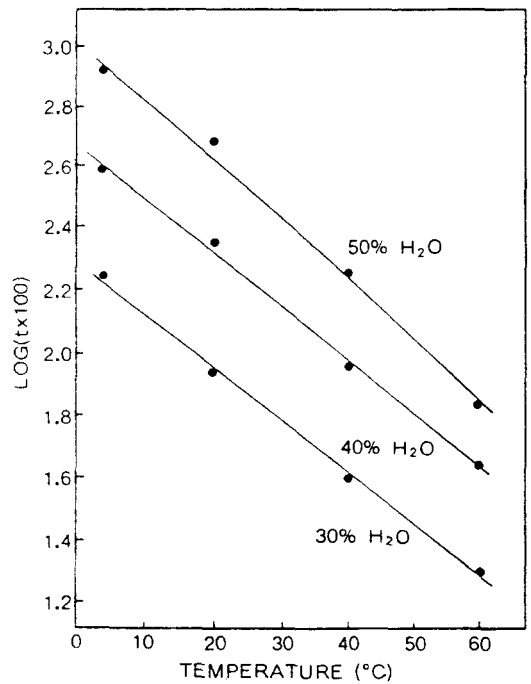


Fig. 7. Time to reach different degrees of hydration as a function of temperature for Bongui soybean.

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

Soybean	Degree of hydration (%H <sub>2</sub> O)	z-Value (°C)	Correlation coefficient (-r)
Bongui	30	59.5	0.9988
	40	56.8	0.9985
	50	50.8	0.9972
KW-12	30	61.3	0.9768
	40	52.4	0.9998
	50	49.5	0.9976
KLS-77005-1	30	64.1	0.9979
	40	57.1	0.9971
	50	50.5	0.9990
102-B	30	75.8	0.9969
	40	66.7	0.9950
	50	49.0	0.9999

이 각 침지온도에서 일정한 수분함량에 도달하는 시간은 102-B가 가장 빨랐고, KW-12가 가장 늦었으며, 봉의와 KLS-77005-1은 비슷한 결과를 보였다. 그림 7로부터 식 (2)를 사용하여 z-값 (직선의 기울기)을 구한 결과는 표3과 같다. 콩의 수화도가 증가할수록 z-값은 감소하였으나, 수분함량 50%에 도달하는 z-값은 시료 콩 모두 50°C정도이었다. z-값은 일정한 수분함량에 도달하는 침지시간을 1/10로 단축시키는데 요하는 온도를 나타내므로, 침지온도를 0°C에서 50°C로 증가시키면 50%의 수분함량에 도달하는 시간이 1/10로 감소됨을 알 수 있다. Quast와 da Silva<sup>(10)</sup>는 콩을 50%의 수분함량에 도달하는 z-값은 침지온도 4°C~40°C에서 50°C라고 하였는데, 이는 표3의 결과와 잘 일치하는 결과이었다.

콩을 침지시 수분함량을 30 및 40%에 도달시키는데 요하는 z-값은 시료 콩간에 다소의 차이를 보였다(표3). 이러한 결과는 초기의 흡수속도는 품종에 따라 서로 다른을 가리키는 것으로 표1의 결과와 일치하는 경향이었다.

요 약

우리나라 콩 중 장래품종(봉의) 및 재래종 품종(KW 12, KLS-77005-1 및 B-102)의 수분흡수 특성을 조사하였다. 콩을 4-98°C에서 침지하였을 때 40°C 이하에서는 침지시간 10시간 동안에 평형상태에 도달하지 않았으나, 60°C이상에서는 3시간경도에서 평형상태에 도달하였다. 콩의 수분 흡수 속도는 102-B>봉의>KLS

-77005-1> KW-12의 순이었다. 콩의 수분증가량은 침지온도에 상관없이 침지시간의 평방근과 직선적인 관계를 보였으며, 수분흡수의 기본기작은 확산현상에 기인하였다. 침지온도 4-20°C에서의 흡수의 활성화에너지 값은 2.0-2.7kcal/mole, 침지온도 20-60°C에서는 6.4-6.6 kcal/mole 이었다. 콩을 4-60°C에 침지하는 동안 일정한 수분함량에 도달하는 침지시간의 대수값과 침지온도와는 직선적인 관계를 보였으며, 콩의 수화도가 증가할수록 z-값은 감소하였다. 수분함량 50%에 도달하는 z-값은 시료콩 모두 50°C정도 이었다.

문 헌

1. 구자옥 : 밥밑콩(취반용 대두) 육종에 있어서 품질개선을 위한 기초적 연구, 농촌진흥청 산학협동 '80-18(1980)
2. 권신한 : 우리나라 대두의 기원과 단백질 및 지방원으로서의 가치. 한국식품과학회지, 4, 158(1972)
3. 박의호 : 취반용 대두의 품종적 특성에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문(1980)
4. 박의호 : 취반용 대두품종의 종실특성에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문(1987)
5. Smith, A.K., Nash, A.M. and Wilson, L.I. : Water absorption of soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 38, 120(1961)
6. Saio, K. : Soybeans resistant to water absorption. *Cereal Foods World*, 21, 168(1976)
7. Parrish, D.J. and Leopold, A.C. : Transient changes during soybean imbibition. *Plant Physiol.*, 59, 1111(1977)
8. Arechavaleta-Medina, F. and Snyder, H.E. : Water imbibition by normal and hard soybeans. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58, 976(1981)
9. Hsu, K.H., Kim, C.J. and Wilson, L.A. : Factors affecting water uptake of soybeans during soaking. *Cereal Chem.*, 60, 208(1983)
10. Quast, D.C. 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)
11. 김우정, 신애숙, 김종근, 양차범 : 겹정콩의 흡수 속도에 미치는 영향인자, 한국식품과학회지, 17, 41(1985)
12. Leopold, A.C. : Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiol.*, 65, 1096(1980)

13. Crank, J. : *The Mathematics of Diffusion*, 2nd ed., Oxford University Press, London (1975)
14. 김종균, 김성곤, 이준식 : 우리나라 콩의 지방산 조성 및 단백질의 전기영동 패턴. 한국식품과학회지, 20, p. 262 (1988)
15. Wang, H.L., Swain, E.W., Hesseltine, C.W. and Health, H.D. : Hydration of whole soybeans affects solid losses and cooking quality. *J. Food Sci.*, 44, 1510(1979)
16. Becker, H.A. : On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.*, 37, 309(1960)

---

(1988년 1월 13일 접수)