

쌀 보리 및 겉 보리 취반에 대한 역학적 연구

김 혜 란 · 김 성 곤 · 최 홍 식

한국 과학 기술 연구소, 곡류 공학 연구실

(1980년 3월 12일 수리)

Kinetic Studies on Cooking of Naked and Covered Barley

Hae Ran Kim, Sung Kon Kim and Hong Sik Cheigh

Food Grain Technology Lab., Korea Institute of Science and Technology, Seoul

(Received March 12, 1980)

Abstract

The mechanism of cooking barley (naked and covered barley) was investigated. Cooking properties of both naked and covered barley were similar. At higher cooking temperature of above 110°C, a browning reaction occurred and no terminal point of cooking was observed. The cooking rate followed the equation of a first-order reaction.

The activation energies of cooking temperatures below 100°C and above 100°C were about 19,500 and 9,500 cal/mole, respectively. The cooking process of barley comprised two mechanisms: At temperatures below 100°C the cooking rate is controlled by the reaction rate of barley constituents with water, and at temperatures above 100°C, it is controlled by the rate of diffusion of water through the cooked portion toward the interface of uncooked core in which the reaction is occurring.

서 론

보리는 기본 식량 공급, 농가 소득 및 부존 자원의 활용면에서 상당히 큰 비중을 차지하고 있으며 쌀 다음으로 중요한 양곡이다⁽¹⁾. 보리를 취반하는 경우 취반 후에도 쌀알에 비하여 상당히 단단하고 끈기가 없는 등 보리의 취반 특성은 쌀과는 다를 것으로 추측되나 보리의 취반에 관한 연구는 거의 없는 형편이다.

일반적으로 곡류의 취반 과정은 물이 곡립의 외부에서 내부로 확산되는 과정과 취반 중 열에 의하여 곡립 성분과 물과의 물리 화학적 반응으로 나누어 볼 수 있으며, 취반 정도는 곡립의 연화도로 표시할 수 있다^(2,3). 쌀의 경우 Suzuki *et al.*⁽²⁾은 parallel plate plastomer를, 최등⁽³⁾은 texturometer를 사용하여 쌀의 취반 정도를 측정하였으며 두 방법 모두 비슷한 결과

를 보였다. 이들의 연구 결과에 의하면 쌀의 취반 기작은 취반 온도 100°C이하에서는 쌀의 성분 및 물에 의한 화학 반응이, 취반 온도 100°C이상에서는 취반된 부분으로부터 취반되지 않은 부분(즉 반응이 진행되고 있는 부분)으로의 물의 확산 속도가 취반 속도를 제한하는 것으로 알려져 있다^(2,3).

본 연구에서는 표준 조정된 쌀 보리 및 겉 보리의 취반 온도 및 취반 시간에 따른 취반 특성 및 취반 기작을 texturometer를 이용하여 규명, 상호 비교하고 자 하였다.

재료 및 방법

재 료

쌀 보리 및 겉 보리는 모두 1979년도 산으로서 쌀보리(품종 세도하다까)는 전라남도 원종장에서, 겉 보리

(품종 수원 18호)는 농촌 진흥청에서 분양받았다.

보리는 정부의 2등 기준 도정율에 맞추어 쌀 보리는 68.18%로, 겉보리는 58.24%로 Satake testing mill로 도정하여 시료로 사용하였다.

취반 최적 가수율

쌀 보리 및 겉 보리의 취반 최적 가수율은 황보동⁽⁴⁾의 방법에 따라 실시하였다. 두 품종 모두 취반 최적 가수율은 140%였다.

취 반

시료(1g)에 최적 가수량(즉 1.4 ml)을 가하고 실온에서 0, 20, 30 및 40분간 침지 후 구리 용기(내경 12×높이 28 mm)를 이용하여 oil bath에서 취반하였다. 이때 취반 온도는 90~120°C, 취반 시간은 0~50분이었다. 취반이 끝난 후 각 용기는 얼음물에 1분간 냉각시켰다.

경도 측정

취반이 끝난 시료의 경도는 texturometer (General Foods Co., U.S.A.)를 이용하여 측정하였으며 조작 조건은 시료 높이 : 0.22 mm, plunger : 18 mm lucite, voltage : 1.0V, chart speed : 750 mm/min, bite speed, 24 cycles/min와 같이 하였다.

결과 및 고찰

보리를 취반하는 경우 그 경도는 취반됨에 따라 감소하였는데, 경도의 역수(즉 연화도)와 취반 시간과의 관계를 보면 Fig. 1과 같다. 취반된 보리의 연화도와

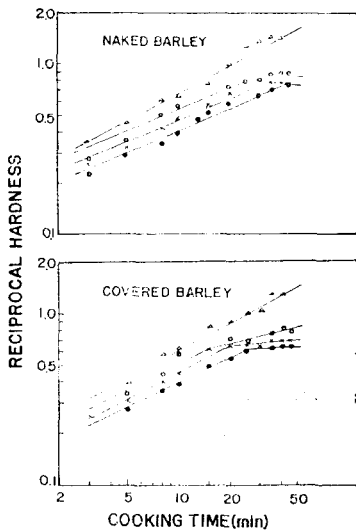


Fig. 1. Relation between the reciprocal hardness of cooked barley grains and cooking time at various cooking temperatures (Soaking time, 30 min) ● : 90°C, × : 100°C, ○ : 110°C, △ : 120°C

취반 시간 간에는 분명한 직선 관계를 보이며 어느 일정 시간이 지나면 연화도가 일정한 값에 도달하였다. 이는 각 취반 온도에서의 취반 종료점으로 정의된다^(2,3). 쌀 보리 및 겉 보리의 취반 종료점은 각 취반 온도 별로 약간의 차이는 있으나 대체로 0.8(경도는 1.25) 및 0.69(경도는 1.45)이었다(Fig. 1). 보리의 취반 종료점에서의 경도는 쌀의 0.57⁽³⁾에 비하여 매우 높았으며 겉 보리의 경우가 쌀 보리 보다 다소 높은 결과를 보였다.

취반 종료점에 도달하는 시간 즉 취반속도는 겉 보리가 쌀 보리보다 다소 빠르나(Fig. 1), 두 품종 모두 유사한 현상을 보였다. 고온(110 및 120°C)에서 취반하는 경우 두 품종 모두 갈변화 현상이 일어나, 110°C로 취반시에는 30분 부터 120°C로 취반 시에는 20분 부터 갈변하였다. 또한 120°C의 고온으로 취반 시에는 보리의 경우 입자는 붕괴되면서도 계속 연화도가 증가하는 현상을 보였으며 취반 종료점을 구할 수가 없었다. 이러한 현상은 쌀의 경우⁽³⁾와는 대조적으로 보리의 특수성이라고 볼 수 있다.

Fig. 1에서 볼 수 있듯이 연화도는 취반이 진행됨에 따라 계속 증가하므로 연화도와 취반 정도가 서로 비례한다고 가정하면 취반 정도(α , —의 값을 가짐)는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\alpha = \frac{H - H_0}{H_t - H_0}$$

여기서 H_0 는 취반 시간 0분에서의 경도, H 는 주어진 취반 시간에서의 경도 그리고 H_t 는 취반 종료점에서의 경도를 가리킨다. 쌀 보리 및 겉 보리의 초기 경도(즉 H_0)는 각각 4.99 및 5.04로서 쌀의 3.50⁽³⁾에 비하여 높았다.

보리의 미 취반된 부분의 반응 속도(1- α)와 취반 시간과의 관계를 보면 Fig. 2와 같다. 미취반 부분의 반응 속도와 취반 시간 사이에는 직선 관계를 보이므로 그 결과는 1차 방정식 $\ln(1-\alpha) = -kt$ 로 표시될 수 있다. 이때 k 는 반응 속도 상수 t 는 취반 시간을 가리킨다. Fig. 2로 부터 구한 반응 속도 상수는 Table 1

Table 1. Average value of reaction rate constant (Soaking time : 30 min)

Cooking temperature	Reaction rate constant (cm/sec)	
	Naked barley	Covered barley
90°C	4.60×10^{-2}	4.60×10^{-2}
100°C	8.22×10^{-2}	8.11×10^{-2}
110°C	10.92×10^{-2}	10.71×10^{-2}
120°C	15.78×10^{-2}	15.56×10^{-2}

과 같다. 반응 속도 상수는 취반 온도가 상승함에 따라 증가하는 경향을 보이나, 보리 품종 간에는 큰 차이가 없었다. 취반 온도 90°와 100°C사이에서의 반응 속도 상수의 온도 계수는 약 2로서 (Table 1)이는 쌀의 경우^(2,3)와 동일하였다. 따라서 90~100°C에서의 보리의 취반은 생화학적 반응이라기 보다는 화학적 반응에 가깝다고 볼 수 있다.⁽²⁾

보리의 침지 시간에 따른 반응 속도 상수의 변화를 보면 Table 2와 같다. 침지 시간이 증가할수록 또한 취반 온도가 증가할수록 반응 속도 상수는 증가하는 경향을 보였다. 그러나 쌀 보리 및 길 보리 상호 간의 차이는 미미하였다. 쌀의 경우 침지 시간과 취반 시간 간에는 반비례의 관계가 있으나 침지 시간은 쌀의 취반 활성화 에너지에는 영향을 주지 않는다고 보고되어 있다.⁽³⁾

반응 속도 상수와 취반 온도의 역수와의 관계는 Fig. 3과 같다. 적선의 기울기가 100°C에서 변하는 때에는 취반의 활성화 에너지가 100°C에서 변하는 것을 의미한다. 즉 100°C이하의 온도와 100°C이상의 온도에서의 보리의 취반 과정이 서로 다름을 암시한다고 볼 수 있다. Fig. 3으로부터 계산한 활성화 에너지 값은 Table 3과 같다. 활성화 에너지의 값은 보리 품종 간에 차이가 없었으며 90~100°C 및 100~120°C 사이의 활성화 에너지는 각각 15,500 및 9,500 cal/mole 정도였다. 쌀의 경우 활성화 에너지 값은 취반 온도 100°C이하에서는 18,000~19,00 cal/mole, 100°C이상에서는 9,000 cal/mole로 보고되어 있다^(2,3). 따라서 보리 및 쌀의 경우 그 취반 활성화 에너지는 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

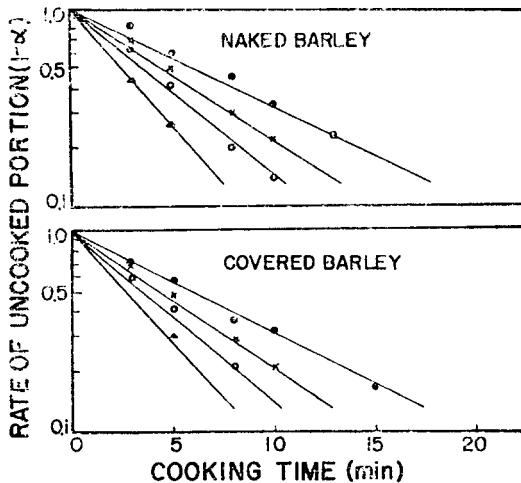


Fig. 2. The rate of uncooked portion of barley grains as a function of cooking temperature (Soaking time, 30min) ●-● : 90°C, ×-× : 100°C, ○-○ : 110°C, △-△ : 120°C

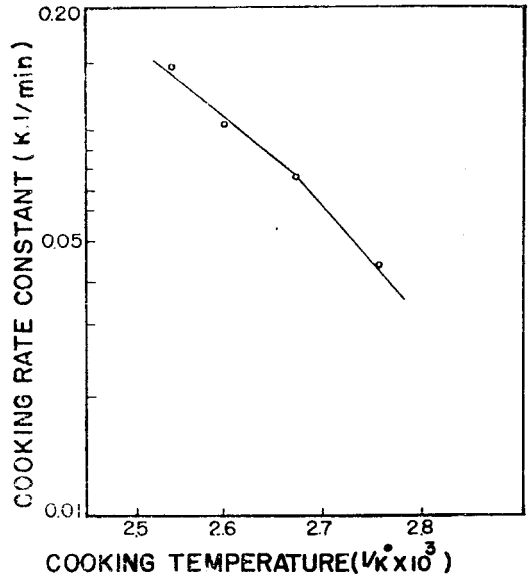


Fig. 3. Relation between the cooking rate constant and the reciprocal cooking temperature for covered and naked barley (Soaking time : 30 min)

Suzuki등⁽²⁾은 쌀의 취반 과정은 쌀의 외부로부터 내부로의 물의 점차적 확산 현상과 취반 중 열에 의한 쌀의 성분과 물과의 화학적 반응으로 보고하였다. 취반 속도가 물의 확산 속도의 영향을 받지 않으며, 쌀의 성분과 물과의 반응에 의해서만 지배를 받는다는 가정하에 Suzuki등⁽²⁾은 반응 속도 상수를 계산하고 이때 반응 속도 상수의 온도 계수는 2라고 보고하였다. 이는 그후 최등⁽²⁾에 의하여 확인되었다. 보리의 경우에도 온도 계수는 2로서 (Table 1), 이 값은 쌀과 마찬가지로 화학 반응에 의한 온도 계수의 값에 가까움을 알 수 있다. 따라서 보리의 취반 속도는 쌀의 경우와 마찬가지로 취반 온도 100°C이하에서는 보리의 성분 및 물과의 반응 속도에 의해 지배되는 것으로 보인다.

일반적으로 불균질 반응은 반응 물질의 확산 현상을 포함하며, 확산 현상에 의해 반응 속도가 지배될 경우 그 활성화 에너지는 화학 반응의 활성화 에너지의 약 1/2에 해당한다고 알려져 있다⁽⁵⁾. 앞에서 언급한 바와 같이 보리의 취반 과정은 물의 확산 및 물리 화학 반응을 포함하는 불균질 반응(heterogeneous catalytic reaction)으로 볼 수 있다. 취반 온도 100°C~120°C 사이의 보리의 활성화 에너지는 90~100°C 사이의 활성화 에너지의 약 1/2(Table 3)에 해당하므로, 취반 온도 100°C이상에서의 보리의 취반 속도는 물의 확산 속도에 의하여 지배됨을 알 수 있다.

Table 2. Effect of soaking time on average value of reaction rate constant at various cooking temperatures

	Cooking temperature (°C)	Soaking time (min)			
		0	20	30	40
Naked barley	100	6.8×10^{-2}	7.2×10^{-2}	7.4×10^{-2}	7.6×10^{-2}
	110	8.8×10^{-2}	9.3×10^{-2}	9.8×10^{-2}	—
	120	10.8×10^{-2}	13.8×10^{-2}	15.0×10^{-2}	14.8×10^{-2}
Covered barley	100	6.6×10^{-2}	7.3×10^{-2}	7.5×10^{-2}	7.8×10^{-2}
	110	8.9×10^{-2}	9.5×10^{-2}	9.9×10^{-2}	—
	120	11.1×10^{-2}	13.2×10^{-2}	14.4×10^{-2}	14.3×10^{-2}

Table 3. Activation energy of cooking barley (cal/mole) (Soaking time : 30 min)

	Cooking temperature	
	90°~100°C	100°~120°C
Naked barley	15,700	9,500
Covered barley	15,300	9,500

이상의 결과로 보아 보리의 취반 과정은 쌀의 경우^(2,3)와 마찬가지로 다음의 두 기작으로 설명될 수 있다. 즉 취반 온도 100°C이하에서는 보리의 성분 및 물에 의한 화학 반응이 취반 온도 100°C이상에서는 취반된 부분으로 부터 취반되지 않은 부분(즉 반응이 진행되고 있는 부분)으로의 물의 확산 속도가 취반 속도를 제한하였다. 그러나 보리의 취반 특성은 쌀의 취반 특성⁽³⁾과는 다른 양상을 보였다. 보리쌀 자체는 쌀 보다 경도가 높았고 취반 후에도 조직은 쌀보다 단단하였다 또한 고온(110°C이상)에서 취반할 경우 갈변 현상을 보이며 특히 120°C에서 취반시 입자는 붕괴하면서도 계속 경도가 감소하였다. 이러한 쌀과는 상당히 다른 보리의 특성이 어디에서 기인하는 지는 앞으로 더 연구되어야 할 과제라 하겠다.

요 약

표준 도정한 쌀 보리(품종 세도하다가) 및 걸 보리(수원 18호)의 취반에 대한 기작을 연구하였다. 취반(취반 온도 90°~120°C) 후 입자의 경도는 texturometer로 측정하였다. 쌀 보리나 걸 보리는 비슷한 취반

양상을 보이며 고온(110°C이상)에서는 갈변 현상과 동시에 입자 자체는 붕괴하면서도 연화도는 계속 증가하였다. 취반 속도는 1차 반응의 식으로 표시될 수 있었으며 취반의 활성화 에너지는 100°C 이하에서는 약 16,000 cal/mole, 100°C이상에서는 약 9,500 cal/mole이었다. 보리의 취반 과정은 다음의 두 기작으로 설명할 수 있었다. 즉 취반 온도 100°C이하에서는 보리의 성분 및 물에 의한 화학 반응이, 취반 온도 100°C이상에서는 취반된 부분으로 부터 취반되지 않은 부분(즉 반응이 진행되고 있는 부분)으로의 물의 확산 속도가 취반 속도를 제한하였다.

문 헌

1. 주용재, 현공남 : 전환기의 한국 농업—경제 발전과 농업 문제, 제6장, 한국 농촌 경제 연구원 (1979)
2. Suzuki, K., Kobota, K., Omichi, M. and Hosaka, H. : *J. Food Sci.*, **41**, 1180 (1976)
3. Cheigh, H. S., Kim, S. K., Pyun, Y. R. and Kwon, T. W. : *Korean J. Food Sci. Technol.*, **10**, 52 (1978)
4. 황보정숙·이관영·정동호·이서래 : 한국 식품 과학회지, **7**, 212 (1975)
5. Satterfield, C. N. : *Mass Transfer in Heterogeneous Catalysis*, p.129 and 208, M.I.T. Press (1970)