

## Hydroxypropyl화 밤 전분의 이화학적 특성

박영애 · 김준한 · 황태영 · 문광덕  
경북대학교 식품공학과

### Physicochemical Properties of Hydroxypropylated Chestnut Starch

Young-Ae Park, Jun-Han Kim, Tae-Young Hwang and Kwang-Deog Moon  
Department of Food Science and technology, Kyungpook National University

#### Abstract

Physicochemical properties of the native chestnut starch(NCS) and hydroxypropylated chestnut starch(HCS) with propylene oxide were investigated. The water binding capacity and blue value of chestnut starch were increased by hydroxypropylation. With increasing temperature, the swelling power and solubility were increased and those of HCS were higher. The light transmittance of HCS was higher than it of NCS. Endotherm characteristics were studied with DSC showed that temperatures of initial gelatinization of NCS and HCS were 64.44°C and 62.80°C, respectively. The temperature of initial gelatinization and enthalpies gelatinization in chestnut starch were decreased by hydroxypropylation. And the viscosity of HCS was higher than that of NCS.

Key words: hydroxypropylated chestnut starch, propylene oxide, physicochemical properties

#### 서 론

우리 나라는 예로부터 밤나무를 많이 재배해 왔고 1970년대부터 산지의 효율적 이용을 위해 정부에서 적극적으로 장려함에 따라 재배면적이 매년 급격히 증가하였다. 현재는 다소 감소추세에 있으나 생산량은 10만 톤 내외에 달하여 전국 생산량은 국내 수요를 충족하고도 남아 매년 3만 톤 가량을 일본에 수출하고 있다. 국내에서의 밤의 소비형태는 제수용 생밤, 군밤, 삶은 밤, 밤 통조림, 감로자 등 매우 한정되어 있어 새로운 밤 가공품을 개발하여 밤의 수요를 증가시킬 필요가 있다<sup>(1)</sup>.

최근 들어 제빵시 밤 과육을 첨가하여 밤을 이용하는 가공형태가 선보이고 있으나 밤 가루나 밤 전분을 이용한 가공형태는 거의 없는 실정이다. 밤은 단가가 높아 옥수수, 고구마, 감자 등 전분질의 주원료가 되는 작물에 비해 전분 원료로 이용하기에 어려운 점이 많으나 밤 전분을 이용해 질이 높은 밤 가공품을 개발할 수 있으리라 기대한다.

밤 전분에 관한 연구는 박 등<sup>(2)</sup>의 밤 전분의 이화학

적 특성, 김 등<sup>(3)</sup>의 밤 전분의 물리화학적 특성과 텍스처 특성, 박 등<sup>(4)</sup>의 수분-열처리에 의한 밤 전분의 물리화학적 성질의 변화 등 정도밖에 없는 실정이어서 밤 전분에 관한 기초 자료를 얻고자 본 연구를 실행하였다. 전분을 식품에 이용하고자 할 때 천연 전분을 물리적, 화학적인 방법으로 변성시키면 팽윤, 호화, 겔화, 점도, 광투과도, 물결합 능력 등 전분의 특성들이 변화하므로 식품으로의 이용 적성이 향상된다. 특히 식품에 많이 이용되는 hydroxypropyl화 전분은 천연 전분에 비해 호화온도가 낮고 노화속도가 늦어 여러 장점을 부여한다고 할 수 있다. 따라서 밤에서 추출한 천연 전분과 propylene oxide를 가하여 변성시킨 hydroxypropyl화 전분의 이화학적 특성을 비교, 분석하여 밤 전분의 식품이용 가능성을 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에 사용한 밤은 1997년 경남 합천군에서 구입한 만생종 은기(*Castanea bungena*) 품종으로 사용하였다.

##### 천연 밤 전분 제조

천연 밤 전분은 김 등<sup>(3)</sup>의 방법을 이용하여 분리하

Corresponding author: Kwang-Deog Moon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

였다. 1 kg의 밤을 잘게 썰어 시료 무게의 2~3배 물을 가하여 Waring blender로 마쇄하여 100 mesh의 표준망체에 통과시켜 여과한 후 3°C 냉장고에 12시간 방치하여 전분을 침전시켰다. 상징액이 맑아질 때까지 증류수로 씻는 조작을 반복하여 전분을 정제한 후 상징액을 버리고 남은 침전물은 2일 동안 35°C에서 열풍 건조한 후 100 mesh의 표준망체에 통과시켜 전분 시료로 하였다. 시료 전분의 일반 성분은 수분 8.87%, 조단백질 3.12%(N×5.28), 조지방 1.51%, 조회분 0.26%이었다.

#### Hydroxypropyl 화 밤 전분 제조

Hydroxypropyl 화 밤 전분은 Wootton 및 Manatsathit의 방법<sup>(5)</sup>을 이용하여 제조하였다. 알칼리 침지법으로 제조한 밤 전분을 증류수를 가해 35% slurry로 현탁시켜 플라스틱 통에 넣고 알칼리에 의해 전분이 팽윤, 호화되는 것을 막기 위해 water bath상에서 40°C로 유지시키면서 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30 g를 천천히 용해시켰다. 알칼리에 의해 반응이 촉진되므로 1N NaOH를 이용하여 전분 현탁액의 pH를 11.5로 맞추고, propylene oxide를 전분에 대하여 6% 첨가하고 마개를 닫아 밀폐시킨 후 40°C의 shaking water bath상(1,000×g)에서 40시간 반응시켰다(propylene oxide는 휘발하기 쉬우므로 실험 중 어느 정도의 양이 휘발하여 실험상의 오차가 있을 가능성을 감안하였다). 그 후 1N HCl로 pH를 5.0으로 조절하여 증류수를 가하여 냉장고에 하룻밤 방치한 후 여액을 버리고 이러한 과정을 중성이 될 때까지 반복하여 전분을 세척하였다. 남은 침전물은 위와 같은 방법으로 열풍 건조하여 hydroxypropyl 화 밤 전분 시료로 하였다. 시료 전분의 일반 성분은 수분 11.4%, 조단백질 0.37%(N×5.28), 조지방 0.22%, 조회분 0.85%이었다.

#### 색도

색차계(Chromameter, Minolta Co., Japan, Model CR-200)를 이용하여 밤 전분의 백색도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b) 및 ΔE값을 3회 반복 측정하여 나타내었고 이 때 사용한 표준판의 색도는 L = 97.79, a = -0.38, b = +2.05이었다.

#### 물결합 능력

물결합 능력(Water binding capacity)은 Medcalf와 Gilles의 방법<sup>(6)</sup>에 따라 실시하였다. 시료 1 g(건량기준)을 정확히 칭량하여 물 20 mL를 넣고 상온에서 1시간 동안 저어준 후 2,000×g의 속도로 15분간 원심분리하

여 45° 기울여서 1분간 방치하여 상징액을 제거하고 증가된 수분함량과 건조시료의 중량비로서 물결합능력을 구하였다.

$$\text{물결합능력(\%)} = \frac{\text{증가된 수분함량}}{\text{건조시료의 무게}} \times 100$$

#### 청가 및 amylose 함량

Gilbert와 Spragy의 방법<sup>(7)</sup>으로 48시간 탈지시킨 전분 시료 200 mg에 100 mL 증류수를 가하고 90°C에서 45분간 호화시킨 뒤 용액 1 mL를 50 mL 정용 플라스크에 취하여 1N NaOH 용액 0.5 mL를 가한 다음 끓는 수조에서 3분 동안 가열한 후 방냉하였다. 여기에 1N HCl 0.5 mL를 가하고 potassium hydrogen tartarate 0.09 g를 넣은 뒤 증류수를 가해 총량이 약 45 mL가 되도록 희석한 후 요오드 용액(0.2% I<sub>2</sub>+2% KI) 0.5 mL를 가하고 정용 플라스크의 지시선까지 증류수로 채워 20분간 발색시킨 뒤 680 nm에서 흡광도를 측정하여 청가(Blue value)를 구하였다. 순수한 amylose와 amylopectin의 청가는 각각 0.983, 0.196이었다.

$$\text{청가} = \frac{\text{흡광도} \times 4}{\text{전분용액농도(mg/100 mL)}}$$

amylose 함량은 Takeda 등의 방법<sup>(8)</sup>에 의해 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$\% \text{Amylose} = \frac{\text{전분의 청가} - \text{아밀로펙틴의 청가}}{\text{아밀로오스의 청가} - \text{아밀로펙틴의 청가}} \times 100$$

#### 팽화력 및 용해도

팽화력(Swelling power)은 Schoch의 방법<sup>(9)</sup>을 수정하여 측정하였다. 시료 0.25 g(건량기준)을 50 mL의 원심분리관에 취하여 여기에 증류수 20 mL를 가하여 잘 분산시킨 후 일정 온도(50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90°C)의 water bath 상에서 30분간 가열하면서 잘 저어준 후 2,000×g에서 20분간 원심분리 하였다. 상징액을 제거한 후 침전된 시료의 무게와 건조시료의 무게의 비로서 팽화력을 구하였다.

$$\text{팽화력} = \frac{\text{침전된 시료무게}}{\text{건조시료의 무게}}$$

용해도(Solubility)는 팽화력 측정을 하기 위해 제거한 상징액 중 일부를 취하여 phenol-sulfuric acid법<sup>(10)</sup>으

로 총당량을 측정하여 구하였다.

호화액의 투명도

0.2% 농도의 전분 현탁액을 50~95°C까지 5°C 간격으로 30분 가열하여 호화시킨 다음 찬물에 담가 실온으로 냉각시켰다. 호화액을 Spectrophotometer를 사용하여 625 nm에서 광투과도(Light transmittance)를 측정<sup>(4)</sup> 하였다.

호화특성

전분의 호화 중 열역학적 특성을 시차주사열량계(DSC, Rometric, U. K)를 이용하여 측정하였다. 물과 전분을 2:1의 비율로 섞어 3시간 방치한 후 25°C에서 95°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였다. 얻어진 흡열 곡선으로부터 호화 초기온도( $T_0$ )와 호화 최대온도( $T_c$ ), 호화 엔탈피( $\Delta H$ )를 구하였다<sup>(11)</sup>.

Amylogram

Visco-amylograph(Brabender viscograph-E, 독일 Brabender사)를 사용하여 6% 전분 현탁액을 50~95°C까지 1.5°C/min 속도로 상승시키면서 측정<sup>(12)</sup>하였다.

X-선 회절도

X-선 회절기(X-ray Diffractometer, PHILIPS, Netherland)를 이용하여 Target : Cu, Voltage : 30 KV, Current : 20 mA, Full scale range : 2000 cps, Scanning speed : 8/min의 조건으로 회절 각도 2 $\theta$ : 0~45°까지 회절시켜 분석하였다.

결과 및 고찰

색도

hydroxypropyl 화 밤 전분(hydroxypropylated chestnut starch, HCS)의 색도를 천연 밤 전분(native chestnut starch, NCS)과 비교한 결과는 Table 1에서와 같이 HCS의 명도, 적색도, 황색도 모두 약간씩 감소하였으나 큰 차이는 보이지 않았다. 정 등<sup>(11)</sup>에 의하면 전분에 염소

Table 1. Color of native and hydroxypropylated chestnut starches

Samples	L	a	b	$\Delta E$
NCS <sup>1)</sup>	95.71 <sup>3)</sup>	-0.23	+4.13	95.80
HCS <sup>2)</sup>	95.44	-0.28	+3.74	95.51

<sup>1)</sup>NCS : native chestnut starch, <sup>2)</sup>HCS : hydroxypropylated chestnut starch, <sup>3)</sup>Values are means of 3 replications.

처리를 한 산화 전분은 백색도가 향상된다고 보고하였으며 산화를 이용하여 전분을 변성시키면 색이 더욱 깨끗한 전분을 얻을 수 있으리라 생각된다.

물결합 능력

물결합 능력(Water binding capacity)은 NCS가 233.8%, HCS는 244.5%로 NCS에 비해 높게 나타났다. 이처럼 물결합 능력이 증가하는 이유는 전분 입자가 친수성을 띄는 hydroxypropyl기로 치환되었기 때문인 것으로 생각되며 치환도가 높을수록 그 증가율은 더욱 클 것으로 생각된다. 이 결과는 옥수수 전분을 hydroxypropylation시켰을 때 물결합 능력이 증가하였다는 옥 등<sup>(12)</sup>의 보고와 일치하였다. 다른 천연 전분 중에서는 감자 전분의 물결합 능력이 가장 높게 나타났고 그 다음으로 찹옥수수 전분, 타피오카 전분, 옥수수 전분의 순으로 나타났다는 보고<sup>(12)</sup>가 있다.

청가 및 amylose 함량

청가를 측정하여 amylose 함량을 측정한 결과 NCS의 amylose 함량은 42.44%이었고 HCS는 34.70%이었다. 즉 hydroxypropylation에 의해 amylose 함량이 약간 감소한 것으로 나타났는데 이는 전분 입자가 hydroxypropyl기로 치환되어 전분의 구조가 변형되어 요오드와의 친화력이 떨어진 것으로 생각되며 옥 등<sup>(12)</sup>의 hydroxypropyl화 옥수수 전분의 실험과 비슷한 결과가 나타났다.

청가는 요오드와의 친화력을 나타내는 것으로 청가

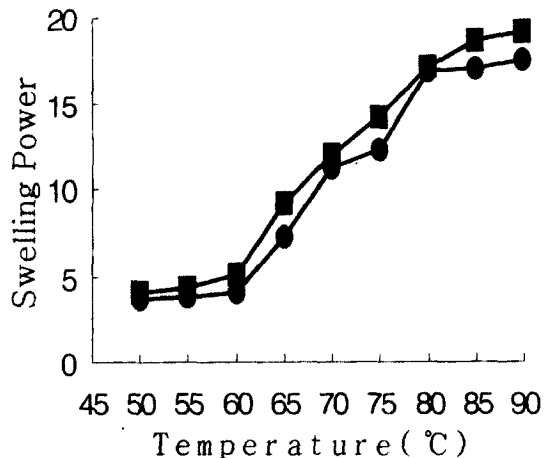


Fig. 1. Swelling power of native and hydroxypropylated chestnut starches. ●-● : native chestnut starch(NCS), ■-■ : hydroxy-propylated chestnut starch(HCS).

가 높다는 것은 요오드와의 친화력이 높은 amylose의 함량이 많다는 것을 의미한다. 천연 전분 중에서는 감자 전분의 첨가가 가장 높은 것으로 보고되어 있는데<sup>(12)</sup> 이는 amylose 함량이 높다가 보다는 다른 전분에 비해 지방 함량이 적어, amylose와 지방이 복합체를 형성하여 요오드와의 친화력을 떨어뜨리는 결과를 줄일 수 있기 때문인 것으로 보인다.

#### 팽화력 및 용해도

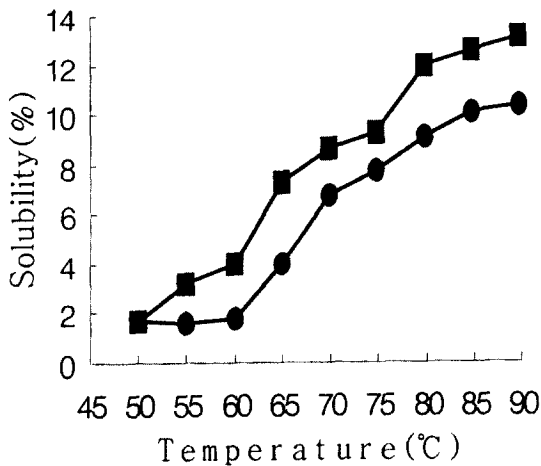


Fig. 2. Solubility of native and hydroxypropylated chestnut starches.

●-● : native chestnut starch(NCS), ■-■ : hydroxy-propylated chestnut starch(HCS).

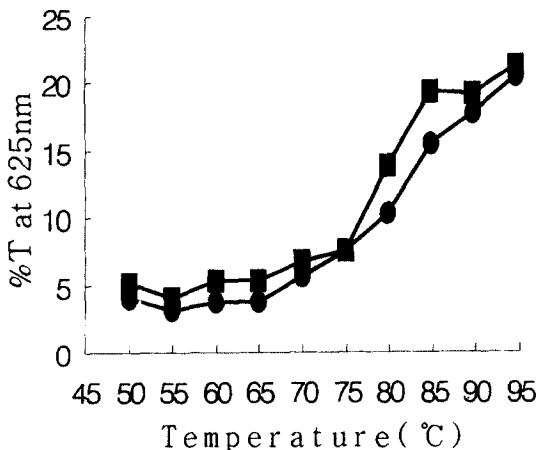


Fig. 3. Light transmittance of 0.2% chestnut starch suspensions at 625 nm.

●-● : native chestnut starch(NCS), ■-■ : hydroxy-propylated chestnut starch(HCS).

온도 구간별로 밤 전분의 팽화력을 측정된 결과 Fig. 1에서와 같이 두 시료 모두 60°C부터 팽화가 일어나기 시작하여 80°C까지 급격하게 증가하였고 그 이후에는 증가율이 완만해지는 양상을 보였다. 이는 김등<sup>(3)</sup>의 보고와 일치하는 결과를 나타내었다. NCS에 비해 HCS의 팽화력이 약간 높게 나타났는데 이는 친수성인 hydroxypropyl기가 전분 입자에 치환되어 전분 분자들간의 단단한 수소결합이 저해를 받아 결합력이 약해져 물분자들이 쉽게 침투하여 전분이 많이 팽창하였기 때문인 것으로 보인다.

용해도 역시 Fig. 2에서와 같이 온도가 증가함에 따라 증가하였고 HCS가 NCS에 비해 용해도가 높았다. 용해도의 변화 양상은 팽화력과 비슷하게 나타났으며 옥등<sup>(13)</sup>은 옥수수 전분을 hydroxypropylation 시킬 때 치환도가 증가함에 따라 팽화력과 용해도가 증가한다고 보고하였으며 밤 전분의 경우도 치환도를 증가시키면 팽화력과 용해도가 증가할 것으로 기대되나 그 양상은 차이가 날 것으로 생각된다. 천연 전분 중에서는 감자의 팽윤력과 용해도가 다른 전분들보다 크고 옥수수는 작은 것으로 보고되고 있으며<sup>(12)</sup> 일반적으로 팽화력은 전분 입자내의 미셀구조의 결정성과 밀접한 관련이 있고 amylose와 amylopectin의 함량, 전분의 열처리 방법, 전분의 이화학적 변성 등에 영향을 받는다고 할 수 있다.

#### 호화액의 투명도

0.2%의 밤 전분 현탁액을 온도별로 가열하면서 광투과도를 측정된 결과 대체적으로 온도가 증가함에 따라 광투과도가 증가하나 NCS는 65°C부터 급격하게 증가하였고 HCS는 75°C부터 증가폭이 크게 나타났었다 (Fig. 3). HCS의 광투과도가 NCS에 비해 높게 나타난 결과는 앞에서 언급한 바와 마찬가지로 치환된 hydroxypropyl기에 의해 전분 입자가 수화되어 투명도가 증가한 결과라고 할 수 있다.

#### 호화특성

시차주사열량계(DSC)를 이용하여 측정된 밤 전분의 열역학적 특성은 Table 3과 Fig. 4에 나타낸 바와 같다.

Tabl 2. Physicochemical properties of native and hydroxypropylated chestnut starches

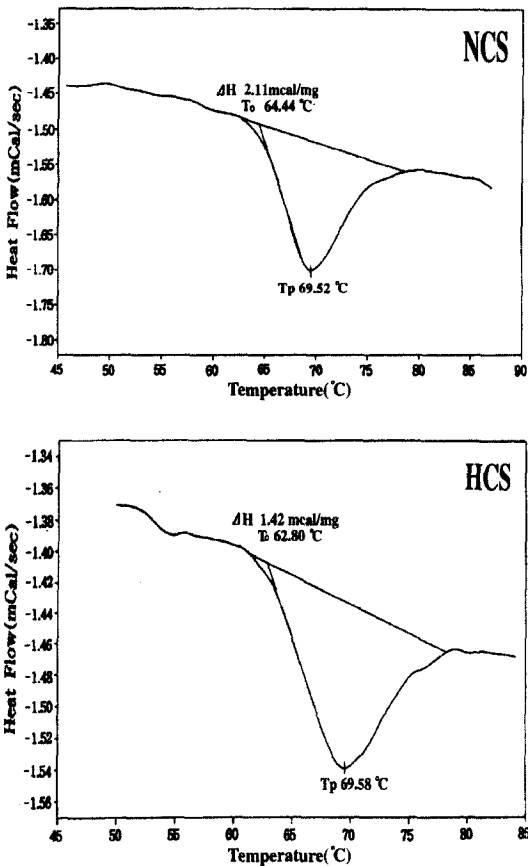
Physicochemical properties	NCS <sup>1)</sup>	HCS <sup>2)</sup>
Water binding capacity(%)	233.80 <sup>3)</sup>	244.50
Blue value	0.53	0.47
Amylose contents(%)	42.44	34.70

<sup>1)</sup>NCS : native chestnut starch, <sup>2)</sup>HCS : hydroxypropylated chestnut starch, <sup>3)</sup>Values are means of 3 replications.

**Table 3. Endotherm characteristics and enthalpies of gelatinization of native and hydroxypropylated chestnut starches**

Samples	Endothermic temperature(°C)		$\Delta H(\text{mcal/mg})^5)$
	$T_o(^{\circ}\text{C})^3)$	$T_p(^{\circ}\text{C})^4)$	
NCS <sup>1)</sup>	64.44 <sup>6)</sup>	69.52	2.11
HCS <sup>2)</sup>	62.80	69.58	1.42

<sup>1)</sup>NCS : native chestnut starch, <sup>2)</sup>HCS : hydroxypropylated chestnut starch, <sup>3)</sup>Onset temperature, <sup>4)</sup>Peak temperature, <sup>5)</sup>Enthalpies of gelatinization <sup>6)</sup>Values are means of 3 replications.



**Fig. 4. DSC characteristics of native and hydroxypropylated chestnut starch.**

NCS : native chestnut starch, HCS : hydroxypropylated chestnut starch.

$T_o$  : onset temperature  $T_p$  : peak temperature.

NCS의 호화초기온도는 64.44°C, HCS의 호화온도는 62.80°C로 hydroxypropylation에 의해 호화가 시작되는 온도가 낮아졌고, 호화엔탈피 또한 hydroxypropylation에 의해 2.11 mcal/mg에서 1.42 mcal/mg로 상당히 낮아졌음을 알 수 있었다. HCS는 hydroxypropyl기에 의해 전분 입자 내에 치환기가 생겨 전분의 구조가 약해져서 호화온도, 호화엔탈피가 낮아진 것으로 보인다. 이러한 결과로 보아 천연 밤 전분을 hydroxypropylation 시키면 보다 낮은 온도에서 호화할 수 있어 적은 열량으로도 호화된 제품을 얻을 수 있어서 경제적으로 상당한 잇점이 있을 것으로 생각된다. 옥 등<sup>(13)</sup>은 옥수수 전분, 타피오카 전분, 찹옥수수 전분, 감자 전분순으로 호화엔탈피가 증가한다고 보고하였다.

**Amylogram**

Visco-amylograph를 이용하여 호화개시온도를 측정 한 결과(Table 4)는 DSC로 측정한 결과와는 약간 차이는 보였으나 대체로 비슷한 경향을 보였다. 최고 점도는 hydroxypropylation에 의해 약간 증가하였고 치환도가 증가할수록 점도도 증가할 것으로 보여진다. Brabender hot-paste의 점도 양상은 전분입자의 팽화정도 및 열 또는 shear force에 대한 전분 팽윤 입자의 저항에 의해 결정되기 때문에 hydroxypropyl화 전분은 점도가 증가하였으나, 열-수분 처리에 의해서는 전분 팽윤 입자가 열 및 shear force에 대해 안정하여 점도가 증가하지 않는 것을 볼 수 있다<sup>(4)</sup>.

**X-선 회절도**

밤 전분의 X-선 회절도는 Fig. 5에 나타난 바와 같다. 각 회절도를 분석한 결과 NCS는 2θ가 5.3°, 10.8°, 11.5°, 15.2°, 17.1°, 22.5°, 23.5°, 44.5°되는 곳에서 나타나 전형적인 B형의 peak 양상을 보였다. HCS의 2θ는 5.6, 11.7, 15.2, 17.0, 34.4, 38.2, 44.4로 NCS의 결과와 비슷하게 나타났으나 peak수가 1개 감소하였음을 알 수 있었다. 그러나 hydroxypropylation에 의해 회절도가 크게 변화하지 않음을 알 수 있었다. 박 등<sup>(2)</sup>도 천연 밤 전분의 2θ가 5.6°, 15.3°, 17.2°, 22.0°, 23.8°에서 peak가 나타난다고 보고하였으며 옥 등<sup>(12)</sup>은 옥수수 전분을 hy-

**Table 4. Visco-amylogram characteristics of native and hydroxypropylated chestnut starches**

Samples	Initial pasting temp.(°C)	Peak height (B. U)	Peak temp. (°C)	Viscosity at 95°C (B. U)	30 min. height (B. U)	Viscosity at temp. 50°C(B. U)
NCS <sup>1)</sup>	69.5 <sup>3)</sup>	550	91.0	540	480	810
HCS <sup>2)</sup>	68.0	575	96.5	570	560	935

<sup>1)</sup>NCS : native chestnut starch, <sup>2)</sup>HCS : hydroxypropylated chestnut starch, <sup>3)</sup>Values are means of 3 replications.

## 문 헌

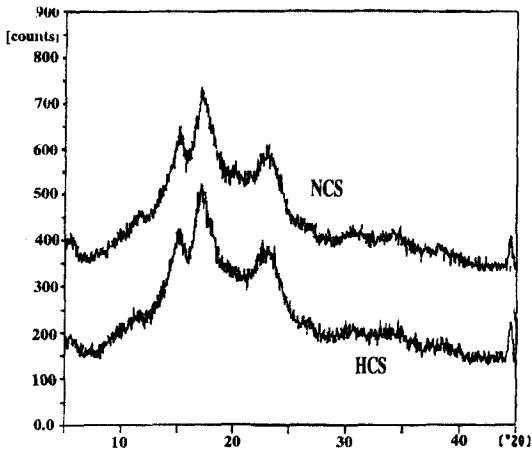


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of native and hydroxypropylated chestnut starches.

NCS : native chestnut starch, HCS : hydroxypropylated chestnut starch.

droxypropylation시켰을 때 천연 옥수수 전분이 가지는 A형을 그대로 유지한다고 하였으나 hydro-xypropylation에 의해 새로운 peak가 생긴다고 보고하였다.

## 요 약

밤에서 추출한 천연 밤전분(NCS)과 이에 propylene oxide를 반응시켜 제조한 hydroxypropyl화 밤전분(HCS)의 이화학적 특성을 비교·검토하였다. 색도는 NCS와 HCS 사이에 별 차이가 없었고, 물결합 능력은 NCS가 233.8%, HCS가 244.5%를 나타내어 HCS의 물결합 능력이 증가하는 양상을 보였다. Hydroxypropylation에 의해 HCS의 첨가 및 amylose 함량이 다소 감소하여 전분의 구조가 변형됨을 알 수 있었고 팽화력과 용해도에서도 증가하였다. 0.2% 전분 현탁액으로 광투과도를 측정된 결과 역시 HCS가 NCS에 비해 증가함을 알 수 있었다. DSC와 amylogram을 이용하여 호화 양상을 측정된 결과 hydroxypropylation에 의해 HCS의 호화 온도 및 호화 엔탈피가 감소하여 HCS를 식품 가공에 이용할 경우 전분이 호화되는데 필요한 열량이 감소하여 경제적인 잇점이 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 1998년도 농림특정연구사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

1. Kim, J.H., Kim, J.C. and Ko, K.C. Consideration in detail of a fruit-tree and horticulture, pp. 370-372. In: Chestnuts. Hyangmoon Co, Seoul, Korea (1998)
2. Park, I.S., Kim, S.K. and Kim, C.S. Physicochemical properties of chestnut starch. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 25: 218-224 (1982)
3. Kim, S.K., Jeon, Y.J., Kim, Y.T., Lee, B.J. and Kang, O.J. Physicochemical and textural properties of chestnut starches. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 24: 594-600 (1995)
4. Park, H.H., Lee, K.H. and Kim, S.K. Effect of Heat-Moisture treatment on physicochemical properties of chestnut starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 18: 437-442 (1986)
5. Wootton, M. and Manatsathit, A. The influence of molar substitution on the water binding capacity of hydroxypropyl maize starches. *Stärke* 35: 92-98 (1983)
6. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. Wheat starches, I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-563 (1965)
7. Gilbert, L.M. and Spragy, S.P. Amylose and amylopectin from potato starch, pp. 25-27. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry IV*. Academic Press, New York, USA (1964)
8. Takeda, C., Takeda, Y. and Hizukuri, S. Physicochemical Properties of Lily Starch. *Cereal Chem.* 60: 212-216 (1983)
9. Schoch, T.J. Swelling power and solubility of granular starches, pp. 106-108. In: *Methods in carbohydrate chemistry IV*, Academic Press, New York, USA (1964)
10. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-357 (1956)
11. Chung, M.G., Jeon, Y.S., Lee, S.K., Park, J.M. and Lim, B.S. Physicochemical properties of oxidized waxy maize starches with sodium hypochlorite. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 42-48 (1998)
12. Yook, C., Pek, U.H. and Park, K.H. Physicochemical properties of hydroxypropylated corn starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 175-182 (1991)
13. Yook, C., Pek, U.H. and Park, K.H. Gelatinization behaviours and gel properties of hydroxypropylated corn starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 317-324 (1991)
14. Shin, M.S. Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 116-121 (1991)
15. Park, S.H., Lee, A.R. and Kim, S.K. Amylograph pasting properties of commercial acorn flours. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 22: 753-757 (1993)

(1999년 2월 18일 접수)