

찰쌀의 겨층 구조 및 전분의 몇가지 성질

김성곤·손정우*

단국대학교 식품영양학과, *배화여자전문대학 전통조리과

초록: 찰쌀현미의 호분층 수는 등부가 배부보다 많았고, 호분층 및 과피의 두께도 배부보다 등부 쪽이 두꺼웠으나 겨층구조는 품종마다 독특하였다. 60°C에서의 현미의 수분흡수속도는 다수계(한강찰벼와 백운찰벼)는 서로 비슷하였고 일반계(신선찰벼)보다 빨랐다. 고유점도는 한강찰벼가 1.92, 백운찰벼가 1.84, 신선찰벼가 1.73dlg⁻¹이었다. 시차주사열량기에 의한 전분의 호화온도는 백운찰벼가 가장 높았고, 한강찰벼가 가장 낮았다. 호화에 필요한 최소한의 수분함량은 한강찰벼가 38.0%, 백운찰벼가 36.3%, 신선찰벼가 37.8%이었다(1990년 4월 11일 접수, 1990년 5월 25일 수리).

우리나라의 찰쌀은 일반계(Japonica type)와 다수계(J×Indica type)가 있으나 그 품종은 서너개 뿐으로서 이들 간의 비교 연구는 미미한 실정이다. 일반계와 다수계 찰쌀의 비교 연구로는 찰쌀떡의 텍스처¹⁾, 전분의 점성²⁾, 전분의 일부 성질³⁾, 찰쌀의 수분 흡수⁴⁾와 취반⁵⁾에 대한 연구가 있다.

본 연구는 일반계와 다수계 찰쌀의 품질 차이를 이해하기 위한 연구의 하나로서, 찰쌀의 겨층의 구조적 차이와 전분의 고유점도, 호화온도, 호화에 필요한 수분함량 등을 비교한 결과를 보고하고자 한다.

실험재료 및 방법

재 료

시료 찰벼는 일반계로서 신선찰벼, 다수계로서 한강찰벼와 백운찰벼를 사용하였다. 시료는 단국대학교 농과대학 시험포장에서 같은 시비조건으로 재배된 것이다.

찰벼는 Satake 제현기로 왕겨를 제거하여 현미를 얻은 다음 미숙립을 제거하고 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

현미 입자의 크기와 무게측정

현미입자의 길이와 폭은 caliper를 이용하여 측정하였고 입자 100개의 평균값으로 나타내었다. 입자의 부피는 다음 식⁶⁾으로 구하였다.

$$V = 1.33\pi ab^2 \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 V는 부피(mm³), a는 길이(mm), b는 폭(mm)이다.

입자의 무게는 50알씩 6회 측정하고 입자 1알의 무게로 나타내었다.

겨층의 구조 측정

겨층의 구조는 국제 미작연구소의 방법⁶⁾에 따라 측정하였다. 현미를 10% 글리세롤용액에 12시간 침지시킨 다음 freezing microtome으로 등부와 배부를 15μm 정도로 잘라 0.1% Sudan III 용액으로 염색시키고 현미경으로 과피와 호분층의 두께, 호분층의 수를 측정하였다. 실험은 4회 반복하였다.

수분 흡수 속도의 분석

찰쌀 현미의 수분 흡수 속도는 장들⁴⁾의 방법에 따라 60°C에서 분석하였다. 수분 흡수 속도는 다음 식으로부터 계산하였다.

$$m - m_0 = k\sqrt{t} \dots\dots\dots (2)$$

여기에는 m₀ 및 m은 각각 침지시간 0 및 t(분)에서의 수분함량(g/g), k는 수분흡수 속도 상수(min^{-1/2})이다.

전분의 분리 및 고유점도의 측정

찰쌀전분은 찰쌀 현미를 60메시로 분쇄 후 알칼리 침지법⁷⁾으로 분리하였다. 전분의 고유점도는 한 농도에서 Cannon-Ubbelohde점도계(No. 75)를 사용하여

Key words : Waxy rice, pericarp thickness in waxy rice, aleurone layer, waxy rice starch, gelatinization of waxy rice starch
Corresponding author : S.K. Kim

Table 1. Dimensions and weight of waxy brown rices

| Waxy brown rice | Length (mm) | Width (mm) | L/W | Volume (mm ³) | Weight (mg) |
|-----------------------|-------------|------------|------|---------------------------|-------------|
| Hangangchalbyeo (j×i) | 6.18 | 2.05 | 3.01 | 108.7 | 25.3 |
| Baegunchalbyeo (j×i) | 5.61 | 2.04 | 2.75 | 97.8 | 22.6 |
| Shinsunchalbyeo (j) | 5.00 | 2.02 | 2.47 | 85.5 | 20.9 |

j=japonica ; j×i=j×indica

25°C에서 측정하고 다음 식⁸⁾으로부터 구하였다.

$$\text{고유점도}(\text{dlg}^{-1}) = \frac{2.303 \log(t/t_0)}{0.5} \dots\dots\dots (3)$$

여기에서 t₀와 t는 각각 용매(1.0M NaOH용액) 및 전분용액(0.5 g / 100ml)의 흐름시간이다.

호화성질의 측정

전분의 호화성질은 시차주사열량기(differential scanning calorimeter, Perkin-Elmer DSC-4)를 사용하여 Eliasson⁹⁾의 방법에 따라 측정하였다. 가열온도 범위는 25~90°C, 가열속도는 분당 10°C이었다. 실험은 최소한 2회 이상 반복하고 호화온도는 ±0.5°C이내의 것을 취하였다.

결과 및 고찰

참쌀현미의 크기 및 겨층 구조

참쌀현미의 길이와 폭의 비를 보면 다수계가 일반 계보다 큰 값을 보였으며, 한강찰벼가 가장 큰 값을 보였다(Table 1). 참쌀알의 부피와 무게도 한강찰벼가 가장 큰 값을, 신선찰벼가 가장 작은 값을 보였다.

참쌀현미의 겨층구조를 보면 Table 2와 같다. 호분층 수의 경우 등부(dorsal side)가 배부(vental side)보다 많았다. 백운찰벼는 등부의 호분층 수가 1.5로서 다른 품종의 1.0보다 많았으나 배부의 경우에는 일반 계인 신선찰벼가 가장 높았다. 호분층의 두께는 백운찰벼가 배부와 등부 모두 가장 두꺼웠으며, 신선찰벼는 배부의 호분층 두께는 가장 얇았으나 등부의 경우에는 한강찰벼보다 두꺼웠다. 호분층 1개층의 두께는 배부의 경우 한강찰벼가 35.26µm, 백운찰벼가 31.02µm, 신선찰벼가 27.30µm이었고, 등부의 경우에는 각각 20.86, 29.01 및 21.35µm이었다. 따라서 백운찰벼는 배부와 등부의 호분층 1개층의 두께 차이가 가장 작았

Table 2. Number of aleurone layer and thickness of bran layer of waxy brown rices

| Waxy brown rice | Vental side | | | Dorsal side | | |
|-----------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | Number of aleurone layer | Thickness of aleurone layer (µm) | Thickness of pericarp (µm) | Number of aleurone layer | Thickness of aleurone layer (µm) | Thickness of pericarp (µm) |
| Hangangchalbyeo | 1.0 | 35.26 | 20.48 | 2.25 | 52.33 | 40.95 |
| Baegunchalbyeo | 1.5 | 46.54 | 26.16 | 2.50 | 72.80 | 46.64 |
| Shinsunchalbyeo | 1.0 | 27.30 | 23.89 | 3.25 | 69.39 | 39.81 |

Table 3. Water uptake rates of waxy brown rices

| Waxy brown rice | Water uptake rate at 60°C (min ^{-1/2}) | Moisture content after 30 min soaking at 60°C (g/g) |
|-----------------|--|---|
| Hangangchalbyeo | 0.0509 | 0.2571 |
| Baegunchalbyeo | 0.0517 | 0.2522 |
| Shinsunchalbyeo | 0.0466 | 0.2424 |

다. 과피의 두께를 보면 배부의 경우 백운찰벼가 가장 두꺼웠고 한강찰벼가 가장 얇았으나, 등부의 경우에는 백운찰벼, 한강찰벼, 신선찰벼의 순서이었다. 따라서 Table 1의 결과는 참쌀의 겨층구조는 품종마다 독특함을 가리킨다.

수분흡수 속도

침지온도 60°C에서의 참쌀현미의 수분흡수 속도를 식 (2)로부터 구한 결과는 Table 3과 같다. 다수계인 한강찰벼와 백운찰벼는 서로 비슷한 수분흡수 속도를 보였고, 일반계인 신선찰벼는 수분흡수 속도가 낮았다. 평형수분함량에 해당하는 60°C에서 30분 후의 수분함량도 수분흡수 속도와 같은 경향이었다.

이러한 결과는 겨층의 두께, 즉 과피와 호분층의 두께(Table 2)가 참쌀품종마다 다른 점을 고려할 때, 침지온도 60°C에서의 수분흡수 속도는 겨층의 두께에는 크게 영향을 받지 않는다는 것을 가리킨다고 볼 수 있다.

전분의 고유점도

전분의 고유점도는 한강찰벼가 1.92dlg⁻¹, 백운찰벼가 1.84dlg⁻¹, 신선찰벼가 1.73dlg⁻¹이었다.

전분의 호화온도

수분함량에 따른 참쌀전분의 호화온도는 Table 4와 같다. 호화개시 온도(T₀)는 참쌀품종에 관계없이 수분함량에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. Wirakartakusumah¹⁰⁾는 멥쌀전분의 경우 수분함량이 감소됨에 따라 호화개시온도는 높은 쪽으로 이동된다고 하

Table 4. Gelatinization temperatures and enthalpies of transition endotherms of waxy rice starches at various water to starch ratios

| Starch | W/S ratio | T _o | ΔT ^a | ΔH (cal/g) |
|-----------------|-----------|----------------|-----------------|------------|
| Hangangchalbyeo | 2.0 | 60.0 | 15.0 | 2.44 |
| | 1.5 | 60.3 | 13.2 | 2.10 |
| | 1.0 | 59.9 | 9.6 | 0.91 |
| | 0.8 | 60.4 | 8.6 | 0.58 |
| Baegunchalbyeo | 2.0 | 63.5 | 13.2 | 3.03 |
| | 1.5 | 63.5 | 12.9 | 2.62 |
| | 1.0 | 63.6 | 12.0 | 1.33 |
| | 0.8 | 63.9 | 9.7 | 0.80 |
| Shinsunchalbyeo | 2.0 | 61.7 | 16.1 | 2.81 |
| | 1.5 | 61.9 | 15.1 | 2.23 |
| | 1.0 | 62.0 | 11.6 | 1.09 |
| | 0.8 | 62.2 | 10.2 | 0.66 |

a) Difference between conclusion temperature(T_c) and onset temperature(T_o)

였다. 그러나 밀전분의 경우^{9, 11, 12)}에는 호화개시온도는 수분함량에 따라 유의적인 차이를 보이지 않는다고 알려져 있다. 호화온도 범위(ΔT)는 모든 품종에서 수분함량이 증가됨에 따라 감소되었다(Table 4). 이것은 멥쌀전분¹⁰⁾, 밀전분¹²⁾과 같은 결과이었다.

전분의 호화개시온도는 백운찰벼가 가장 높았고, 다음이 신선찰벼이었다. 한편 호화온도 범위는 수분함량에 관계없이 신선찰벼가 가장 넓었다. 한강찰벼는 전분에 대한 물의 비율이 1.5 및 2.0에서 백운찰벼보다 호화온도 범위가 넓었으나, 낮은 수분에서는 오히려 호화온도 범위가 좁았다. 찹쌀전분의 호화엔탈피는 전분에 대한 물의 비가 낮을수록 감소하였다(Table 4). 이러한 경향은 멥쌀전분¹⁰⁾과 밀전분⁹⁾에서도 보고되어 있다. 또한 전분에 대한 물의 비가 2.0이상에서는 호화엔탈피의 변화가 없는 것으로 알려져 있다^{9, 10)}.

호화에 필요한 수분함량

수분함량에 따른 호화엔탈피의 변화를 보면 Fig. 1과 같이 직선적인 관계를 보였다. 이러한 관계는 멥쌀전분¹⁰⁾, 밀전분^{9, 13)} 및 옥수수전분¹³⁾에서도 보고되어 있다.

Fig. 1의 직선을 외삽하여 호화엔탈피가 0이 되는 점이 전분의 호화에 필요한 최소한의 수분이 된다. Fig. 1의 직선식으로부터 찹쌀전분의 호화에 필요한

수분함량을 계산한 결과는 Table 5와 같다.

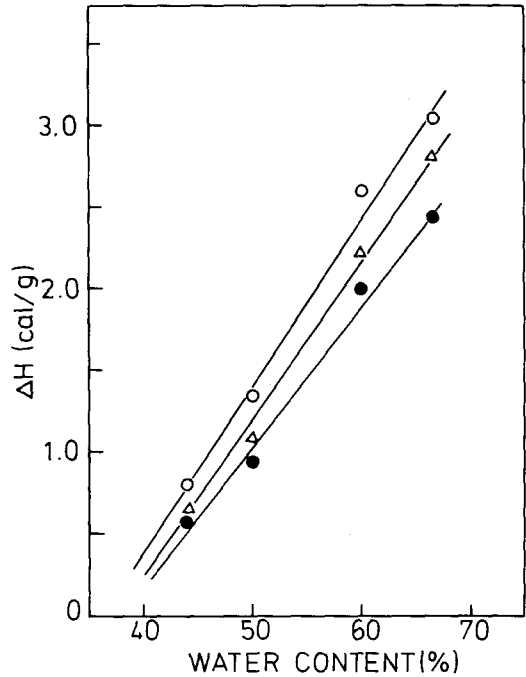


Fig. 1. Dependence on water content of enthalpies of transition endotherms in waxy rice starches.

○-○, Baegunchalbyeo(B); △-△, Shinsunchalbyeo(S); ●-●, Hangangchalbyeo(H). Regression equations for B, S and H are Y = 0.086X - 3.288 (r = 0.992), Y = 0.103X - 3.745 (r = 0.992) and Y = 0.098X - 3.703 (r = 0.997), respectively.

Table 5. Minimum water content for gelatinization of waxy rice starches

| Starch | Water content for gelatinization (%) |
|-----------------|--------------------------------------|
| Hangangchalbyeo | 38.0 |
| Baegunchalbyeo | 36.3 |
| Shinsunchalbyeo | 37.8 |

일반적인 신선찰벼전분은 다수계보다 약간 높은 수분함량을 보였다. 시차주사열량기로 구한 호화개시에 필요한 수분은 멥쌀전분은 31%¹⁰⁾, 밀전분은 31%¹³⁾ 또는 33%⁹⁾, 옥수수전분은 31%¹³⁾, 찰옥수수전분은 32%¹³⁾로 보고되어 있다. 이상의 여러 연구자들의 결과와 Table 5의 결과를 종합해 보면 전분의 호화에는 전분에 관계없이 hexose 단위 당 최소한 4mole의 물

이 필요하다는 것을 가리킨다. Collison과 Chilton¹⁴⁾은 염색법을 사용하여 전분의 호화에는 최소한 30% (4moles 물/hexose unit) 이상의 수분이 요구된다고 하였다.

감사의 글

본 연구는 화농장학회의 연구장려금에 의해 이루어진 것으로서 화농 조백현 선생님과 화농장학회에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 이인의, 이혜수, 김성곤 : 한국식품과학회지, 15 : 379 (1983)
2. 송범호, 김성곤, 이규환, 변유량, 이신영 : 한국식품과학회지, 17 : 107 (1985)
3. 김형수, 강옥주, 윤계순 : 한국농화학회지, 26 : 211 (1983)
4. 장명숙, 김성곤, 김복남 : 한국식품과학회지, 21 : 313 (1989)
5. 장명숙, 김성곤 : 한국식품과학회지, 22 : 227 (1990)
6. Juliano, B.O. : Cereal Chemistry Procedures, International Rice Research Institute, Los Bunos, Laguna, Philippines, 8. 8 (1974)
7. Becker, H.A. : Cereal Chem., 37 : 309 (1960)
8. Corn Refiners Association : Standard Analytical Methods, Method B-61. The Association, Washinton, D. C. (1982)
9. Eliasson, A.-C. : Staerke, 32 : 270 (1980)
10. Wirakartakusumah, M.A. : Ph. D. thesis, University of Wisconsin-Madison, U.S.A. (1981)
11. Ghiasi, K., Hosene, R.C. and Varriano-Maston, E. : Cereal Chem., 59 : 258 (1982)
12. 강연순 : 단국대학교 석사학위논문 (1990)
13. Wooton, M. and Bamunuarachchi, A. : Staerke, 31 : 262 (1979)
14. Collison, R. and Chilton, W.G. : J. Food Technol., 9 : 309 (1974)

Bran structure and some properties of waxy rice starches

Sung-Kon Kim and Jung-Woo Sohn* (Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714, *Department of Traditional Korean Cuisine, Baewha Women's College, Seoul 110-044)

Abstract : The numbers of aleurone layers and thickness of pericarp of waxy rice in dorsal side were higher than those in ventral side, However, varietal characteristics of the bran structures were observed. The water uptake rates of brown rice at 60°C were similar between j×indica varieties(Hangangchalbyeo, H and Baegunchalbyeo, B) and higer than that of japonica variety (Shinsunchalbyeo, S). Inherent viscosities for H, B and S waxy rice starches were 1.92, 1.84 and 1.73 dl g⁻¹, respectively. The minimum moistures for gelatinization of waxy rice starches determined by DSC were 36.4~38.6% which represented 4moles of water per mole of hexose unit.