

올찰 및 한강찰벼 찰쌀의 수분흡수 특성

장명숙 · 김성곤 · 김복남
단국대학교 식품영양학과

Kinetic Studies on Hydration of Olchal and Hankangchalbyeo Waxy Rices

Myung-Sook Jang, Sung-Kon Kim and Bok-Nam Kim
Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul

Abstract

Hydration properties of Olchal(Japonica type) and Hankangchalbyeo(J×I type) waxy rices at soaking temperatures of 4-40°C were examined. The water uptake rate constant of Olchal was greater than that for Hankangchalbyeo. Volume increase rate during hydration of Olchal was faster. The rate constants of hardness decrease during hydration were similar between the two varieties. The Z-value and Q₁₀ were 39.7°C and 1.78, respectively.

Key words: hydration of waxy rice, waxy rice

서 론

찰쌀은 우리나라에서 오래전부터 이용되어 온 곡류로서 삼국시대에 이미 찰밥과 떡을 만들었다는 기록⁽¹⁾이 있다. 우리나라의 찰쌀은 일반계인 일본형(Japonica type)과 다수계인 일본형과 인도형(Indica type)의 교잡종이 있다.

우리나라 찰쌀의 품질에 대한 연구, 특히 일반계와 다수계 품종간의 품질 비교에 관한 연구와 찰쌀의 품질에 직접적인 영향을 주는 전분에 대한 연구는 활발하지 못한 실정이다. 지금까지 우리나라의 찰쌀 또는 찰쌀 전분에 관한 연구를 보면 가공식품(부수계, 제빵, 떡, 과자, 고추장 등)에 관한 연구⁽²⁻⁷⁾, 조리특성⁽⁸⁾, 찰쌀밥의 노화속도⁽⁹⁾, 멧쌀의 식미 향상을 위한 취반미로의 이용⁽¹⁰⁾, 전분의 특성⁽¹¹⁻¹³⁾ 등이 있다.

곡류는 가공 또는 취반하기 전에 물에 침지시키는 경우가 있는데, 침지중 곡류 내부로의 물의 흡수는 확산 현상으로 설명된다⁽¹⁴⁾. 찰쌀은 아밀로스 함량이 높은 쌀보다 수분 흡수율이 높으며 아밀로펙틴의 함량이 많을수록 이 차이는 더 크다고 알려져 있다⁽¹⁵⁾. 그러나 우리나라 찰쌀의 수분흡수에 대한 연구는 아직 없는 형편이다.

본 연구는 일반계인 올찰과 다수계인 한강찰벼 찰쌀을 대상으로 하여 품질특성을 이해하기 위한 기초연구의 하

나로서 우선 수분흡수 속도에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

1986년 충청남도 아산군 염티면 곡교리에서 생산된, 일반계인 올찰과 다수확제인 한강찰벼를 구입하여 4°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

일반성분 분석

찰쌀을 60mesh로 분쇄한 다음 A.A.C.C. 표준방법⁽¹⁶⁾에 따라 일반성분을 분석하였다.

수분흡수 속도의 분석

찰쌀 1g을 4, 15, 20, 30 및 40°C로 조절한 물에 1~60분간 침지시킨 다음, 일정 시간별로 꺼내어 여과지 위에 굴러어 표면수를 제거하고 무게 증가량으로부터 1g 당 수분 증가량(건량기준)을 계산하였다. 이와 같은 과정을 최소한 3회 이상 반복하고 평균값을 취하였다.

수분흡수 속도는 Becker⁽¹⁴⁾의 개략적인 확산 방정식에 의하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\bar{m} - m_0 = k \sqrt{t} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 \bar{m} 는 일정시간 침지 후의 수분함량(g H₂O/g dry matter), m_0 는 찰쌀의 초기 수분함량(g H₂O/g dry matter), t 는 침지시간(min), k 는 수분흡수 속도 상수(min^{-1/2})이다.

Corresponding author: Myung-Sook Jang, Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, San 8, Hannam-dong, Yongsan-gu, Seoul 140-714

침지중 찹쌀 알의 수분흡수 속도상수와 침지 온도와의 관계는 다음 식으로부터 계산하였다.

$$\log k_1/k_2 = \frac{E_a}{2.303R} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

여기에서 k_1 과 k_2 는 절대온도 T_1 및 T_2 에서의 수분흡수 속도상수, R 은 기체상수(1.987cal/deg. mole), E_a 는 활성화 에너지(cal/mole)이다.

침지중 부피의 변화 측정

찹쌀의 침지중 찹쌀 알의 부피 변화는 caliper로 장·단 반경을 측정하여 식(3)으로부터 계산하였고 침지중 찹쌀 알의 부피 증가 속도는 다음 식으로부터 계산하였다(17).

$$V_0 = (4/3) \pi ab^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$V_t - V_0 = k_v \sqrt{t} \dots\dots\dots (4)$$

여기에서 V_t 는 일정시간 침지후 찹쌀 알의 부피(mm^3), V_0 는 찹쌀 알의 초기 부피(mm^3), a 는 찹쌀 입자의 장반경(mm), b 는 찹쌀 입자의 단반경(mm), K_v 는 찹쌀 알의 부피 증가 속도상수($min^{-1/2}$), t 는 침지시간(min)이다.

부피 증가 속도상수의 온도 의존성은 식(2)에 의하여 계산하였다.

침지중 경도의 변화 측정

찹쌀 1g을 4, 15, 20, 30 및 40°C의 물에서 1~50분간 침지하면서 일정 시간별로 꺼내어 여과지 위에 굴러서 표면수를 제거한 다음 찹쌀 알의 경도를 리오메타(일본 I&T 회사 제품)로 측정하였다. 이 과정을 2회 반복하여 총 30개 입자의 평균값을 나타내었다.

기기의 사용 조건은 measuring load는 2kg, table speed는 15min/sec, chart speed는 120mm/min, clearance는 0.3mm 이었다.

결과 및 고찰

일반성분과 형태적 특성

시료 찹쌀의 일반성분과 형태적 특성은 표 1과 같다. 다수계인 한강찰벼의 단백질, 지질 및 회분의 함량은 일계인 울찰보다 높았다. 울찰의 길이는 한강찰벼 보다 짧았으며 두께는 울찰이 더 두꺼웠다. 부피는 울찰이 한강찰벼 보다 컸으며 무게는 울찰에 비하여 한강찰벼가 더 높은 값을 보였다.

Table 1. Proximate composition and dimensions of waxy rices

	Olchal	Hankangchalbyeo
Moisture (%)	15.05	16.20
Protein (Nx5.93, %)	6.58	8.06
Lipid (%)	1.37	1.45
Ash (%)	0.60	0.82
Length (mm) ^a	4.99	6.10
Width (mm) ^a	2.90	2.57
Volume (mm ³) ^a	22.09	21.12
Surface area (mm ²) ^a	36.95	36.67
Kernel weight (mg) ^a	20.47	23.36

a) Average value of 100 grains

수분흡수 속도

울찰 및 한강찰벼의 여러 온도별 침지 시간에 따른 수분흡수 정도는 그림 1과 같다. 두 품종 모두 4°C에서 50분간 침지하여도 평형 상태에 도달하지 않았으나 15~30°C에서는 40분 후에 평형에 도달하였다. 침지 온도 40°C에서는 초기에는 수분흡수가 빨랐으나 침지 10~15분 후부터의 수분흡수 정도는 완만하였고, 다른 온도에서 보다 낮은 평형 수분함량을 보였다. 이는 침지중 고품분의 손실 때문인 것으로 생각된다.

여러 온도에서의 침지 시간과 찹쌀의 수분 증가량과의 관계는 그림 2와 같다. 그림 2의 각 직선의 기울기로부터 초기 흡수 단계에서의 수분흡수 속도상수(k)를 식(1)로부터 구한 결과는 표 2와 같다. 침지 온도가 증가할수록 수분흡수 속도는 빨라졌으며, 한강찰벼가 울찰보다 다소 낮은 수분흡수 속도상수 값을 보였다.

수분흡수 속도상수의 활성화 에너지 값은 표 3과 같이 침지온도 4~20°C와 20~40°C에서의 수분흡수 속도상수의 활성화 에너지 값은 서로 달랐다. 이러한 사실은 20°C를 전후하여 찹쌀의 수분흡수 기작이 서로 다름을 의미한다. 멬쌀의 경우 수분흡수 속도상수의 온도 의존성은 침지온도 4~30°C에서 직선적인 관계를 보인다(18,19). 이러한 멬쌀과 찹쌀의 수분흡수 속도상수의 온도 의존성의 차이에 대한 이유는 앞으로 규명되어야 할 문제이다.

침지중 부피의 변화

찹쌀의 침지중 부피의 변화 양상은 그림 3과 같다. 두 품종 모두 침지온도 4°C 및 15°C에서의 50분간 침지하는 동안 평형 상태에 도달하지 않았으나 20~40°C에서는 40분 후에 평형 상태에 도달하여, 수분흡수 정도(그림 1)와

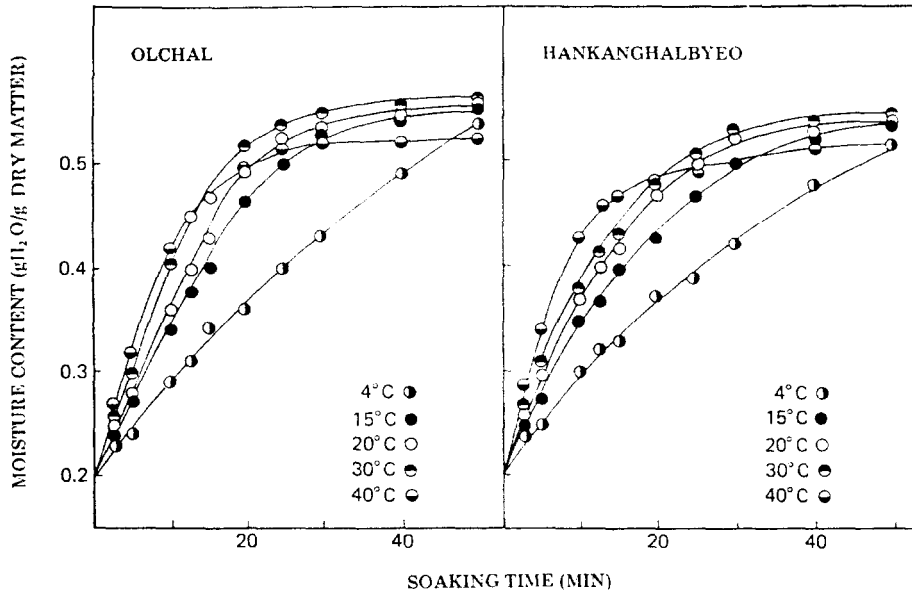


Fig. 1. Moisture gain during soaking at various temperatures for Olchal and Hankangchalbyeo.

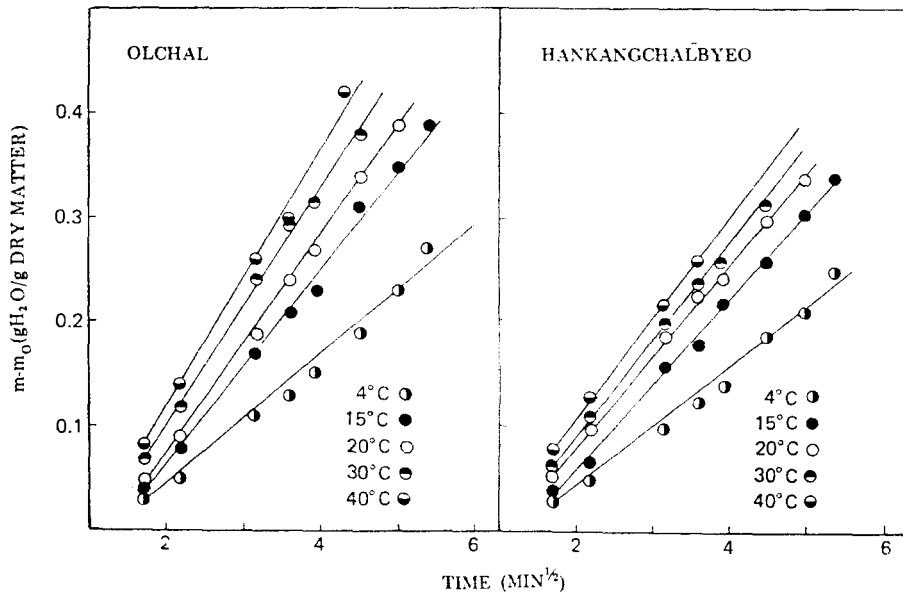


Fig. 2. Relationship between the moisture gain and the square root of the absorption time for Olchal and Hankangchalbyeo.

는 다소 차이를 보였다. 찹쌀중 찹쌀의 부피 증가량과 찹쌀 온도의 평방근과의 관계는 그림 4와 같이 직선적인 관계를 보였다. 각 직선과 식(4)로부터 구한 부피 증가 속도상수(k_v)는 표 4와 같다. 부피 증가 속도상수는 올찰

이 한강찰벼 보다 높은 값을 보여, 수분흡수 속도상수(표 2)와도 같은 경향이였다.

부피 증가 속도상수(표 4)와 수분흡수 속도상수(표 2)와의 비 즉, k_v/k 를 보면 찹쌀 온도 4~15°C에서는 약

Table 2. Water uptake rate constants of waxy rices at various soaking temperatures

Waxy rice	Soaking temperature (°C)	k (min ^{-1/2})
Olchal	4	0.0646
	15	0.0966
	20	0.1031
	30	0.1156
	40	0.1173
Hankangchalbyeo	4	0.0600
	15	0.0813
	20	0.0889
	30	0.0906
	40	0.0984

Table 4. Rate constants of waxy rices at various soaking temperatures

Waxy rice	Soaking temperature (°C)	k _v (min ^{-1/2})
Olchal	4	1.0023
	15	1.3866
	20	1.9467
	30	2.3727
	40	2.3796
Hankangchalbyeo	4	0.9639
	15	1.2039
	20	1.8164
	30	1.9691
	40	2.1197

Table 3. Activation energies for water uptake of waxy rices

Waxy rice	Soaking temperature (°C)	E _a (cia/mole)
Olchal	4-20	4,900
	20-40	1,000
Hankangchalbyeo	4-20	3,960
	20-40	930

15이고 20°C 이상에서는 약 20으로서 품종간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.

부피 증가 속도상수의 활성화 에너지 값은 표 5와 같

다. 활성화 에너지 값은 침지온도 20°C를 전후하여 서로 달랐으며, 이러한 결과는 수분흡수 속도상수의 활성화 에너지 값의 경우 (표 3)와 같은 경향이였다.

침지중 경도의 변화

찰쌀의 침지중 경도의 변화는 그림 5와 같고, 침지 시간과 경도의 비(H/H₀)와의 관계는 그림 6과 같다. 그림 6에서와 같이 침지에 따른 찰쌀 경도비의 대수값은 직선적인 관계를 나타내어 경도반응은 1차 반응에 속함을 보였다. 이러한 결과는 현미⁽²⁰⁾ 및 보리⁽²¹⁾에 대한 보고와도 일치하는 결과이였다.

그림 6의 침지 시간에 따른 찰쌀의 경도 감소 속도는

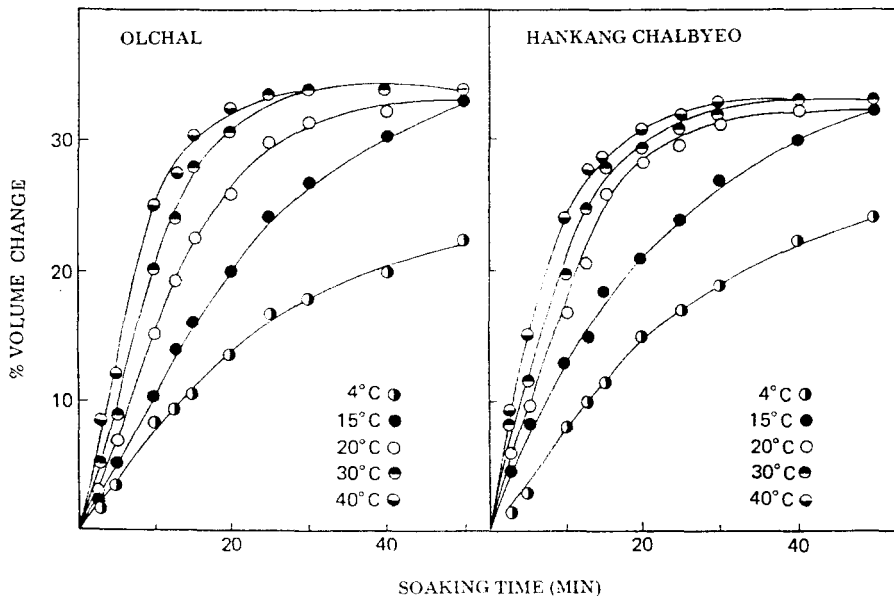


Fig. 3. Volume changes during soaking at various temperatures for Olchal and Hankangchalbyeo.

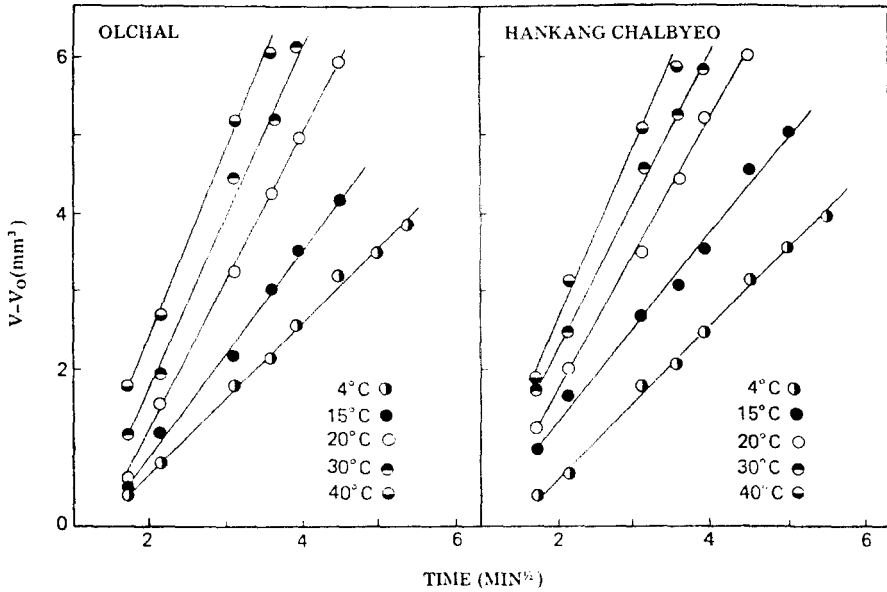


Fig. 4. Relationship between the volume changes and the square root of the absorption times for Olchal and Hankangchalbyeo.

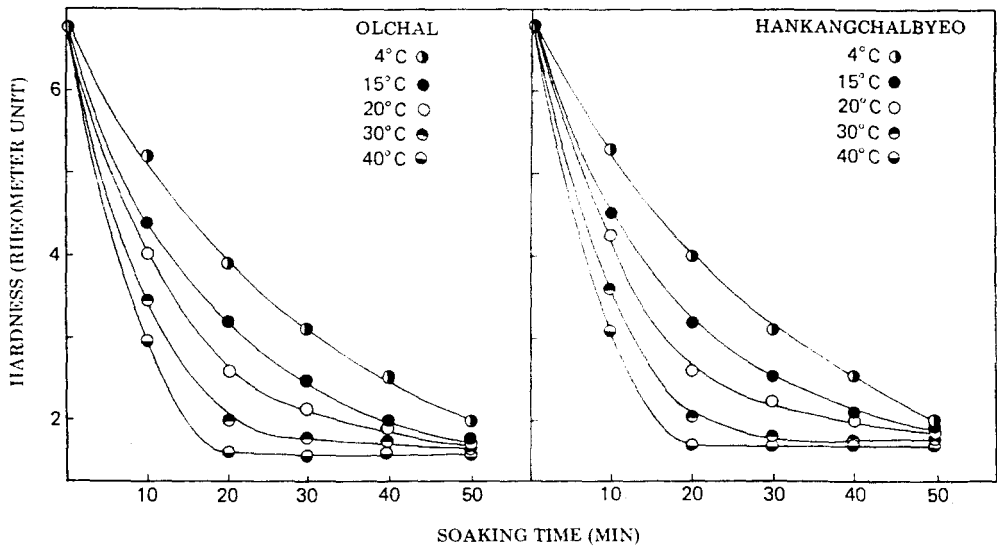


Fig. 5. Changes in hardness of waxy rices as a function of soaking times.

다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln \frac{H}{H_0} = -k_n t \dots \dots \dots (5)$$

여기에서 H_0 와 H 는 각각 침지 시간 0 및 t 에서의 찰쌀의 경도이다. 그림 6의 기울기(즉, $-k_n$)로부터 구한

침지 온도별 경도 감소 속도상수는 표 6과 같다. 경도 감소 속도상수는 침지 온도가 증가할 수록 높은 값을 보였으나 두 품종간에는 차이를 보이지 않았다.

경도 감소 속도상수와 침지 온도의 관계로부터 구한 활성화 에너지 값은 두 품종 모두 약 3,300cal/mole 이

Table 5. Activation energies for volume increase of waxy rices

Waxy rice	Soaking temperature (°C)	Ea (cal/mole)
Olchal	4-20	6,540
	20-40	1,970
Hankangchalbyeo	4-20	5,850
	20-40	1,470

Table 6. Average values of hardness decrease rate constants of waxy rices at various soaking temperatures

Soaking temperature (°C)	K _h (min ⁻¹)	
	Olchal	Hankangchalbyeo
4	0.0210	0.0208
15	0.0255	0.0257
20	0.0300	0.0317
30	0.0355	0.0350
40	0.0422	0.0412

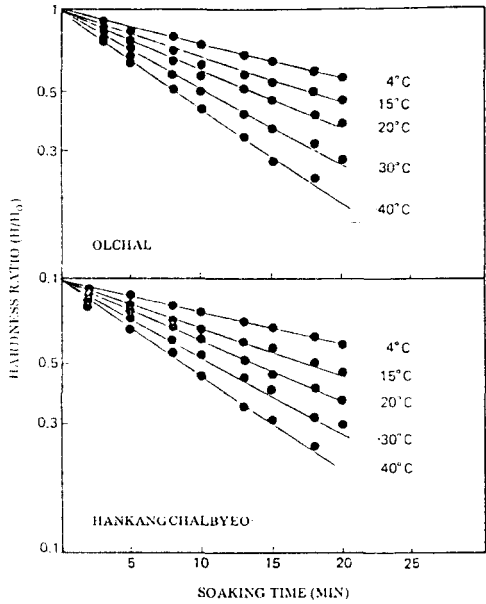


Fig. 6. Relationship between hardness ratio and soaking times of waxy rices at various soaking temperatures.

었다.

경도 감소 속도의 온도 계수(Q₁₀)를 계산하기 위하여 시간-온도와 관계를 그림 5로부터 분석하였다. 침지 온도가 일정한 경도로 감소시키는데 요하는 침지시간에 미치는 영향은 그림 7과 같다.

이 그림의 직선은 동일한 경도를 나타내는 시간-온도와의 관계를 나타낸다. 예를 들면 올찰의 경우 경도 3으로 감소시키는데 요구되는 시간은 4°C에서 31분, 40°C에서는 9.5분 이었다.

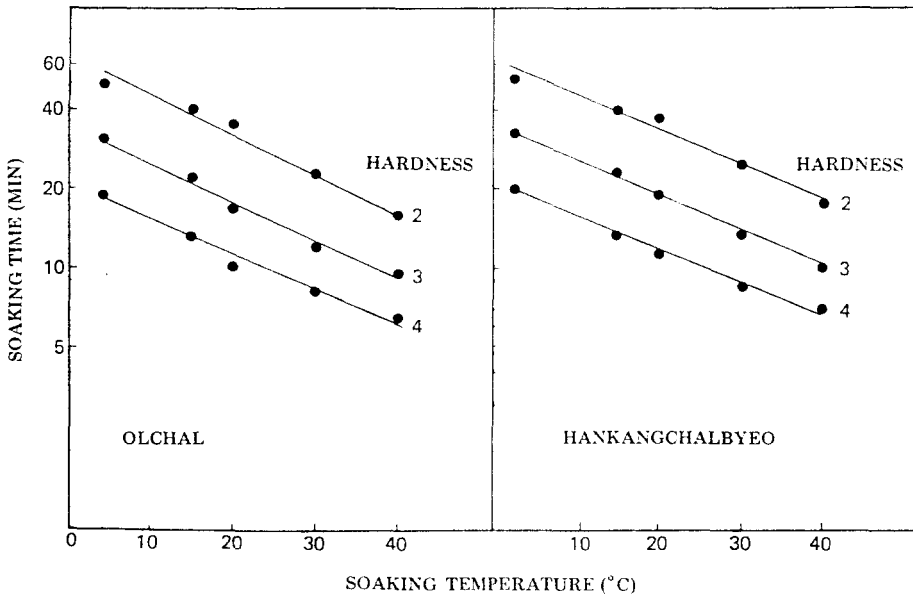


Fig. 7. Effect of temperatures on soaking times of waxy rices.

Table 7. Temperature dependence of reaction rate constants of waxy rices

Hardness	Olchal		Hankangchalbyeo	
	z(°C)	Q ₁₀	z(°C)	Q ₁₀
2	40.6	1.76	40.7	1.75
3	39.3	1.79	39.8	1.78
4	39.0	1.80	39.2	1.80

그림 7의 기울기는 z-값과 관계가 있으므로, 경도 감소 속도의 온도 의존성은 다음 식으로부터 계산할 수 있다^(22,23).

$$z = 2,303 RT^2/E_a \dots\dots\dots (6)$$

$$\log Q_{10} = 10/z \dots\dots\dots (7)$$

여기에서 T는 절대온도(K), z의 단위는 °C 또는 K이다. 그림 7로부터 구한 z-값과 Q₁₀ 값은 품종간에 뚜렷한 차이를 보이지 않았다(표 7).

요 약

일반계인 올찰과 다수계인 한강찰벼 찰쌀의 수분흡수 특성을 조사하였다.

침지 온도 4~40°C에서의 수분흡수 속도상수 값은 한강찰벼가 올찰보다 작았다. 수분흡수의 활성화 에너지는 올찰이 한강찰벼 보다 다소 큰 값을 보였다. 침지중 부피 증가 속도상수 값은 올찰이 한강찰벼 보다 컸으며, 부피 증가의 활성화 에너지 값도 올찰이 다소 큰 값이었다. 침지에 따른 찰쌀의 경도 감소 속도상수는 침지 온도가 높을수록 큰 값을 보였으나, 시료 간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 침지 시간과 침지 온도와의 관계로부터 구한 z-값과 Q₁₀ 값은 각각 39.7°C 및 1.78로써 시료간에 차이를 보이지 않았다.

문 헌

1. 이성우 : 고려 이전의 한국 식생활사 연구. 향문사, p. 267(1978)
2. 양희천·홍재식·김중단 : 부수계 제조에 관한 연구. 제 1보: 수침 공정이 원료 찰쌀의 점도와 팽화력에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 14, 141(1982)
3. 이춘영·김성근·피·이마스톤 : 쌀 및 밀 복합분의 물리적 성질 및 제빵 시험. 한국식품과학회지, 11, 99(1979)
4. 이인의·이혜수·김성근 : 찰쌀 떡의 저장중 텍스처 변화. 한국식품과학회지, 15, 379(1983)

5. 김동연 : 米菓 제조용 糯米의 적성에 관하여. 한국식품과학회지, 4, 179(1972)
6. 박영미·오명숙 : 찰쌀의 수침이 강정의 팽화 부피에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 17, 415(1985)
7. 김근향·배정설·이택수 : 찰쌀과 찰쌀가루가 고추장의 품질에 미치는 영향. 한국농화학회지, 29, 227(1986)
8. 김우정·김종근·김성근 : 쌀밥의 관능적 품질 평가 및 비교. 한국식품과학회지, 18, 38(1986)
9. Kim, I.H. and Kim, S.K. : Effects of phosphates differing in P₂O₅ contents on firming rate of cooked rice. *Cereal Chem.*, 61, 91(1984)
10. 이승우·전재근 : 밥짓기 과정중 괴막형성 현상과 찰쌀가루침가에 의한 괴막층의 보강. 한국농화학회지, 29, 141(1986)
11. 우자원·윤계순·허문희·김형수 : 6종 찰전분의 몇가지 특성 비교. 한국농화학회지, 28, 137(1985)
12. 송범호·김성근·이규환·변유량·이신영 : 일반계 및 다수계 찰쌀 전분의 점성 특성. 한국식품과학회지, 17, 107(1985)
13. 김형수·강옥주·윤계순 : 다수계 찰벼와 일반계 찰벼 전분의 이화학적 성질. 한국농화학회지, 26, 211(1983)
14. Becker, H.A. : On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.*, 37, 309(1960)
15. Bhattacharya, K.R., Sowbhagya, C.M. and Indudhara Swamy, Y.M. : Interrelationship between certain physicochemical properties of rice. *J. Food Sci.*, 37, 733(1972)
16. American Association of Cereal Chemists: *A.A.C.C. Approved Method*. The Association: St. Paul, Minn. (1983)
17. 박선희·조은자·김성근 : 일반계(천마벼)와 다수계(가야벼) 쌀의 조리 특성. 한국영양식량학회지, 16, 69(1987)
18. 김성근·정순자·김 관·채제천·이정행 : 수화 특성에 의한 쌀의 분류. 한국농화학회지, 27, 204(1984)
19. 김성근·한기영·박홍현·채제천·이정행 : 백미의 수분흡수 속도. 한국농화학회지, 28, 62(1985)
20. 김광중·변유량·조은경·이상규·김성근 : 아끼바레와 밀양 23호 현미의 수화속도. 한국식품과학회지, 16, 297(1984)
21. 목철균·남영중 : 도정 수율별 보리의 수화 공정중 물성 변화에 관한 연구. 한국농화학회지, 26, 47(1983)
22. Quast, D.C. and da Silva, S.D. : Temperature dependence of the cooking rate of dry legumes. *J. Food Sci.*, 42, 370(1977)
23. Kim, S.K., Cho, K. and Kim, J.G. : Effect of temperature on cooking rate of soybean. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 18, 372(1986)

(1989년 1월 25일 접수)