

수분-열처리한 찹쌀 전분의 호화 성질

장명숙 · 김성곤

단국대학교 식품영양학과

초록: 울찰(일반계)과 한강찰벼(다수계) 찹쌀 전분을 수분-열처리하고 이화학적 성질과 호화 특성을 비교 검토하였다. 전분의 첨가, 광투과도, 알카리에 의한 점도 변화는 두 찹쌀 사이에 차이를 보이지 않았으나, 물결합 능력과 팽윤력은 울찰 전분이 한강찰벼 전분보다 낮았고, KSCN에 의한 전분계의 부피는 울찰 전분이 높았으며 아밀로그래프에 의한 최고 점도는 울찰 전분이 낮았다. 수분-열처리한 전분은 처리하지 않은 전분과 비교할 때 광투과도, NaOH 및 KSCN에 의한 호화 정도는 감소되었고 물결합 능력과 팽윤력의 감소 비율은 울찰 전분이 한강찰벼 전분보다 낮았다. 아밀로그래프의 최고 점도는 두 전분 모두 수분 18% 처리구에서 가장 높았다. 울찰 및 한강찰벼 전분호화액(7%, 건량기준)의 점조도 지수값은 수분(18%)-열처리한 전분이 처리하지 않은 전분보다 높았다. 활성화 에너지 값은 울찰 전분이 낮았으며 수분 처리는 활성화 에너지에 영향을 주지 않았다(1990년 8월 31일 접수, 1990년 9월 20일 수리).

우리나라 찹쌀은 일반계(japonica type)와 다수계(j x indica type)가 있으나 그 품종은 서너개로 제한되어 있으며 이들에 대한 연구도 많지 않은 실정이다. 찹쌀에 대한 연구로는 찹쌀떡의 텍스처¹⁾, 전분의 호화²⁾, 전분의 일부 성질^{3, 4)} 등이 보고되어 있다.

본 실험실에서는 우리나라 찹쌀의 특성을 이해하기 위하여 일반계인 울찰과 다수계인 한강찰벼를 대상으로 수분 흡수 속도⁵⁾, 취반 속도⁶⁾, 및 찹쌀의 거층 구조와 전분의 고유 점도 및 시차주사열량기에 의한 호화온도⁷⁾에 대하여 보고하였다. 전분의 수분-열처리는 전분의 구조를 변화시켜 물리적 성질 및 기능성이 변하게 됨은 잘 알려진 사실이다⁸⁾. 찹쌀전분의 수분-열처리에 대하여는 김과 신⁹⁾의 연구가 있으나 찹쌀의 품종은 밝히지 않았다.

본 연구에서는 찹쌀 전분의 수분-열처리에 따른 호화 성질에 대하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재 료

재료는 일반계인 울찰과 다수계인 한강찰벼를 사용하였으며, 시료의 특징은 전보⁵⁾에서 설명하였다.

전분의 분리

전분은 알카리 침지법¹⁰⁾을 사용하여 다음과 같이 분리하였다. 찹쌀가루(100메시)에 3배량의 증류수를 가하고 와링 블랜더에서 낮은 속도로 3분간 혼합한 다음 100메시체로 걸러 찌꺼기를 제거하였다. 찌꺼기를 제거한 액에 5배량의 0.3% NaOH용액을 넣어 교반한 다음 4°C에서 하룻밤 방치하여 상정액을 버리고 새로운 NaOH용액 넣는 일을 6회 되풀이하여 상정액의 pH가 중성이 될 때까지 증류수로 되풀이하여 씻고, 실온에서 건조시킨 다음 100메시로 분쇄하였다.

수분-열처리

전분의 수분-열처리는 Sair¹¹⁾의 방법에 따라 행하였다. 전분을 5배량의 증류수에 현탁시키고 원심 분리한 다음 전분의 수분함량이 18%와 21%가 되도록 조절하고 삼각 플라스크에 넣어 밀봉한 다음 100°C에서 16시간 가열한 후 실온에서 건조시키고 100메시로 분쇄하여 시료로 하였다.

첨가의 측정

시료 전분의 첨가는 Gilbert와 Spragg¹²⁾의 방법으로 측정하였다.

물결합 능력의 측정

전분의 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles¹³⁾의 방법에 따라 측정하였다.

팽윤력과 용해도의 측정

전분의 팽윤력과 용해도는 Schoch¹⁴⁾의 방법에 따라 온도 45°C~60°C에서 측정하였다.

광투과도 측정

전분 현탁액(0.1%, d.b.)을 40~88°C로 가열하면서 625nm에서의 광투과도의 변화를 측정하였다¹⁵⁾.

알카리 호화

Maher¹⁶⁾의 방법에 따라 NaOH 용액에서의 점도 변화를 측정하였다. 전분 20g을 50ml 메스실린더에 취하여 적당량의 증류수를 가한 후 1분간 교반한 다음 1N NaOH 용액 및 증류수를 가하여 전체 부피가 50ml되도록 하여 NaOH 농도가 0.14~0.17N이 되도록 조절하였다. 이것을 30초간 교반한 후 Brookfield 점도계(Model LVF)를 사용하여 Spindle 4번, 회전속도 12rpm에서 30분간 점도의 변화를 측정하였다.

KSCN에 의한 호화

KSCN에 의한 호화는 Lindquist¹⁷⁾의 방법에 따랐다. 전분(0.3g, d.b.)을 50ml 메스실린더에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 교반한 후 4M KSCN 용액을 가하여 1.5~4.0M로 조절한 다음 25°C에서 24시간 방치한 후 형성된 겔의 부피를 측정하였다.

아밀로그래프에 의한 호화 양상

시료 전분의 호화 양상은 Brabender/Visco/Amylograph를 사용하여 Medcalf와 Gilles¹³⁾의 방법에 따라 조사하였다. 전분의 농도는 8%(건량기준) 전체 부피는 400ml로 하였고 호화 개시 온도는 점도가 10B.U.(Brabender Units)에 도달하는 온도로 나타내었다.

호화액의 리올로지 측정

전분에 증류수를 가하여 7% 현탁액(건량기준)을 만들고 5분간 잘 혼합한 다음 항온 수조에서 일정한 속도로 교반하면서 액의 온도가 95°C에 달할 때까지 가열하여 호화시켰다. 호화시키는데 요하는 시간은 약 30분이었다. 호화액은 얼음물 속에서 3분 이내에 측정하고자 하는 온도(30, 50, 60 및 70°C)로 냉각시

킨 다음 시료액으로 하였다. 시료액의 리올로지 특성 측정은 회전 점도계(Brabender model VISCOTRON 802401)를 사용하였다. 측정 용기(E 17)에 시료 용액 8ml를 넣고 측정하고자 하는 온도를 유지하면서 회전 속도 5~190rpm의 연속적 변화에 따른 토오크(torque)의 변화를 자동 기록하였다.

리올로지 특성값은 Herschel-Bulkley식을 적용하여 다음 식으로부터 계산하였다¹⁸⁾.

$$\tau = KD^n + \tau_y$$
$$\sqrt{\tau} = K_c \sqrt{D} + \sqrt{\tau_y}$$

여기에서 τ 는 전단응력(Pa), D 는 전단속도(S^{-1}), K 는 점조도 지수($Pa \cdot S^{-n}$), n 은 유동 지수, τ_y 는 항복 응력(Pa)이다.

결과 및 고찰

청 가

올찰 및 한강찰벼 찹쌀 전분의 청가는 Table 1과 같다. 전분의 청가는 올찰이 0.046, 한강찰벼가 0.048로서 비슷한 값이었다. 전분의 청가는 전분 입자의 구성 성분과 요오드와의 친화성을 나타내는 값으로 전분 용액중에 존재하는 직쇄상 분자의 양을 상대적 으로 비교할 수 있는 지표이다¹⁹⁾. 따라서 전분의 청가는 일반적으로 아밀로스의 함량과 밀접한 관계가 있다. 그러나 아밀로펙틴만으로 구성된 찹쌀전분도 아밀로펙틴의 가지의 중합도 또는 분해된 아밀로오스의 일부 혼입 등에 의하여 요오드와 결합하게 된다²⁰⁾. 즉, 아밀로펙틴의 가지가 긴 것은 요오드와 높은 친화성을 보인다²⁰⁾. 찹쌀 전분의 청가는 품종 및 연구자에 따라 큰 차이를 보이고 있다. 김등²⁰⁾은 찹쌀 전분의 청가를 0.12~0.14, 김등²⁰⁾은 0.06, 김²³⁾은 0.03, 우등⁴⁾은 0.02, 김등³⁾은 올찰과 한강찰벼 모두 0.13이라고 보고하였다.

수분-열처리한 찹쌀 전분의 청가는 처리하지 않은 찹쌀 전분보다 낮았으며, 수분 처리 정도가 높을수록 청가는 낮아졌다. 그러나 수분-열처리에 의한 청가의 감소 정도는 올찰과 한강찰벼 모두 비슷하였다.

수분-열처리에 따라 전분 입자내의 물리적 변화가 일어나며 곡류 전분일 경우에는 결정도가 다소 감소한다고 한다²⁴⁾. 따라서 Table 1에서 수분-열처리한 찹쌀 전분이 처리하지 않은 전분보다 낮은 청가를 나타내는 것은 전분 입자내의 변화 때문인 것으로 보인다.

물결합 능력

시료 전분의 물결합 능력은 Table 1과 같다. 수분-열처리하지 않은 전분은 수분-열처리한 전분보다 물결합 능력이 높았으며 수분 처리 수준이 높아질수록 물결합 능력은 감소하였다. 동일 조건하에서 한강찰벼 전분의 물결합 능력이 올찰전분보다 다소 높았다.

밀전분²⁵⁾, 흰전분²⁶⁾, 감자전분²⁵⁾, 밤전분²⁷⁾ 등은 수분-열처리 수준이 높을수록 물결합 능력이 증가하는 것으로 알려져 있다. 이러한 결과는 메전분과 찰전분은 수분-열처리에 의하여 다르게 반응함을 가리킨다고 볼 수 있다.

팽윤력과 용해도

전분을 가열하면 전분 입자는 팽윤되고 전분 구성 물질 중 일부가 물에 녹게 되는데, 팽윤과 용해 정도는 전분의 종류와 형태에 따라 다르다¹⁴⁾. 따라서 팽윤력은 가열 중 전분 입자의 물흡수 능력의 지표가 된다.

올찰 및 한강찰벼 전분의 팽윤력은 Table 2와 같다. 두 전분 모두 50°C 이상에서 팽윤력이 급격히 증가하였다. 전분의 팽윤력은 올찰 전분이 한강찰벼 전분보다 낮았으며 이러한 결과는 송등²⁾의 보고와 같은 결과이었다. 맷쌀의 경우에도 다수제인 밀양 23호 전분이 일반제인 아끼바리 전분보다 높은 팽윤력을 갖는다고 보고되어 있다²⁸⁾.

가열에 따른 온도의 상승에 의하여 전분 입자내의 결합력은 점차 약해져서 전분의 팽윤력은 증가하게 되므로²⁹⁾, 입자의 미셀 구조가 강하게 결합된 전분일수록 팽윤은 제한을 받게 된다. Juliano 등³⁰⁾은 비전분 성분의 함량 및 특성에 따라 전분 입자의 팽윤 정도는 영향을 받는다고 하였다. 한편 Kite 등³¹⁾은 전분의 팽윤력은 인의 함량과 관계가 있으며 인의 함량이 많을수록 수분-열처리 중에 분자간 상호 결합을 일으켜 팽윤력이 감소된다고 하였다. 따라서 올찰과 한강찰벼 전분의 팽윤의 차이는 두 전분의 입자의 결합력의 차이, 성분 함량의 차이 등에 기인되는 것으로 생각된다.

올찰 및 한강찰벼 전분의 팽윤력은 수분-열처리에 의하여 감소하였으며, 수분처리 수준이 높을수록 더욱 감소하였다. 수분-열처리에 의한 팽윤력의 감소 현상은 밀전분²⁵⁾, 보리전분²⁵⁾, 수수전분²⁴⁾, 감자전분²⁵⁾, 밤전분²⁷⁾, 흰전분²⁶⁾ 등에서도 보고되어 있다.

올찰 및 한강찰벼 전분의 가열 중 용해도는 Table 3과 같다. 두 전분 모두 55°C까지는 용해도가 서서히

Table 1. Blue values and water binding capacities of waxy rice starches

| Starch | Heat-moisture treatment | Blue value | Water binding capacity |
|-----------------|-------------------------|------------|------------------------|
| | | | |
| Olchal | Control | 0.046 | 102 |
| | 19% H ₂ O | 0.042 | 100 |
| | 21% H ₂ O | 0.036 | 92 |
| Hankangchalbyeo | Control | 0.048 | 114 |
| | 18% H ₂ O | 0.042 | 106 |
| | 21% H ₂ O | 0.036 | 100 |

Table 2. Swelling powers of waxy rice starches

| Starch | Heat-moisture treatment | Temperature(°C) | | | |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-----|------|------|
| | | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Olchal | Control | 3.4 | 3.6 | 11.3 | 20.6 |
| | 18% H ₂ O | 3.2 | 3.6 | 8.6 | 20.4 |
| | 21% H ₂ O | 3.1 | 3.2 | 6.9 | 16.5 |
| Hankangchalbyeo | Control | 3.9 | 4.5 | 11.9 | 21.7 |
| | 18% H ₂ O | 3.3 | 3.8 | 9.9 | 20.7 |
| | 21% H ₂ O | 3.3 | 3.5 | 8.0 | 18.3 |

증가하였으며 60°C에서 급격한 증가를 보였다. 한강찰벼 전분의 용해도는 올찰 전분보다 다소 높은 값을 보였다. 이러한 결과는 송등²⁾의 보고와 비슷한 것이었다.

수분-열처리한 전분의 용해도는 처리하지 않은 전분보다 낮았다. 한강찰벼 전분은 수분 처리 수준이 증가할수록 용해도가 감소하였으나, 올찰 전분은 50°C까지는 수분-열처리한 전분과 처리하지 않은 전분의 용해도에 차이를 보이지 않았다. 또한 18% 수분-열처리한 올찰 전분의 경우 55°C까지는 처리하지 않은 전분과 비슷한 용해도 값을 보였다.

일반적으로 수분-열처리에 따라 곡류전분의 용해도는 감소되는 것으로 보고되어 있다²⁴⁾.

광투과도

시료 전분 0.1% 현탁액을 가열하면서 광투과도를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 올찰과 한강찰벼 전분의 광투과도는 55°C 이후부터 서서히 증가하여 60°C 이후에 급격한 증가를 보였고 70°C 이후의 광투과도의 증가는 완만하였다. 이러한 경향은 이등¹⁾, 송등²⁾과 김등³⁾의 연구에서도 볼 수 있다.

Table 3. Solubilities of waxy rice starches

| Starch | Heat-moisture treatment | Temperature(°C) | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----|-----|----|
| | | 45 | 50 | 55 | 60 |
| Olchal | Control | 1.8 | 3.0 | 5.1 | 65 |
| | 18% H_2O | 1.5 | 2.5 | 5.0 | 60 |
| | 21% H_2O | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 52 |
| Hankang-chalbyeo | Control | 2.0 | 4.0 | 6.5 | 67 |
| | 18% H_2O | 1.5 | 2.0 | 5.1 | 61 |
| | 21% H_2O | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 59 |

두 시료 모두 생전분의 광투과도가 수분-열처리한 것보다 높았으며 수분 처리 정도가 높을수록 광투과도는 낮았다. 가열 초기에는 한강찰벼 전분의 광투과도가 올찰 전분보다 다소 높았으나 65°C 이후에는 한강찰벼 전분의 광투과도가 다소 낮았다. 동일한 방법으로 실시한 멥쌀 전분의 호화 양상²⁶⁾에서는 90°C 이상에서 최고의 투과도에 도달하므로 찹쌀 전분이 이들 메전분에 비하여 빨리 호화가 완료됨을 알 수 있다. 수분-열처리에 따라 호화 온도가 상승하는 현상

은 밀^{24,25)}, 보리²⁴⁾, 감자^{11,25)}, 칩²⁶⁾ 및 밤²⁷⁾ 등의 전분에서도 나타난다.

알칼리에 의한 호화

올찰 및 한강찰벼 전분의 NaOH 용액에서의 점도 변화를 보면 처리하지 않은 전분 및 18% 수분-열처리한 전분은 0.14N NaOH에서 점도가 일정한 값에 도달하였으며, 21% 수분-열처리한 전분은 올찰이 0.17N NaOH, 한강찰벼가 0.16N NaOH에서 일정한 값에 도달하였다. 따라서 찹쌀 전분의 호화에 필요한 알칼리의 임계 농도는 생전분과 18% 수분-열처리한 전분의 경우 두 전분 모두 3.50meq NaOH/g, 21% 수분-열처리한 전분인 경우에는 올찰이 4.25meq NaOH/g, 한강찰벼가 4.00meq NaOH/g이었다. 송등²⁾은 찹쌀 전분의 호화에 필요한 알칼리의 임계 농도는 3.8~4.0meq NaOH/g이라고 보고하였다. 멥쌀 전분의 경우 호화에 필요한 알칼리의 임계 농도는 3.4~3.6meq NaOH/g으로써²⁾ 찹쌀 전분에 대한 본 실험결과와 비슷한 값이었다. Maher¹⁶⁾도 멥쌀 전분과 찹쌀 전분의 호화에 필요한 알칼리 농도는 같다고 하였다.

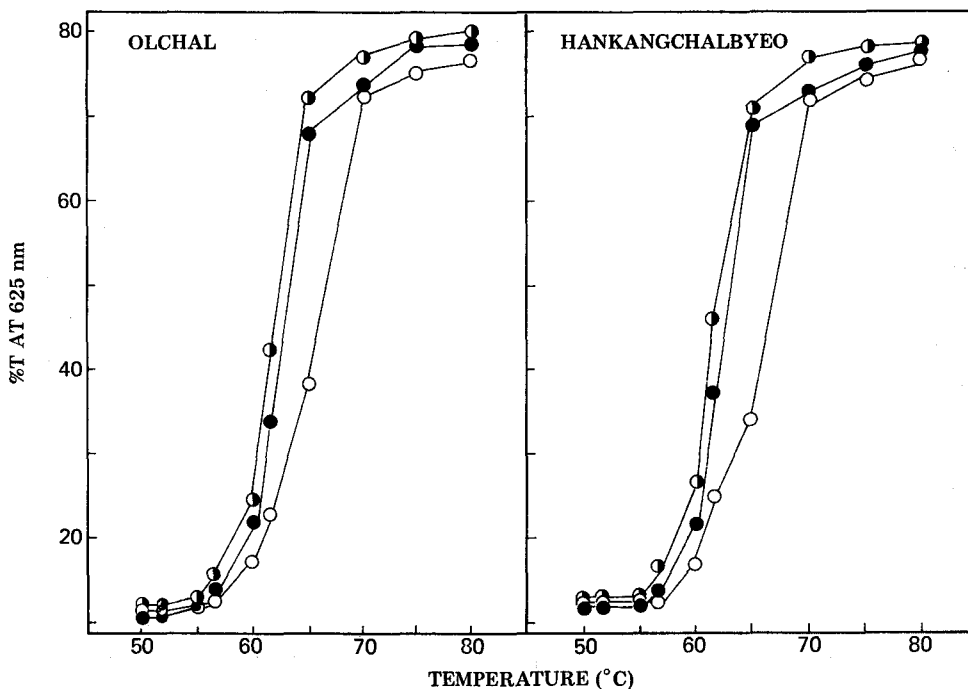


Fig. 1. Transmittance of 0.1% waxy rice starch suspension at various temperatures.

○ : Control, ● : 18% H_2O -heat treated starch, ○ : 21% H_2O -heat treated starch

동일한 알카리 농도에서 한강찰벼 전분의 점도는 울찰 전분보다 다소 높은 경향을 보였다. 두 시료 전분 모두 18%수분-열처리한 전분은 처리하지 않은 전분보다 높은 점도를 보였다. 이러한 결과는 울찰 전분 및 한강찰벼 전분의 광투과도(Fig. 1)와는 일치하지 않는 것으로써, 가열에 의한 호화와 알카리에 의한 호화는 서로 다름을 가리킨다고 볼 수 있다. Georing등^{33,34)}은 전분의 가열에 의한 호화 점도와 복굴절 소실 온도와는 상관 관계를 보이지 않는다고 하였다. Maher¹⁶⁾는 Georing등이 보고한 보리, 감자, 옥수수 및 밀등의 복굴절 소실 온도에서의 호화 정도는 알카리에 의한 호화 정도와는 일치하지 않는다고 보고하였다. 한편, Sato등³⁵⁾은 전분의 팽윤 온도와 알카리 임계 농도와는 밀접한 관계가 있다고 하였다.

KSCN에 의한 호화

울찰 및 한강찰벼 전분(0.3g)을 KSCN용액(1.5~4.0M)50ml에 처리한 다음 25°C에서 24시간 방치하고 측정된 겔의 부피는 Fig. 2와 같다. 겔의 부피는 모든 시료에서 울찰 전분이 한강찰벼 전분보다 높았다. 수

분-열처리한 전분은 처리하지 않은 전분보다 겔의 부피가 작았다. 모든 시료 전분은 3.5M KSCN에서 최고의 부피를 나타내었으며, 18% 수분-열처리한 전분이 가장 낮은 부피를 보였다.

Lindquist¹⁷⁾는 KSCN에 의한 전분의 겔화 현상은 아밀로스가 전분 입자 밖으로 용출되어야 일어날 수 있으며, 아밀로펙틴은 전분의 겔 형성에 중요한 성분이라고 하였다.

아밀로그라프에 의한 호화

울찰 및 한강찰벼 전분의 아밀로그라프 결과는 Table 4와 같다. 울찰 전분의 호화 개시 온도는 한강찰벼 전분보다 높았으나, 최고 점도는 낮았다. 그러나 최고 점도에 도달하는 온도는 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 송등²⁾의 보고와 같은 경향이였다.

아밀로그라프에 의한 점도는 전분 입자의 팽윤 정도 및 열 또는 전단력에 대한 전분의 팽윤 입자의 저항 정도에 따라 결정된다³⁶⁾. 따라서 95°C까지 가열함에 따라 한강찰벼 전분의 점도가 크게 감소하는 것은 한강찰벼 전분이 울찰 전분보다 팽윤된 전분 입자의

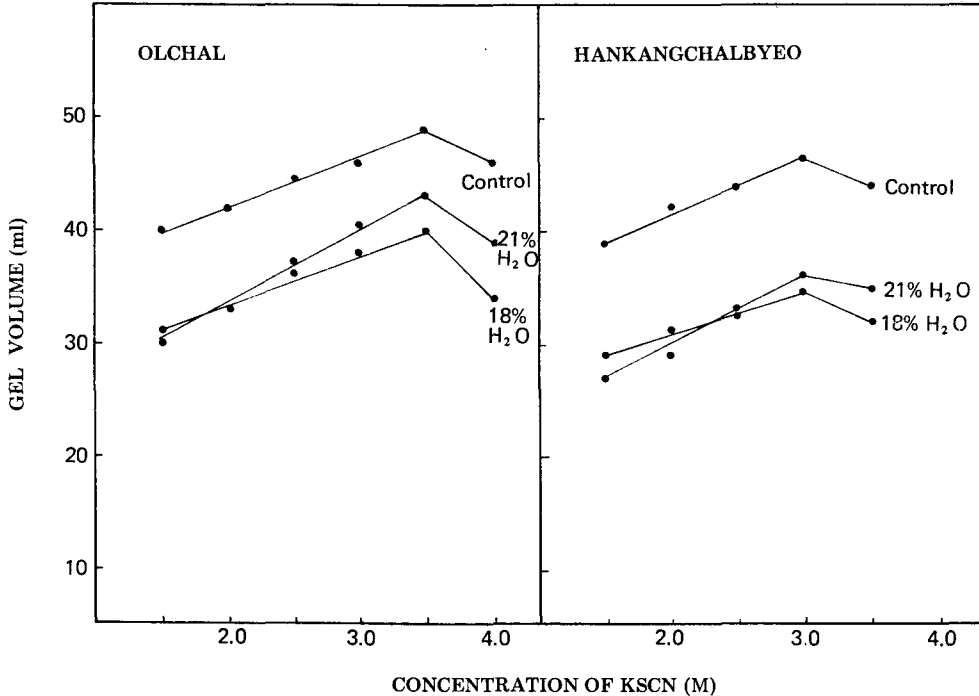


Fig. 2. Gel volumes of 0.3g waxy rice starches treated with various concentrations of 50ml KSCN after 24hrs

Table 4. Amylograph indices on heat-moisture treated waxy rice starches (8%, dry basis)

| Starch | Heat-moisture treatment | Initial pasting temperature ^a (°C) | Peak height (B.U.) | Peak temperature (°C) | Viscosity at 95°C (B.U.) | 15-min height ^b (B.U.) | Height at 50°C (B.U.) |
|-----------------|-------------------------|---|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Olchal | Control | 64.5 | 485 | 70.0 | 300 | 260 | 350 |
| | 18% H ₂ O | 66.5 | 605 | 75.0 | 330 | 255 | 300 |
| | 21% H ₂ O | 65.5 | 390 | 77.5 | 280 | 210 | 250 |
| Hankangchalbyeo | Control | 62.5 | 555 | 69.0 | 225 | 180 | 280 |
| | 18% H ₂ O | 65.5 | 620 | 74.5 | 340 | 250 | 300 |
| | 21% H ₂ O | 67.0 | 565 | 77.5 | 345 | 270 | 320 |

a : Temperature at which the initial rise in the curve reached 10 B. U.

b : Peak height after 15-min holding at 95°C.

열 또는 전단력에 대한 안정성이 낮음을 가리킨다. 찹쌀 전분의 호화 특성은 멥쌀이나 다른 곡류 전분과 비교하여 낮은 온도에서 최고 점도에 도달하며, 이 온도이후에 전분 입자의 복굴절성이 없어지고 입자는 최고 온도에서 2~3배로 부풀어 오른 다음 곧 붕괴된다는 것이다^{37,38}. 또한 팽윤된 찹쌀 전분은 멥쌀 전분보다 열 및 전단력에 대하여 약한 특성을 보인다³⁹.

수분-열처리에 의하여 시료 찹쌀의 아밀로그래프의 모든 지표의 값은 증가하였다. 그러나 21% 수분-열처리한 올찰 전분의 최고 점도는 감소하였으며, 한강찰벼 전분은 처리하지 않은 전분과 비슷한 값을 보

였다. 또한 21% 수분-열처리한 올찰 전분은 95°C에서의 점도, 95°C에서 15분 후의 점도 및 50°C에서의 점도는 처리하지 않은 전분보다 낮아, 같은 처리를 한 한강찰벼 전분과는 다른 결과를 보였다.

호화액의 리올로지 특성

시료 전분은 모두 측정 온도에 상관없이 모두 전단 응력과 전단 속도와의 관계는 원점을 지나지 않는 비직선의 관계를 보여 비뉴톤 유체의 거동을 보였다. 멥쌀 전분^{39~42} 및 저농도 찹쌀 전분(0.2~5%)^{42,43}의 호화액도 비뉴톤 유체로 알려져 있다.

찰쌀 전분 호화액의 리올로지적 특성값은 Table 5와 같다. 올찰 및 한강찰벼 전분 호화액의 유동 지수 값은 모두 1보다 작았다. 따라서 찹쌀 전분 호화액은

Table 5. Rheological parameters of gelatinized 7% waxy rice starches

| Measuring temperature(°C) | Heat-moisture treatment | Olchal | | Hankangchalbyeo | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
| | | K (Pa·S ⁻ⁿ) | n (-) | K (Pa·S ⁻ⁿ) | n (-) |
| 30 | Control | 1.18 | 0.86 | 1.30 | 0.78 |
| | 18% H ₂ O | 1.45 | 0.77 | 1.65 | 0.79 |
| | 21% H ₂ O | 0.81 | 0.82 | 1.01 | 0.84 |
| 50 | Control | 0.82 | 0.85 | 0.81 | 0.82 |
| | 18% H ₂ O | 1.01 | 0.81 | 1.05 | 0.82 |
| | 21% H ₂ O | 0.56 | 0.85 | 0.63 | 0.87 |
| 60 | Control | 0.75 | 0.83 | 0.70 | 0.85 |
| | 18% H ₂ O | 0.92 | 0.81 | 0.93 | 0.82 |
| | 21% H ₂ O | 0.48 | 0.86 | 0.53 | 0.87 |
| 70 | Control | 0.67 | 0.83 | 0.59 | 0.87 |
| | 18% H ₂ O | 0.82 | 0.81 | 0.78 | 0.85 |
| | 21% H ₂ O | 0.45 | 0.84 | 0.45 | 0.88 |

K=Consistency index n=Flow behavior index

Table 6. Activation energies of gelatinized 7% waxy rice starches

| Waxy rice | Heat-moisture treatment | Temperature (°C) | Activation energy (cal/mole) |
|-----------------|-------------------------|------------------|------------------------------|
| Olchal | Control | 30~50 | 3,540 |
| | | 50~70 | 2,220 |
| | 18% H ₂ O | 30~50 | 23,520 |
| | | 50~70 | 2,290 |
| | 21% H ₂ O | 30~50 | 3,590 |
| | | 50~70 | 2,410 |
| Hankangchalbyeo | Control | 30~50 | 4,600 |
| | | 50~70 | 3,490 |
| | 18% H ₂ O | 30~50 | 4,390 |
| | | 50~70 | 3,270 |
| | 21% H ₂ O | 30~50 | 4,590 |
| | | 50~70 | 3,700 |

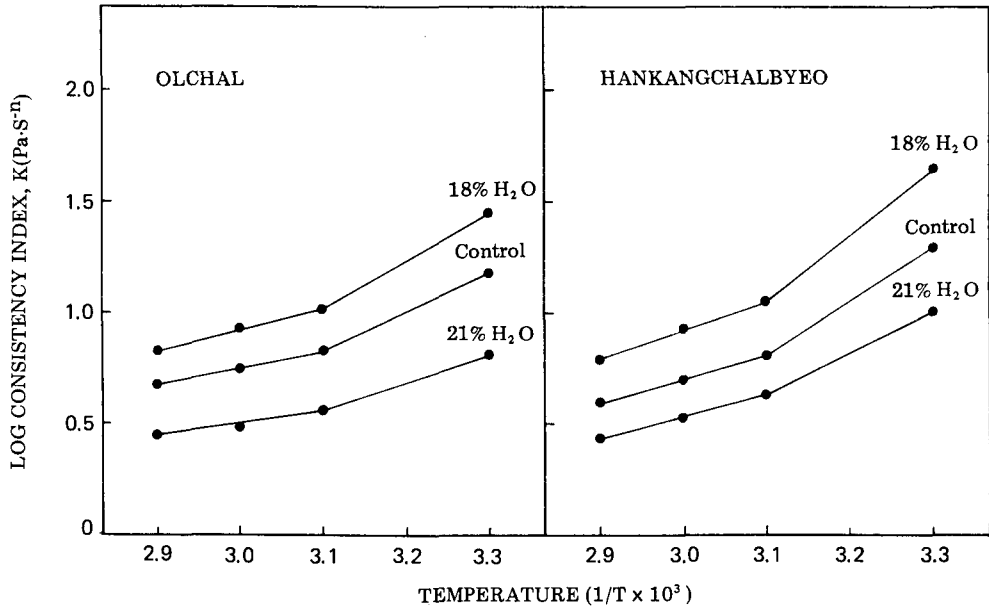


Fig. 3. Arrhenius plots for consistency indices of gelatinized 7% waxy rice starches

항복응력을 갖는 의가스성 유체 즉, 빙햄 의가스성 유체임을 가리킨다. 이것은 김등⁴³⁾의 결과와 같은 것이었다. 수분-열처리한 찹쌀 전분 호화액도 처리하지 않은 전분과 같은 경향이였다.

올찰 및 한강찰벼 전분 호화액의 점조도 지수 값은 측정온도 30°C에서 한강찰벼 전분이 올찰 전분보다 다소 높았고, 70°C에서는 다소 낮았다. 수분-열처리한 경우 18% 수분에서의 점조도 지수 값은 처리하지 않은 찹쌀 전분보다 높았고, 21% 수분에서의 점조도 지수 값은 낮았다. 시료 전분간의 점조도 지수 값은 측정온도 30°C에서 뚜렷한 차이를 보였다.

점조도 지수 값의 온도 의존성을 보기 위하여 점조도 지수 값과 온도의 역수와의 관계를 본 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서와 같이 측정온도 50°C를 전후하여 기울기가 다른 두개의 직선적인 관계를 보였는데 이것은 50°C에서 전분호화액의 입체 구조가 변화하고 따라서 유동기구가 변화함을 의미한다⁴⁴⁾. Fig. 3의 기울기로부터 구한 활성화 에너지 값은 Table 6과 같다. 올찰 전분 호화액의 활성화 에너지 값은 한강찰벼 전분 호화액보다 낮았다. 수분-열처리하는 활성화 에너지 값에 영향을 주지 않았다.

참 고 문 헌

1. 이인의, 이해수, 김성곤 : 한국식품과학회지, 15 : 379(1983)
2. 송범호, 김성곤, 이규한, 변유량, 이신영 : 한국식품과학회지, 17 : 107(1985)
3. 김형수, 강옥주, 윤계순 : 한국농화학회지, 26 : 211 (1983)
4. 우자원, 윤계순, 허문희, 김형수 : 한국농화학회지, 28 : 137(1985)
5. 장명숙, 김성곤, 김복남 : 한국식품과학회지, 21 : 313(1989)
6. 장명숙, 김성곤 : 한국식품과학회지, 22 : 227 (1990)
7. 김성곤, 손정우 : 한국농화학회지, 33 : 105(1990)
8. Kuge, T. and Kitamura, S. : J. Jpn. Soc. Starch Sic., 32 : 65(1990)
9. 김수경, 신말식 : 한국농화학회지, 33 : 1(1990)
10. Yamamoto, K., Swada, S. and Onogak, T. : Denpun Kagaku, 20 : 99(1973)
11. Sair, L. : Cereal Chem., 40 : 8(1967)
12. Gilbert, G. A. and Spragg, S. P. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', Whistler, R. L.(ed.), Vol. 4, p. 168, Academic Press, New York(1964)
13. Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. : Stärke, 18 : 101 (1966)
14. Schoch, T. J. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', Whistler, R. L.(ed.), Vol. 4, p.106, Academic Press, New York(1964)

15. Wilson, L. A., Birmingham, V. A., Moon, D. P. and Snyder, H. E. : Cereal Chem., 55 : 661(1978)
16. Maher, G. G. : Stärke, 35 : 226(1983)
17. Lindquist, I. U. : Stärke, 31 : 195(1979)
18. 권순혜, 김명희, 김성곤 : 한국식품과학회지, 22 : 38(1990)
19. Reyes, A. C., Albano, E. L., Briones, V. P. and Juliano, B. O. : J. Agr. Food Chem., 13 : 438(1965)
20. Goering, K. J., Eslick, R. and Detlass, B. W. : Cereal Chem., 50 : 322(1973)
21. 김형수, 문수재, 손경희, 허문희 : 한국식품과학회지, 9 : 144(1977)
22. 김형수, 이기열, 최이순 : 한국식품과학회지, 4 : 77(1972)
23. 이종찬, 김재욱 : 과기처연구보고서(1971)
24. Lorenz, K. and Kulp, K. : Stärke, 34 : 50(1982)
25. Kulp, K. and Lorenz, K. : Cereal Chem., 58 : 46(1981)
26. 차환수, 김 관, 김성곤 : 한국농화학회지, 27 : 252(1984)
27. 박홍현, 이규한, 김성곤 : 한국식품과학회지, 18 : 437(1986)
28. 정혜민, 안승요, 김성곤 : 한국농화학회지, 25 : 67(1982)
29. Greenwood, C. T. : In 'The Carbohydrates : Chemistry and Biochemistry', Pigman, W. and Horton, D. (ed.), Vol. B, p. 471, Academic Press, New York (1970)
30. Juliano, B. O., Bautista, G. M., Lugay, J. C. and Reyes, A. C. : J. Agr. Food Chem., 12 : 131(1964)
31. Kite, F. E., Schoch, T. J. and Leach, H. W. : Baker's Digest, 31 : 42(1957)
32. 김성곤, 정혜민 : 한국농화학회지, 29 : 29(1986)
33. Georing, K. J., Fritts, D. H. and Allen, K. G. : Cereal Chem., 51 : 764(1974)
34. Georing, K. J., Jackson, L. L. and DeHaas, B. W. : Cereal Chem., 52 : 493(1975)
35. Sato, S., Oka, S. and Shigeta, S. : Agr. Biol. Chem., 33 : 1134(1969)
36. Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. : Cereal Chem., 36 : 534(1959)
37. Juliano, B. O., Nazareno, M. B. and Ramon, N. B. : J. Agr. Food Chem., 17 : 1365(1969)
38. Bean, M. M., Esser, C. A. and Nishita, K. D. : Cereal Chem., 61 : 475(1984)
39. 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규 : 한국식품과학회지, 16 : 29(1984)
40. 이신영, 조형용, 김성곤, 이상규, 변유량 : 한국식품과학회지, 16 : 273(1984)
41. 김주봉, 김영숙, 이신영, 변유량 : 한국식품과학회지, 16 : 451(1984)
42. 김일환, 김성곤, 이신영 : 한국식품과학회지, 19 : 366(1987)
43. 김영숙, 김주봉, 이신영, 변유량 : 한국식품과학회지, 16 : 11(1984)
44. Tamo, M., Nagahama, T. and Nomura, D. : J. Agric. Chem. Soc. (Japan), 51 : 397(1977)

Gelatinization properties of heat-moisture treated waxy rice starches

Myung-Sook Chang and Sung-Kon Kim(Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul 140-714)

Abstract : Gelatinization properties of heat-moisture treated Olchal(japonica) and Hankangchalbyeo(j x indica) waxy rice starches were compared. The blue value, light transmittance of starch suspension and viscosity in sodium hydroxide solution were similar between two starches. Olchal starch showed lower water binding capacity, swelling power and peak viscosity by amylograph than Hankangchalbyeo starch. Upon heat-moisture treatments all above parameters were decreased. The critical sodium hydroxide concentration for gelatinization was increased by treatments. The initial pasting temperature of Olchal starch was higher than that of Hankangchalbyeo. All amylograph reference points increased by the treatments, except the maximum viscosity of 21 % moisture-treated Olchal starch. Starches treated at 18% moisture level showed the highest value of consistency index. The activation energy of consistency index for gelatinized Olchal starch was lower than that for Hankangchalbyeo starch. The heat-moisture treatments had no effect on activation energy.