

## 하이드록시프로필화 옥수수 전분의 호화 및 겔 특성

육 철 · 백운화 · 박관화\*

두산종합기술원, \*서울대학교 식품공학과

### Gelatinization Behaviours and Gel Properties of Hydroxypropylated Corn Starches

Cheol Yook, Un-Hua Pek and Kwan-Hwa Park\*

Doosan Technical Center

\*Department of Food Science and Technology, Seoul National University

#### Abstract

Gelatinization behaviours and gel properties of hydroxypropylated corn starches (HPCS) were investigated with differential scanning calorimeter, amylograph and rheometer. Gelatinization temperature of HPCS decreased as degree of substitution increased. The retrogradation of corn starch was greatly reduced by hydroxypropylation, indicating that the association of starch molecules was sterically hindered by hydroxypropyl groups. In HPCS, gel was formed slowly and gel strength decreased resulting in soft and sticky texture. Texture profiles of HPCS gels were similar to those of tapioca and waxy corn starch. HPCS has shown a remarkable increase of paste transparency compared to native corn starch.

Key words: hydroxypropylated corn starch, hydroxypropylation

#### 서 론

옥수수 전분은 감자 전분, 타피오카 전분, 찹옥수수 전분 등에 비하여 호화온도가 높고 노화속도가 빨라 식품 등의 이용에 제한이 많았으나, 하이드록시프로필화 시키면 넓은 pH 영역에서 안정하고 특히 저온에서도 안정하여 냉장, 냉동식품에 많이 사용되고 있으며 필름 형성능이 뛰어나 제지회사, 방직 등에도 널리 사용되고 있다<sup>(1)</sup>.

전분을 하이드록시프로필화 시키면 유도된 하이드록시프로필기에 의하여 입자를 유지하고 있는 internal bond가 약해져서 호화온도가 낮아지고 노화가 억제되며 하이드록시프로필기의 친수성 때문에 전분호화액 또는 관련제품의 냉해동에 안정하다고 알려졌다<sup>(2)</sup>. Wootton과 Manatsathit<sup>(3)</sup>은 옥수수 전분을 하이드록시프로필화 시켰을 때 치환도가 증가함에 따라 호화가 쉽게됨을 확인하였으며 Butler 등<sup>(4)</sup>은 Buffalo gourd root 전분을 하이드록시프로필화 시켰을 때 노화에 안정해짐을 보고 하였다.

본 연구에서는 전보<sup>(5)</sup>에 이어 옥수수 전분을 하이드록시프로필화 반응을 통해 치환도를 달리한 하이드록시

프로필화 옥수수 전분을 제조하여 호화 및 노화 그리고 겔 특성을 조사하였으며 기타 산업적으로 많이 이용되는 감자 전분, 타피오카 전분, 찹옥수수 전분 등의 천연 전분들의 특성과 비교하여 옥수수 전분의 변성을 통해 천연 전분들의 대체 가능성을 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 하이드록시프로필화 옥수수 전분의 제조

옥수수 전분, 타피오카 전분, 찹옥수수 전분을 두산 곡산(주)으로부터 제공받았으며 감자 전분은 Junsei Chemical Co. 제품을 사용하였다. 하이드록시프로필화 옥수수 전분은 Wootton과 Manatsathit의 방법<sup>(6)</sup>에 의하여 제조하였으며 치환도(DS)가 0, 0.031, 0.068, 0.095, 0.147이 되도록 하였다.

##### Amylogram

Brabender visco-amylograph를 이용하여 전분의 농도를 건량기준 5%(w/w)로 1.5°C/min 속도로 25°C부터 95°C까지 가열하고 95°C에서 15분간 유지시켰다가 50°C까지 냉각시켰다<sup>(7)</sup>. Amylogram 특성치는 Bhattacharya와 Sowbhagya<sup>(8)</sup> 그리고 Merca와 Juliano<sup>(9)</sup>의 방법에 따라 구하였다. 즉 breakdown은 최고점도에서 95°C, 15분 후 점도를 뺀 값을 나타냈고, setback은 냉각 후 50°C의 점도에서 최고점도를 뺀 값을 나타냈으며 그리고 consis-

Corresponding author: Cheol Yook, Doosan Technical Center, 582 Yeongdeungpo-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 150-020, Korea

tency는 냉각 후 50°C 점도에서 95°C, 15분 후 점도를 뺀 값을 나타내었다.

#### Differential Scanning Calorimetry(DSC)

시료 전분 호화특성을 알아보기 위해 Differential Scanning Calorimeter(STA 785, Stanton Redclaft, 영국)를 이용하여 측정하였다. 전분에 증류수를 1 : 3의 비율로 섞어 현탁액을 만들고 aluminum sample pan에 넣어 밀봉한 다음 10°C/min의 속도로 실온에서 110°C까지 가열하여 endothermic peak를 얻었다<sup>(9,10)</sup>. 엔탈피 계산은 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\Delta H(\text{cal/g}) = \frac{A \times 60 \times B \times E \times \Delta q_s \times 0.24}{M}$$

여기에서 A는 peak의 면적(cm<sup>2</sup>), B는 time base(0.5 min/cm), E는 calibration 상수(12.74), Δqs는 sensitivity(0.016 mV/cm) 그리고 M은 시료무게(mg)이다.

#### 노화도

전분의 노화도는 현 등<sup>(10)</sup>의 방법에 따라 DSC를 이용하여 측정하였다. 즉 전분시료를 증류수에 1 : 1.5 비율로 섞어 현탁액을 만들어 sample pan에 넣고 DSC로 실온에서 110°C까지 1차 가열하여 완전 호화시킨 후 4°C에서 7일간 저장한 후 10°C/min의 속도로 실온에서 90°C까지 2차 가열하여 DSC thermogram을 얻었다. Thermogram의 endothermic peak 면적을 측정하여 계산한 엔탈피로부터 상대적인 노화도를 비교하였다.

#### 전분의 빛 투과도

전분의 호화과정 중 빛 투과도의 변화는 시료를 0.2% 농도로 맞추어 Visco-amylograph를 이용하여 1.5°C/min 속도로 30~90°C까지 상승시키면서 625 nm에서 흡광도를 측정하여 얻었다<sup>(12)</sup>. 전분 호화액의 빛 투과도는 시료를 농도 0.5~2.5%가 되도록 하여 끓는 수조에서 30분간 가열한 후 실온으로 냉각하여 625 nm에서 T(%)를 측정하였다.

#### 전분 겔 조직 특성

전분 겔 제조는 Ojima<sup>(13,14)</sup>의 방법에 따랐다. 즉 0.8% (w/v) sodium carboxymethyl cellulose 용액에 농도 25% (w/w)가 되도록 전분을 골고루 현탁시킨 후 vinyl tube (φ 3.2 cm × L 25 cm)에 충전한 후 실로 묶어 85°C 수조에서 30분간 가열하였다. 흐르는 물에서 20분간 냉각시킨 후 4°C 냉장고에 보관하면서 일정기간별로 채취하여 gel 특성을 측정하였다.

Rheometer(Sun Kagaku Co. M-1111)를 사용하여 전분 겔 조직 특성을 측정하였으며 sample 크기는 φ 3.2 cm × H 3 cm로 잘라서 plunger(diameter ; 0.5 cm)로 punching 하면서 측정하였다. Rheometer 작동조건은 ta-

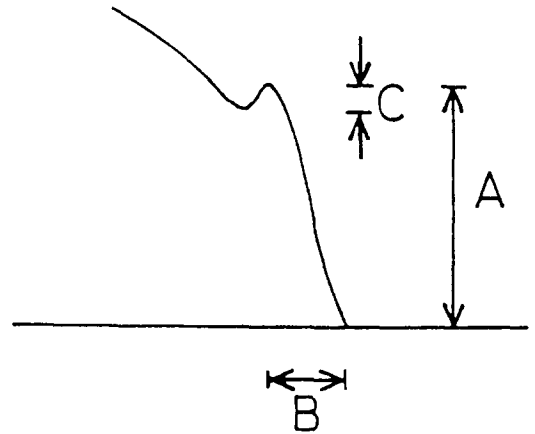


Fig. 1. Data interpretation of starch gel properties measured by Rheometer

A: Gel strength(g/cm<sup>2</sup>); A/B: Gel compression slope(g/cm<sup>3</sup>); C: Breakdown(g/cm<sup>2</sup>)

ble speed ; 4 cm/min, chart speed ; 120 mm/min, clearance ; 0.5 mm로 하였다. DATA 해석은 Ojima<sup>(14)</sup>의 방법에 준하여 Fig. 1과 같이 하였다.

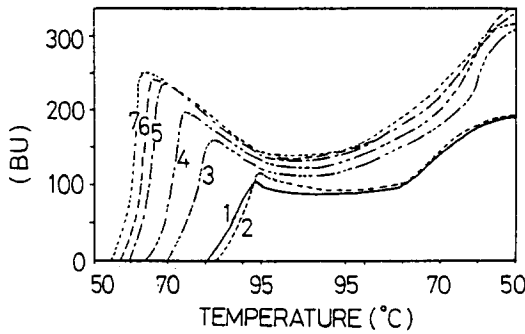
## 결과 및 고찰

#### 전분의 Amylogram

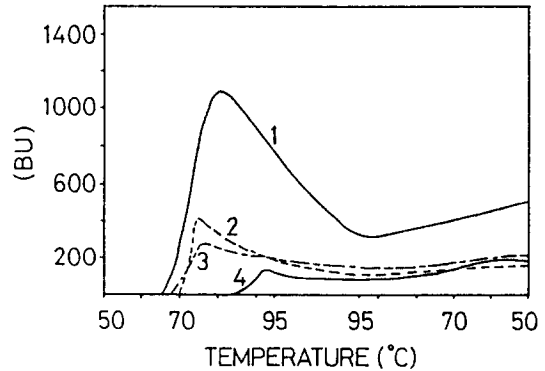
Visco-amylograph로 측정된 시료 전분의 아미로그래프는 Fig. 2, 3과 같고 특성치는 Table 1에 표시하였다. 옥수수 전분이 하이드록시프로필화에 따라 호화개시온도 및 최고점도온도가 크게 떨어졌는데 DS 0.068 이상에서는 호화개시온도가 64°C가 되어 감자 전분의 65°C 보다도 더 낮아졌으며 DS 0.147에서는 호화개시온도가 54.7°C 까지 크게 떨어져 하이드록시프로필화에 의하여 호화온도가 크게 낮아짐을 알 수 있었다. El-Hinnawy 등<sup>(15)</sup>은 hydroxyethyl corn starch를 8% 농도로 하여 amylogram을 측정된 결과 호화개시온도가 76.2°C에서 DS 0.088 일 때에는 69.0°C, DS 0.180일 때에는 60.0°C로 떨어짐을 확인하였다.

전분 유도체의 호화온도가 낮아짐은 전분 입자내에 치환기가 생겨 구조가 약해졌기 때문으로 보고되고 있으며<sup>(14)</sup>, 육 등<sup>(5)</sup>의 연구에서도 하이드록시프로필화에 의하여 옥수수 전분의 결정화도가 감소된 것을 확인한 바 있다. 따라서 전분의 호화온도가 낮아진 것은 전분의 결정화도가 감소되었기 때문으로 생각된다.

최고점도는 하이드록시프로필화에 의하여 치환도가 증가함에 따라 크게 증가하고 있는데 이는 치환에 의하여 팽윤이 커짐을 뒷받침 해주고 있다. 최고점도와 95°C에서 15분간 유지시킨 후의 점도간의 차이를 나타내는 breakdown은 치환도가 증가할수록 증가되었는데 이는 치환기에 의하여 전분 입자내 결합력이 약해졌기 때문으로



**Fig. 2. Brabender visco-amylogram of hydroxypropylated corn starches in the concentration of 5%(w/w)**  
 1. Native; 2. DS 0.000; 3. DS 0.031; 4. DS 0.068; 5. DS 0.095; 6. DS 0.120; 7. DS 0.147



**Fig. 3. Brabender visco-amylogram of various starches in the concentration of 5%(w/w)**  
 1. Potato starch; 2. Waxy corn starch; 3. Tapioca starch; 4. Corn starch

생각된다.

냉각 후 점도가 상승하는 정도(setback, consistency)는 DS 0.068까지는 증가하다가 그 이상에서는 감소하였다. Hoover와 Sosulski<sup>(16)</sup>는 듀류전분을 acetylation시켜 아밀로그래프를 얻은 결과 DS 0.05일 때 setback이 증가함을 발견하였다. 냉각 중 점도의 상승은 팽윤된 granule, granule fragments, 콜로이드 또는 분자상태로 분산된 전분분자들이 paste 온도가 떨어짐에 따라 노화되는 경향을 나타내는 것으로 일반적으로 알려졌는데 Hoover와 Sosulski<sup>(16)</sup>는 acetate starch의 경우 냉각시 높은 점도상승을 보이는 것은 노화에 의한 것 보다는 아세틸화에 의하여 아밀로오스의 용출이 더 많이 되어 점도상승이 커진 것으로 설명하고 있다.

**전분의 Differential Scanning Calorimetry**

시료 전분들의 DSC endotherm은 각각 Fig. 4와 Table 2에서와 같다. 옥수수 전분의 호화개시온도는 67°C이었으나 하이드록시프로필화 시킴에 따라 DS 0.068에서는 59°C, DS 0.147에서는 52.5°C로 크게 감소하였고 호화엔탈피 역시 3.54 cal/g에서 각각 3.06, 1.58 cal/g으로 감소하여 하이드록시프로필화를 통하여 옥수수 전분의 호화개시온도와 호화엔탈피를 감자 전분, 타피오카 전분, 찰옥수수 전분 보다도 더 낮출 수 있음을 보여주었다.

호화온도범위(ΔT)는 15.5°C에서 DS 0.068일 때 18.0°C, DS 0.147일 때 20.0°C로 하이드록시프로필화가 진행됨에 따라 증가하였다. 육<sup>(5)</sup> 등은 X-ray 회절도를 통해 하이드록시프로필기의 치환도가 증가할수록 무정형 부분이 증가함을 밝혔다. Biliaderis 등<sup>(17)</sup>은 debranching의 정도가 크거나 무정형 부분이 증가할수록 호화온도범위가 넓어진다고 보고한 바 있다. 천연 전분에 있어서는 감자 전분이 T<sub>0</sub> 62°C로 가장 낮았고 타피오카 전분, 옥수수 전분, 찰옥수수 전분은 67°C로 비슷하였으며 호화엔탈피는 옥수수 전분<타피오카 전분<찰옥수수 전분<감자 전분 순으로 증가하였다.

**호화과정 중 전분의 빛 투과도**

호화과정 중 시료 전분의 빛 투과도는 Fig. 5와 같다. 옥수수 전분의 경우 70°C 부근에서 빛 투과도가 증가하였으며 하이드록시프로필화시킨 전분에서는 투과도의 증가 시작온도가 낮아졌다. 즉 DS 0.095에서는 55°C, DS 0.147에서는 45°C로 치환도가 증가할수록 호화온도가 낮아졌는데 이는 하이드록시프로필화 반응을 통하여 옥수수 전분의 호화온도를 감자 전분 등 기타 천연 전분 보다도 낮출 수 있음을 뒷받침해 주었다.

천연 전분은 감자 전분이 65°C 부근, 타피오카 전분과 찰옥수수 전분이 70°C 부근에서 투과도가 증가하였으며 호화온도 부근에서 투과도가 증가됨을 알 수 있었다.

**전분의 노화**

전분의 노화특성을 알아보기 위하여 전분 현탁액을 1차 가열하여 완전 호화시킨 후 7일간 4°C에 방치한 후 재가열하여 DSC thermogram을 얻었다(Fig. 6 및 Table 3).

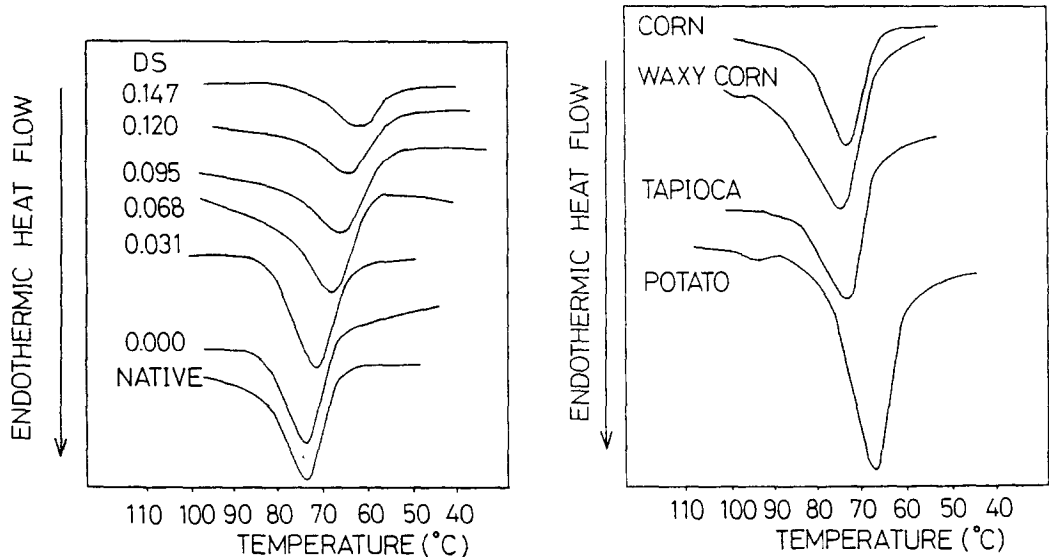
현 등<sup>(10)</sup>은 호화전분 현탁액을 4°C에 방치한 후 재가열시켰을 경우 1차 가열시의 호화 peak보다 낮은 온도에서 흡열 peak가 관찰되었고 저장기간이 길어짐에 따라 peak 면적이 커짐을 확인하였다. 이는 호화된 전분입자가 수소결합을 통하여 결정형으로 되돌아가기 때문인 것으로 해석하였고 peak 면적으로부터 전분의 상대적 노화도를 비교하였다.

옥수수 전분의 경우 T<sub>0</sub>가 1차 호화시켰을 때 67°C임에 비하여(Table 2) 4°C에서 7일간 방치시켰을 때 T<sub>0</sub>가 43°C로(Table 3) 20°C 이상 낮았다. 이는 그 기간 동안에 전분 분자간에 약한 수소결합이 형성되어 노화가 일어났음을 시사하고 있다.

옥수수 전분을 하이드록시프로필화 시켰을 때에는 하이드록시프로필화에 의하여 전분의 노화가 현저히 감소되었으며 치환도가 증가함에 따라 endothermic peak 면적이 작아지고 peak의 온도범위도 감소하였다. DS

**Table 1. Brabender visco/amylogram characteristics of hydroxypropylated corn starch and other starches in the concentration of 5%(w/w)**

Type of starch	Pasting temperature (°C)	Peak visco. temperature (°C)	Viscosity (BU)			Break-down (BU) (P-H)	Set-back (BU) (C-P)	Consistency (BU) (C-H)	
			Peak (P)	95°C	after 15 min (H)				50°C (C)
Corn Native	83.0	94.0	121	117	96	197	25	76	101
DS 0.031	68.5	81.0	161	123	124	315	35	154	191
DS 0.068	63.5	73.5	198	131	132	367	66	169	235
DS 0.095	59.5	68.5	227	134	138	358	89	131	220
DS 0.120	57.0	65.0	240	133	142	325	98	85	183
DS 0.147	54.5	62.5	252	135	148	315	104	63	167
Potato	65.0	80.5	1085	815	340	538	745	-547	235
Tapioca	67.0	81.0	290	204	153	222	137	-68	69
Waxy corn	69.2	75.0	434	182	131	168	303	-264	37



**Fig. 4. DSC thermograms of hydroxypropylated corn starches and various starches at heating rate 10°C/min with water/starch ratio of 3/1**

0.120 이상에서는 ΔH가 0.09로 peak가 매우 작았고 DS 0.147에서는 4°C에서 7일간 방치하여도 거의 노화가 일어나지 않아(Fig. 6, Table 3) 아밀로펙틴만으로 구성된 찹옥수수 전분 보다도 노화가 지연됨을 보여주었다. 이런 현상은 치환된 하이드록시프로필기가 수소결합에 의한 전분 사슬의 재결합의 형성을 방해하기 때문으로 생각된다.

El-Hinnawy<sup>(14)</sup>은 옥수수 전분을 DS 0.18까지 하이드록시프로필화시켜 호화시킨 후 노화도를 비교해 본 결과 22%에서 6%로 감소하였다고 보고하였다.

천연 전분의 경우는 DSC로 2차 가열하였을 때 감자 전분>옥수수 전분>타피오카 전분>찰옥수수 전분 순으로 peak의 크기가 감소하였는데(Fig. 6) 아밀로펙틴만으로 구성된 찹옥수수 전분은 노화가 적게 일어났으며 감자

전분과 옥수수 전분은 노화가 잘 일어남을 보여주었다.

**전분 호화액의 빛 투과도**

시료 전분의 호화액의 빛 투과도를 알아보기 위하여 전분 농도를 0.5~2.5% 되도록 하여 완전 호화시킨 후 냉각하여 625 nm에서 빛 투과도를 측정한 결과는 Fig. 7과 같다. 옥수수 전분의 하이드록시프로필화에 의하여 치환도가 증가할수록 빛 투과도가 증가하여 DS 0.147에서는 전분농도 2.0%에서 빛 투과도 50%로 옥수수 전분의 17%에 비하여 현저하게 증가하였으며 찹옥수수 전분의 55%, 타피오카 전분의 62%에 많이 접근하였다.

호화액의 빛 투과도는 전분의 종류에 따라 다르며 호화액의 분산상태와 노화 경향에 직접적인 관련이 있는 것으로서<sup>(18)</sup> Wurzburg<sup>(19)</sup>는 옥수수 전분, 밀 전분, 쌀

**Table 2. Gelatinization characteristics of hydroxypropylated corn starch and other starches from DSC thermograms**

Type of starch	T <sub>o</sub> (C)	T <sub>b</sub> (C)	T <sub>c</sub> (C)	ΔT <sub>b</sub> (C)	-ΔH (cal/g)
Corn Native	67.0	72.5	82.5	15.5	3.54
DS 0.000 <sup>a)</sup>	67.5	73.5	83.0	15.5	3.50
DS 0.031	64.0	71.0	82.5	18.5	3.48
DS 0.068	59.0	67.5	77.0	18.0	3.06
DS 0.095	55.0	64.5	75.0	20.0	1.92
DS 0.120	53.5	62.0	72.5	19.0	1.88
DS 0.147	52.5	60.0	72.5	20.0	1.58
Potato	62.0	67.5	79.5	17.5	7.7
Tapioca	67.0	72.5	84.5	17.5	4.54
Waxy corn	67.0	73.0	87.0	20.0	5.72

<sup>a)</sup>Corn starch subjected to derivatization procedure with no added propylene oxide

<sup>b)</sup>ΔT = T<sub>c</sub> - T<sub>o</sub>

전분 같이 아밀로오스의 함량이 상대적으로 많은 전분은 호화액이 탁한 반면 감자 전분, 타피오카 전분 등은 호화액이 맑은데 그 이유는 감자 전분과 타피오카 전분은 아밀로오스 함량이 상대적으로 낮고 아밀로오스 분자량이 커서 노화가 늦기 때문이라 하였다. 특히 감자 전분은 phosphate ester group이 존재하기 때문에 전하를 띠어 수화가 잘되고 분자 재결합이 억제되기 때문에 호화액이 매우 투명하다고 설명하였다.

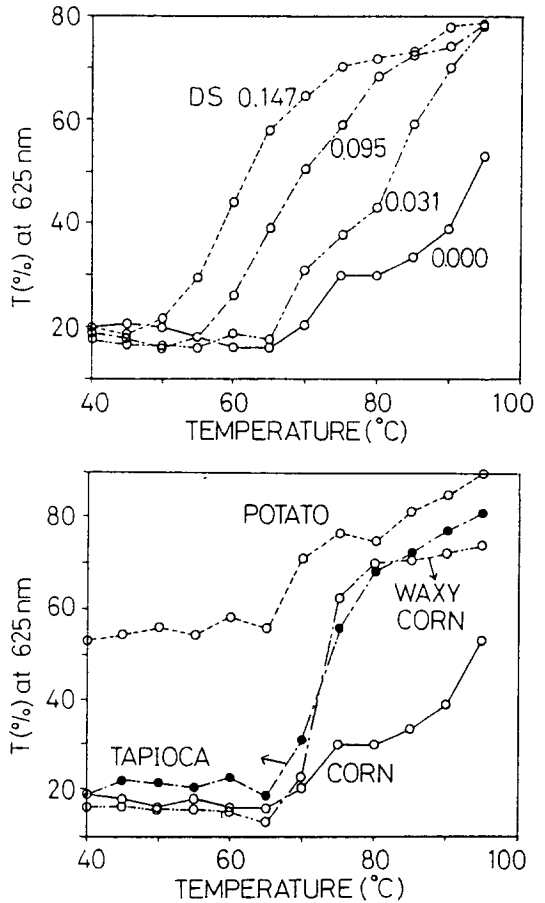
옥수수 전분을 하이드록시프로필화 시켰을 때 빛 투과도가 높아지는 이유는 하이드록시프로필화에 의하여 분자가 팽윤이 되고 하이드록시프로필기에 의한 steric hindrance 때문에 분자간 재결합이 억제되어 노화가 방지되기 때문으로 생각된다. 이는 하이드록시프로필화 시킨 전분의 노화가 억제되었다는 DSC 측정결과와 잘 일치하고 있다. Tuschhoff<sup>(2)</sup> 역시 하이드록시프로필화에 의하여 전분의 빛 투과도가 증가하는 것은 반응을 통해 생긴 하이드록시프로필기에 의하여 호화액의 전분 사슬의 재배열이 방해받기 때문으로 설명하였다.

천연 전분의 경우는 감자 전분의 빛 투과도가 가장 높았으며 타피오카 전분, 찹옥수수 전분, 옥수수 전분 순으로 감소하였다(Fig. 7).

**전분 gel 조직 특성**

각 전분을 25%(w/w) 농도로 만들어 85°C에서 30분 가열하고 4°C에서 24시간 방치하여 gel을 만든 후 gel의 texture profile을 측정하였다(Fig. 8). 옥수수 전분을 하이드록시프로필화 시켰을 때 옥수수 전분이나 감자 전분과는 달리 gel breaking 현상이 나타나지 않다가 저장기간이 지나면서 나타나기 시작하여(Table 4) 타피오카 전분이나 찹옥수수 전분의 texture profile과 비슷한 경향을 보였다.

Table 4에는 저장 중 gel의 texture 특성변화를 종합



**Fig. 5. Changes of light transparency of hydroxypropylated corn starches and various starches**

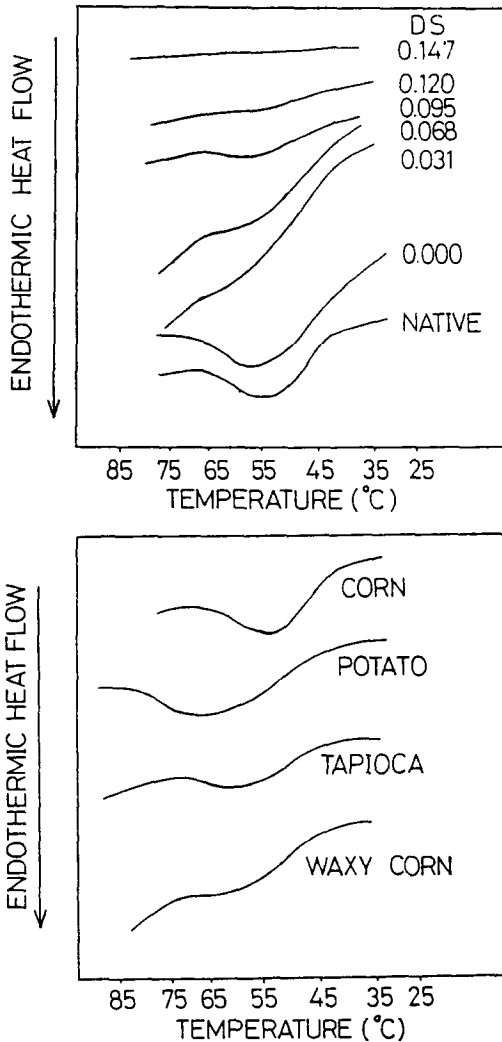
하여 기록하였다. 옥수수 전분의 경우 저장기간 중 겔 강도가 증가하여 저장 중 조직이 단단해 짐을 알 수 있다. 하이드록시프로필화 시켰을 때에는 치환도가 증가함에 따라 gel strength는 감소하였으며 저장 중 증가되는 속도는 현저히 감소하였다.

천연 전분의 경우는 감자 전분이 가장 높았으며 옥수수 전분, 타피오카 전분, 찹옥수수 전분 순으로 감소하였다.

옥수수 전분은 저장기간 중 gel의 compression slope가 증가하였으며 하이드록시프로필화 시킴에 따라 compression slope는 감소하였다.

천연 전분의 경우 감자 전분이 가장 큰 값을 나타냈으며 옥수수 전분, 타피오카 전분, 찹옥수수 전분 순이었으며 저장기간이 지남에 따라 각 전분 gel의 compression slope는 증가하였다.

옥수수 전분은 저장 중 gel breakdown이 증가하였으나 하이드록시프로필화 시켰을 때 gel이 완전히 굳지않은 초기에는 나타나지 않다가 저장기간이 지나면서 나타났는데 DS 0.068은 저장기간 12일이 되어서야 나타났으며



**Fig. 6.** DSC thermograms of starches on reheating after storage at 4°C for 7 days (Heating rate=10°C/min, w/s=1.5/1.0)  
 A: hydroxypropylated corn starch; B: untreated starches

DS 0.095 이상에서는 저장기간 12일까지도 나타나지 않았다.

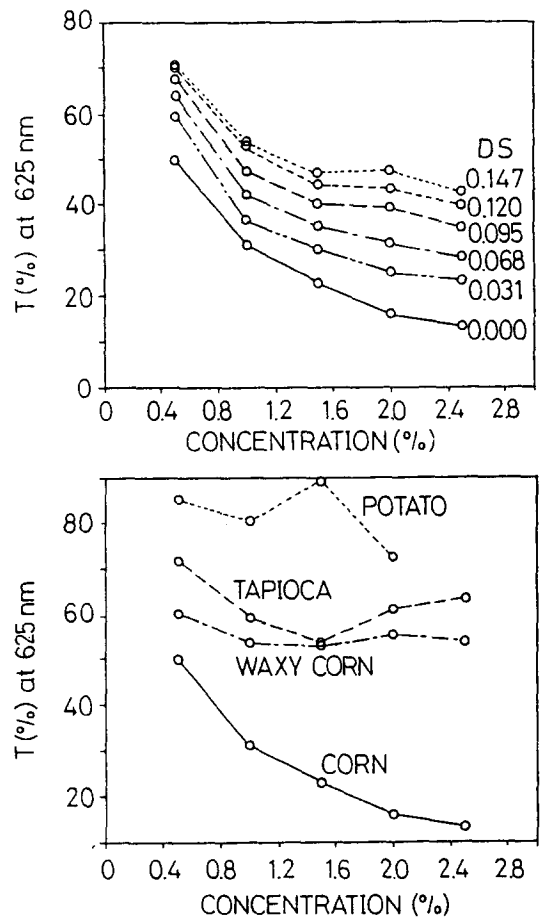
천연 전분은 감자 전분의 gel breakdown이 가장 컸으며 타피오카 전분과 찹옥수수 전분은 초기에는 전혀 나타나지 않다가 저장기간이 3일 지난 후에 나타나 이후 증가하였다.

천연 전분 중 감자 전분과 옥수수 전분의 gel은 단단하고 탄력성이 적은 것으로 나타났으며 타피오카 전분과 찹옥수수 전분은 gel의 조직이 연하고 탄력성이 있었다.

이상의 결과로 보아 옥수수 전분이 하이드록시프로필

**Table 3.** Thermal properties of hydroxypropylated corn starch and other starches on reheating by DSC after storage at 4°C for 7 days (Heating rate=10°C/min, w/s=1.5/1.0)

Type of starch	T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔT (°C)	-ΔH (cal/g)
Corn Native	43.0	55.0	67.5	24.5	1.51
DS 0.000	40.0	56.0	71.5	31.5	1.54
DS 0.031	42.5	57.0	68.5	26.0	0.67
DS 0.068	43.0	58.0	68.0	25.0	0.53
DS 0.095	46.5	58.0	67.0	20.5	0.28
DS 0.120	46.0	58.5	66.5	20.5	0.09
DS 0.147	-	-	-	-	0.00
Potato	46.5	64.0	78.5	32.0	2.02
Tapioca	44.0	59.0	71.5	27.5	1.10
Waxy corn	46.0	58.0	69.5	23.5	0.86

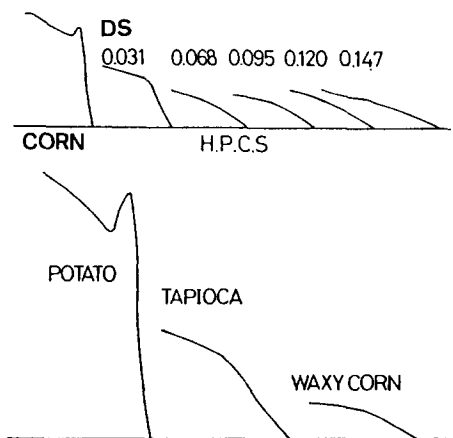


**Fig. 7.** Light transparency of pastes of hydroxypropylated corn starches and various starches

화되면 gel의 강도가 낮아지고 gel이 천천히 굳어 하이 드록시프로필기에 의하여 노화가 억제됨을 뒷받침 해주고 있다. 또한 하이드록시프로필화 반응으로 생긴 하이

**Table 4. Changes of gel properties of hydroxypropylated corn starches and various starches during storage at 4°C**

Type of starch	Gel strength (g/cm <sup>2</sup> )			Compression slope (g/cm <sup>3</sup> )			Breakdown (g/cm <sup>2</sup> )			
	1 day	3 day	12 day	1 day	3 day	12 day	1 day	3 day	12 day	
Corn	Native	1019.9	1727.5	2619.8	1397.0	2559.2	4678.4	87.9	203.7	283.2
	DS 0.031	498.9	704.9	1233.0	369.5	776.2	2209.8	0.0	11.1	159.4
	DS 0.068	248.3	309.4	705.9	124.3	214.9	973.8	0.0	0.0	13.8
	DS 0.095	297.9	280.5	468.0	98.3	114.1	387.6	0.0	0.0	0.0
	DS 0.120	334.5	322.4	359.6	88.1	98.3	193.5	0.0	0.0	0.0
	DS 0.147	293.3	293.9	325.9	73.3	77.4	117.4	0.0	0.0	0.0
Potato	2604.5	3714.3	4448.7	2617.8	3641.5	4856.7	459.4	657.0	681.6	
Tapioca	884.6	1111.3	2014.1	247.0	769.0	2674.8	0.0	4.2	216.3	
Waxy corn	301.5	915.7	2172.3	89.1	1271.0	3700.0	0.0	20.0	235.3	



**Fig. 8. Texture profiles of hydroxypropylated corn starch(HPCS) and other starch gels after storage at 4°C for 1 day (25%w/w concentration)**

드록시프로필기는 전분내 분자 결합력을 약화시켜 전분의 겔 강도가 떨어지고 겔 조직이 연해진 것으로 생각된다.

따라서 옥수수 전분을 하이드록시프로필화 시키면 전분 분자내의 결합력이 약해지고 호화온도의 강하, 전분의 투명도 증가, 노화속도의 지연, 겔 강도의 저하 등 전분의 물성을 개선할 수가 있어 하이드록시프로필화 반응을 이용하여 옥수수 전분의 물성을 적절히 개선시키면 다른 천연 전분들을 대체할 수 있는 가능성을 보여주었다.

**요 약**

옥수수 전분을 propylene oxide와 반응시켜 하이드록시프로필화 옥수수 전분을 제조한 후 물리화학적 특성을 조사하였다. DSC, Amylograph 등을 이용하여 호화특성을 조사한 결과 치환기가 증가할수록 호화온도가 낮아져 치환도가 DS 0.068 이상에서는 호화개시온도가 59°C로

감자 전분의 호화온도인 62°C 보다도 낮았으며 DS 0.120~0.147에서는 53°C까지 떨어졌다. 호화시킨 전분을 4°C에 저장하면서 노화속도를 측정된 결과 DS 0.120 이상에서는 4°C에서 7일간 방치하여도 거의 노화가 일어나지 않아 하이드록시프로필화에 의하여 크게 억제되었다. 또한 하이드록시프로필화 시킨 옥수수 전분은 빛 투과도 증가 시작온도가 낮아졌으며 빛 투과도는 현저히 증가되었다. 옥수수 전분을 하이드록시프로필화 시켰을 때 gel 형성시간은 늦어졌으며 gel 조직이 연해지고 겔 강도도 떨어졌다.

**문 헌**

1. Flesche, G.: Chemical modification and degradation of starch. In *Starch Conversion Technology*, Van Beynum, G.M.A. and Roels, J.A.(ed), Marcel Dekker, Inc., New York, p.94(1985)
2. Tuschhoff, J.V.: Hydroxypropylated starches. In *Modified Starches: Properties and Uses*, Wurzburg, O.B.(ed), CRC Press, Florida, p.94(1987)
3. Wootton, M. and Manatsathit, A.: The influence of molar substitution on the gelatinization of hydroxypropyl maize starches. *Stärke*, **36**, 207(1984)
4. Butler, L.E., Christianson, D.D., Scheerens, J.C. and Berry, J.W.: Buffalo gourd root starch (Part IV. Properties of hydroxypropyl derivatives). *Stärke*, **35**, 193 (1986)
5. 육철, 백운화, 박관화: 하이드록시프로필화 옥수수 전분의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **23**, 175 (1991)
6. Wootton, M. and Manatsathit, A.: The influence of molar substitution on the water binding capacity of hydroxypropyl maize starches. *Stärke*, **35**, 92(1983)
7. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558(1965)
8. Bhattacharya, K.A. and Sowbhagya, C.M.: Pasting behavior of rice: A new method of viscosography. *J. Food Sci.*, **44**, 797(1979)
9. Merca, F.E. and Juliano, B.O.: Physicochemical proper-

- ties of starch of intermediate-amylose and waxy rices differing in grain quality. *Stärke*, **33**, 253(1981)
10. 현창기, 박관화, 김영배, 윤인화 : 쌀전분의 Differential scanning calorimetry. 한국식품과학회지, **20**, 331(1988)
  11. Wootton, M. and Bamunuarachchi, A.: Application of differential scanning calorimetry starch gelatinization. *Stärke*, **31**, 201(1979)
  12. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**, 661(1978)
  13. Ojima, T. and Ozawa, T.: Effect of other starches on the gel strength of potato starch. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **32**, 45(1985)
  14. Ojima, T.: Effect of food fat oil on starch gel strength. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, **33**, 177(1986)
  15. El-Hinnawy, S.I., El-Saied, H.M., Fahmy, A., El-Shirbeeny, A.E. and El-Sahy, K.M.: Viscosity and gelatinization characteristics of hydroxyethyl starch. *Stärke*, **34**, 112(1982)
  16. Hoover, R. and Sosulski, F.: A comparative study of the effect of acetylation on starches of *Phaseolus vulgaris* biotypes. *Stärke*, **37**, 397(1985)
  17. Biliaderis, C.G., Maurice, T.J. and Vose, J.R.: Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, **45**, 1669(1980)
  18. Swinkels, J.J.M.: Sources of starch, its chemistry and physics. In *Starch Conversion Technology*, Van Beynum, G.M.A and Roels, J.A.(ed), Marcel Dekker, Inc., New York, p.40(1985)
  19. Wurzburg, O.B.: Introduction. In *Modified Starches: Properties and Uses*, Wurzburg, O.B.(ed), CRC Press, Florida, p.12(1987)

---

(1991년 2월 21일 접수)