

## 알칼리 호화에 따른 옥수수전분의 특성

조석철\* · 신해현<sup>1</sup>

(주)바이오벤, <sup>1</sup>백석문화대학 외식산업학부

### Physiochemical Characteristics of Corn Starch during the Alkali Gelatinization

Seok-Cheol Cho\* and Hae-Hun Shin<sup>1</sup>

Biovan Co., <sup>1</sup>Division of Foodservice Industry, Baekseok College of Cultural Studies

**Abstract** In this report, we discussed the physiochemical characteristics of corn starch during the alkali gelatinization process. Here, solubility and the amounts of eluted polysaccharides and amyloses increased in proportion to the amount of alkali added. The X-ray diffraction patterns and DSC thermogram showed that in the early stage of alkali gelatinization, crystallinity of the starch granules was disrupted as compared with heat gelatinization. This resulted in the eluted amylose content, while granule sizes were hardly changed in the alkali treated corn starch. The endotherm peak in the DSC thermogram shifted toward a higher temperature region as the degree of gelatinization increased, suggesting that the retained starch granules were more compactly crystallized during alkali gelatinization than during the heat process. Thus, we concluded that during the alkali gelatinization of corn starch, the disruption of weak particles would occur first, before swelling of the granules.

**Key words:** corn starch, alkali gelatinization, modified starch

## 서 론

전분은 식품 및 다른 산업에의 응용에 있어서 대부분이 호화 이후의 기능을 필요로 하고 있으며 식품 이외의 분야에 적용될 경우 호화의 수단으로서 열 보다는 알칼리를 사용하는 경우가 많다. 특히 전분계 접착제를 사용하는 골판지업체 등의 분야에서는 알칼리호화에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 이들 분야에서는 주로 알칼리를 사용하여 전분을 호화시킨 후 전분호화액의 접착력 등의 물성에 관련된 연구가 진행되고 있으나(1) 전분이 알칼리에 의하여 호화가 진행되는 과정에서 발생하는 여러 가지 물리적, 화학적 변화에 관해서는 연구된 바가 드물다.

전분은 천연상태로 사용되는 경우가 많으나 목적에 따라서는 변성전분의 형태로도 사용되고 있다(2). 변성전분이란 천연전분을 화학적, 물리적 및 효소적인 방법을 통하여 전분의 성질을 변화시킨 것으로 일반적으로 pregelatinized starch, 산 및 열처리 분해전분, cross-linked starch, stabilized starch 등으로 분류할 수 있다. 그 중에서 화학적인 전분의 변성은 대부분이 전분현탁액 상태에서 NaOH 또는 HCl을 촉매로 하여 전분의 hydroxyl기와 결합할 수 있는 reagent를 첨가하면서 진행된다.

특히 etherification 기작을 이용하는 양이온화나 가교반응 등은 높은 pH에서 진행되고 있다. 이러한 변성공정에 있어서 전분의

알칼리호화는 중요한 의미를 갖는다. 우선 변성공정 중의 알칼리 호화는 전분의 변성 후 진행되는 탈수 및 건조 등의 공정을 진행할 수 없게 함으로써 공정의 실패를 의미하며 이의 복구에는 막대한 경제적, 시간적 노력이 필요하다. 또한 알칼리호화에 대한 정확한 정보없이 진행되는 변성공정에서 촉매로 사용되는 알칼리의 사용이 제한을 받기 때문에 최고의 반응효율을 기대하기는 어렵다.

알칼리 호화현상을 관찰하기 위해 사용된 방법으로는 현미경으로 입자를 관찰(3), Brookfield 점도 및 solution의 탁도 측정(4), 그리고 Ostwald 점도계를 사용하여 호화과정 진행 중의 점도 변화 측정(3) 등으로 다양하다.

그밖에 amylograph(5), DSC(6) 등이 전분의 호화과정연구에 이용되고 최근에 Okechukwu와 Anandha(7)은 온도에 따르는 전분 입자의 크기를 측정하여 sorption swell과 gelatinization swell로 분류하여 입자의 크기를 온도의 함수로 표시하였고, 호화된 정도를 입자의 크기로 표시할 수 있는 kinetic을 제안하였다. 이러한 전분의 호화과정에 관련된 일련의 연구결과는 전분입자의 열에 의한 호화 개시점의 탐색 및 변화를 중점적으로 관찰한 것으로 열에 의한 전분의 호화 이전에 발생하는 전분의 알칼리호화를 관찰한 자료는 거의 발표된 것이 없는 상황이다.

기타 알칼리호화에 관한 연구가 진행되어 있지만 호화 후 전분 gel의 물성에 관한 연구(8,9)에 국한되어 있으며 기타 알칼리 호화에 미치는 첨가물질의 영향 및 mechanism에 관한 연구가 보고되고 있지만(10,11) 알칼리 호화점에 관한 정보 및 알칼리호화 과정에 수반되는 전분특성의 변화와 관련된 연구는 찾기 어렵다.

현재 국내에서 사용되는 옥수수 양이온성전분은 일반적으로 amino, imino, ammonium, sulfonium, phosphonium group과 같이 positive charge를 운반할 수 있는 반응시약을 전분현탁액과 반응

\*Corresponding author: Seok-Cheol Cho, Biovan Co. Ltd., Yonsei Engineering Research Complex B120F, Yonsei University, Seoul, 120-749, Korea  
Tel: 82-2-312-5108  
Fax: 82-2-312-5172  
E-mail: modistar@unitel.co.kr  
Received August 3, 2007; accepted October 30, 2007

시켜 제조하는데(12,13) 반응시간이 길어 제조원가가 높을 뿐 아니라 양이온기의 치환도(degree of substitution, DS)가 0.02-0.03의 일반적인 제품으로 국내 제지업계의 다양화되어 가는 요구를 충족시키지 못하고 있으며 이들의 효율적 적용에 관한 연구도 충분하지 못하다.

본 연구에서는 알칼리호화가 서로 다른 정도로 진행된 옥수수 전분의 특성을 파악하기 위하여 알칼리호화 과정 중의 입자형태, 입자크기의 분포, solubility 및 용출 아밀로오스, 다당류의 함량을 측정하였으며, 호화진행 정도가 다른 옥수수전분 현탁액을 동결 건조하여 X-ray diffractogram을 이용한 결정성 및 DSC thermogram을 이용한 호화엔탈피 등의 특성을 살펴보았다.

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용된 옥수수전분은 Duksan Pure Chemicals Co., Ltd. (Seoul, Korea)로부터 시약급을 구입하여 사용하였다.

### 입자의 형태

전분입자의 표면은 주사 전자 현미경(scanning electron microscope, S-2700, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하여 1,500-5,000배로 관찰하였다.

### 호화도

알칼리를 첨가한 전분 slurry의 호화도는 Wootton 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 옥수수전분 0.5 g에 증류수 47.5 mL를 첨가한 후 10 M KOH 2.5 mL를 첨가하여 5분간 반응시켜 10% (w/v) 농도의 완전 호화용액을 제조한 후 1 N HCl을 이용하여 중화시킨다. 이를 증류수로 흡광도가 0.1-0.8 범위의 값을 갖도록 희석하여 600 nm에서 흡광도를 측정한 결과를 이용하여 100% 옥수수전분 호화용액의 농도별 흡광도(Ac) 곡선을 작성하였다. 발색시약은 potassium iodide(4%)과 iodine 용액(1%)의 혼합물을 사용하였으며 측정시료의 1%(v/v)를 첨가하여 측정하였다.

알칼리를 첨가하여 반응을 진행시킨 옥수수전분 현탁액의 호화도를 측정하기 위해서 알칼리 호화반응이 끝난 slurry에 반응을 위해 첨가한 NaOH와 동량의 HCl을 첨가하여 중화시킨 후 2,000×g로 30분간 원심분리 후 상등액을 취했다. 상등액을 적당량 희석하여 총량을 4 mL로 조절한 후 발색 용액을 1%(v/v)를 첨가하여 골고루 교반한 후 30분 후에 흡광도를 측정하여 As로 하였다. 이때의 As값을 같은 농도의 100% 호화액의 흡광도(Ac)와 비교하여 다음과 같이 구하였다.

$$\text{호화도(\%)} = \frac{A_s}{A_c} \times \text{희석배수} \times 100$$

### 입자크기측정

알칼리호화가 진행되는 과정에서의 옥수수전분 입자의 크기변화를 측정하기 위하여 image particle size analyser(Galai Co. Ltd., CIS-100, Migdal Haemek, Israel)를 사용하였으며 측정범위는 0-150 μm로 조절하였다.

### 아밀로오스의 분리

옥수수전분으로부터 아밀로오스는 Montgomery와 Senti의 방법(15)으로 분리하였다. 탈지된 옥수수전분 10 g을 증류수 500 mL 분산시키고 pH 6.0-6.3의 인산완충용액을 5 mL 첨가한 다음 자

석교반기에서 교반하면서 가열하였다. 전분현탁액의 온도가 98°C에 이르면 이 온도에서 15분간 유지시킨 후, 얼음조 중에서 급속히 냉각시켜 800×g에서 30분간 원심분리하였다. 원심분리된 상등액을 이용하여 상기의 가열, 냉각, 원심분리의 과정을 3회 반복 처리하였다. 최종 상등액에 부탄올 125 mL를 가하여 5시간 동안 교반시킨 후 800×g에서 30분간 원심분리하여 아밀로오스-부탄올 복합체의 침전물을 얻었다. 이 침전물을 끓는 물과 부탄올 용액(9:1, v/v) 500 mL에 넣어 녹인 후 Whatman No. 42 여과지로 여과시켰다. 여과액에 부탄올 75 mL를 가하고 자석교반기 위에서 16시간 동안 교반시켰다. 이 용액을 원심분리하여 얻어진 아밀로오스-부탄올 복합체는 위와 같은 분산 및 여과과정을 거쳐 정제하였고 이러한 정제과정을 총 7회 반복하여 얻은 아밀로오스-부탄올 복합체의 침전물에 아세트, 에탄올, 에테르를 차례로 처리하여 아밀로오스를 분리하였으며 분리된 아밀로오스는 건조기에서 40°C로 24시간 건조한 후 분쇄하여 시료로 사용하였다.

### 용해도 및 용출 아밀로오스의 함량

용해도는 반응이 끝난 전분현탁액을 2,000×g로 30분간 원심분리 하여 상등액을 취한 후 페놀-황산법(16)을 이용하여 용출된 다당류 총량을 측정하여 계산하였으며 용출 아밀로오스 함량을 측정하기 위하여 potassium iodide(4%)와 iodine 용액(1%)의 혼합물을 발색시약으로 하여 600 nm에서 측정시료의 1%(v/v)를 첨가한 후 흡광도를 측정하여(17) 본 실험에 사용된 옥수수전분에서 분리한 아밀로오스를 이용하여 만들어진 표준곡선으로부터 구하였다.

### X-ray diffraction

알칼리 호화도가 다른 옥수수전분 및 양이온성전분의 X-ray diffractogram을 측정하기 위하여 알칼리호화가 진행된 시료를 동결건조한 후 분쇄하여 시료를 제조하였으며 Rigakudenki X-ray diffractometer(D-max type)을 이용하여 X-선 회절도를 측정하였다. X-선 회절장치의 설정치는 target voltage는 30 kV, 전류는 20 mA, scanning range는 3-45°로 설정하였다.

### 시차 주사 열량기(differential scanning calorimeter)

호화된 정도가 서로 다른 옥수수전분의 흡열곡선을 관찰하기 위하여 알칼리 호화가 진행된 옥수수전분 현탁액을 동결건조한 후 분쇄하여 시료를 제조하고 시료무게의 4배의 증류수를 첨가한 후 Exter 6000(Seiko Instruments Inc., Tokyo, Japan) 시차 주사 열량기로 50-95°C의 범위에서 분당 10°C로 가열하면서 흡열 특성을 분석하였으며, 자체 적분 프로그램(DSC Measurement, Seiko Inc.)을 이용하여 각 특성치를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 옥수수전분의 형태

전분입자 표면의 자세한 관찰을 위하여 알칼리 첨가량을 달리 하여 24시간 동안 40°C에서 교반한 옥수수전분 현탁액을 동결건조하여 호화도별 시료를 제조한 후 주사전자 현미경을 사용하여 그 형태를 관찰하였다(Fig. 1). 대부분의 입자표면에서 동결건조 시 수분의 배출구로 보이는 아주 작은 구멍이 관찰되었으며 호화도에 따르는 입자의 형태 및 크기의 변화는 관찰되지 않았다. 표면의 아주 작은 구멍과는 달리 호화도의 진행에 따라 Fig. 1의 (b)와 같이 표면에 요철이 발생하여 최종적으로는 구멍이 발생하면서 입자가 붕괴되는 현상을 볼 수 있었다(c, d). 이는 음이온이

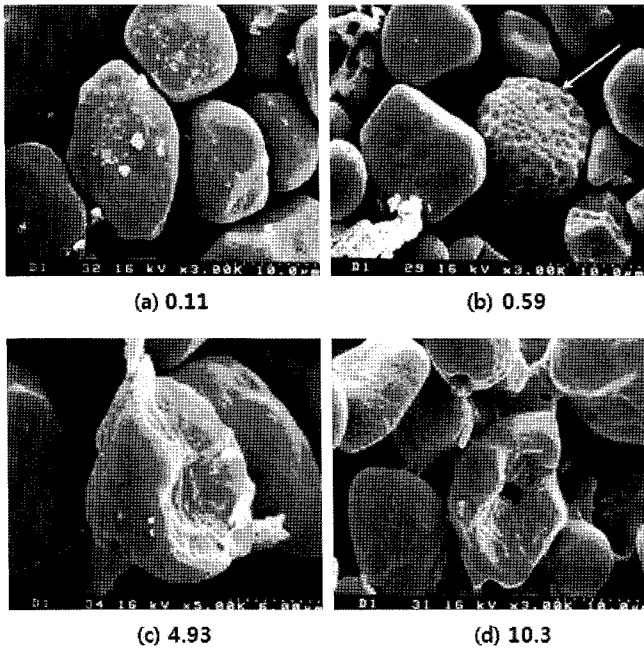


Fig. 1. Scanning electron micrographs of corn starch granules at different gelatinization degree. Shaking temperature is 40°C. Number below the photographs means degree of gelatinization (%).

전분입자에 침투하는 과정 중에 발생하게 되는 흔적으로 예측되며 붕괴된 입자와 그렇지 않은 입자의 크기는 거의 차이를 보이지 않았다. 이로써 알칼리에 의한 전분호화시 발생하는 입자의 붕괴는 열에 의한 전분의 호화와는 달리 입자의 팽창과는 무관하게 발생한다는 사실을 알 수 있었다(11).

**옥수수전분 입자 크기**

옥수수전분 현탁액의 교반온도를 달리하여 알칼리호화를 진행시킨 후 옥수수전분 입자의 크기에 미치는 온도의 영향을 최소화하기 위하여 현탁액을 상온으로 냉각한 후 입자크기를 측정하였다. 입자의 크기는 호화도와 상관없이 분포의 변화가 거의 없었으며 입자의 평균 크기 역시 큰 변화가 없는 것으로 나타났다 (Table 1). 이러한 결과는 전분현탁액을 가열에 의하여 호화시킬 경우에 입자의 크기가 큰 폭으로 변화는 것과는 많은 차이점을 보이고 있다(18).

Cowpea 전분의 열에 의한 호화과정 중의 입자크기의 변화를 측정하여 kinetic을 제안한 Okechukwu와 Anandha는(7) 온도의 증가에 따라 입자는 일정한 경향을 가지고 크기가 증가하는데 호화개시온도 근처에서는 sorption swelling에서 gelatinization swelling으로 팽창과정이 변하며 이때 입자크기는 급증한다는 사실을 밝혔다.

본 실험에서 입자크기 분포의 변화는 거의 나타나지 않았으며 단지 호화도가 증가하면서 가장 많은 비율을 차지하는 10-20 μm의 크기를 갖는 입자가 약간 감소하고 상대적으로 큰 입자의 분포가 미세한 정도로 증가하는 현상을 볼 수 있었으나 그 변화의 정도는 매우 작았다. 이는 열에 의한 호화와는 달리 호화과정 중의 입자크기의 변화가 거의 없다는 사실과 알칼리호화에 의한 전분입자의 팽창은 거의 발생하지 않으며 단지 구조가 약한 입자의 붕괴가 수반된다는 사실을 알 수 있었다. 60°C에서 알칼리호화를 진행시킨 경우 큰 입자의 분포증가가 40°C나 50°C에 비교해서는 뚜렷하게 나타났는데 이는 현탁액의 반응온도가 호화개시온도에 접근함으로써 발생한 결과로 예측된다.

Table 1. Average diameter of corn starch in solution at various gelatinization degree

Shaking temperature (°C)	Gelatinization degree (%)	Average size (μm)
40	0.05	15.48
	0.20	15.52
	0.35	18.21
	1.44	16.71
	2.25	17.99
	10.28	20.66
50	0.09	15.51
	0.16	21.86
	0.27	20.54
	3.57	21.51
	7.35	20.76
	14.41	21.93
60	0.75	21.15
	0.91	22.45
	1.12	23.36
	2.10	24.78
	4.61	24.29
	11.57	28.33

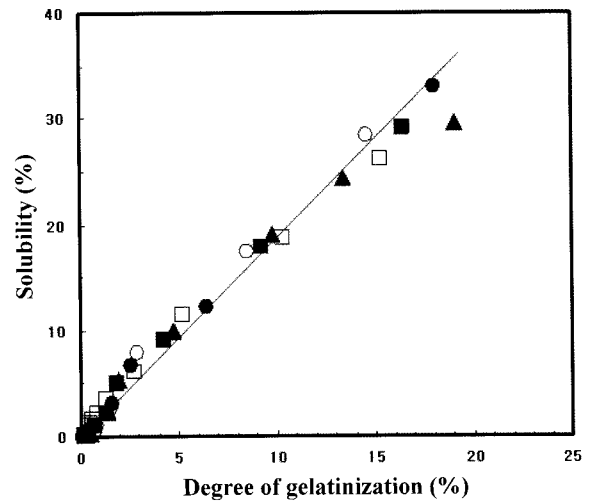


Fig. 2. Relationship between degree of alkali gelatinization and solubility of corn starch. ●: 40°C, ■: 45°C, ▲: 50°C, ○: 55°C, △: 60°C.

**전분의 용해도**

NaOH에 의하여 호화가 진행되는 옥수수전분의 용해도를 살펴 보았다(Fig. 2). 호화도가 증가함에 따라 용해도는 온도와 상관없이 높은 상관관계를 가지고 증가하였는데 이는 알칼리에 의하여 전분의 호화가 진행되면서 열에 의한 호화와 마찬가지로 전분의 용해도가 증가한다는 일반적인 현상을 의미한다. 그러나 용해도는 평균적으로 호화도의 60% 정도의 값을 나타내었는데 이는, 옥수수전분이 열에 의하여 호화될 경우 95°C에서의 용해도가 25%인 것과 비교하여(19) 상당히 높은 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 이는 열과 비교하여 NaOH가 효과적으로 전분입자를 파괴하거나 또는 전분입자로부터 쉽게 다당류성분들이 용출된다는 것을 의미한다.

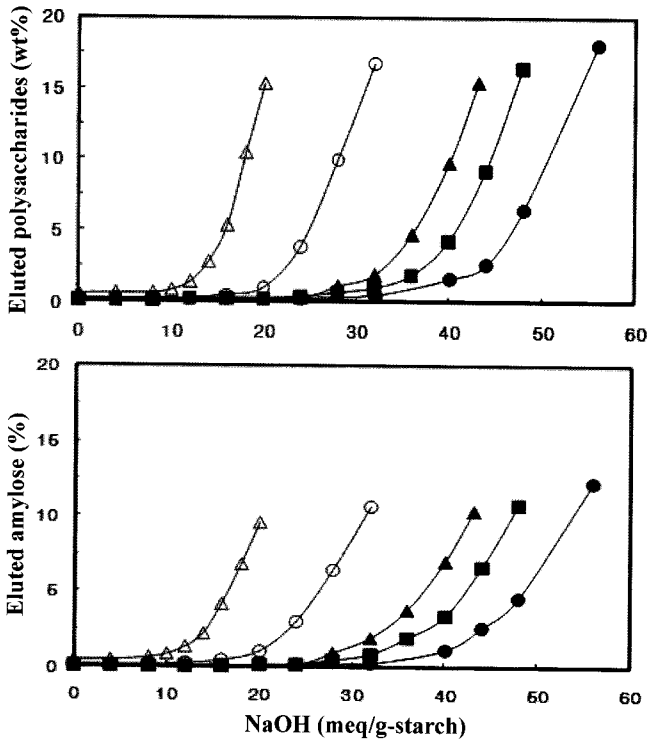


Fig. 3. Change of eluted polysaccharides and amylose of 10% corn starch solutions at different NaOH concentration. ●: 40°C, ■: 45°C, ▲: 50°C, ○: 55°C, △: 60°C.

**아밀로오스 함량**

전분의 호화는 여러 가지 방법으로 측정하고 있으나 호화과정은 전분 무정형영역의 파괴와 그에 따르는 결정성영역의 붕괴로 설명되고 있다. 따라서 호화과정 중에 전분입자로부터 용출되는 다당류는 호화과정의 초기에는 입자의 무정형영역에 존재하는 아밀로오스가 대부분을 차지하며 호화가 진행되어 결정성영역이 붕괴되기 시작하면서 아밀로펙틴 성분이 용출되기 시작한다. 특히 열에 의한 호화과정에서는 낮은 온도에서는 용출 다당류의 거의 대부분을 아밀로오스가 차지하며 온도가 증가함에 따라 아밀로펙틴 성분이 용출되기 시작한다(20,21).

NaOH 첨가에 의하여 옥수수전분이 호화되는 과정에서 용출되는 당류 및 아밀로오스의 함량변화를 살펴보았다. 다당류 및 아밀로오스의 함량은 NaOH의 첨가량이 증가할수록 호화도 상승곡선과 유사한 형태로 증가하였다(Fig. 3). 용출당류 중 아밀로오스가 차지하는 비율은 가열에 의한 호화와는 차별되는 경향을 보였는데 호화도가 낮은 경우에는 아밀로오스의 비율이 낮다가 호화가 진행됨에 따라 증가하기 시작하여 용출당류의 거의 100%까지 증가한 후 점차로 그 비율이 낮아지는 것을 알 수 있었다(Fig. 4). 이는 NaOH의 첨가에 따른 호화과정의 초기에는 전분 무정형영역의 파괴에 의하여 아밀로오스가 용출되기 보다는 전분입자의 파괴가 거의 발생하지 않은 상태에서 수용성 당류가 생성되었다는 것을 의미한다.

알칼리호화 초반에 생성되는 당류와 관련해서는 아직 보고된 바 없는데 전분입자로부터 용출된 아밀로오스와 아밀로펙틴 성분이 NaOH에 의하여 분해되거나 또는 수용성 당성분이 전분입자로부터 추출된다는 예측이 가능하다.

일단 100% 근처까지 상승한 용출당 중 아밀로오스의 함량은 호화도 증가에 따라 다시 감소하기 시작한다. 이러한 현상은 알

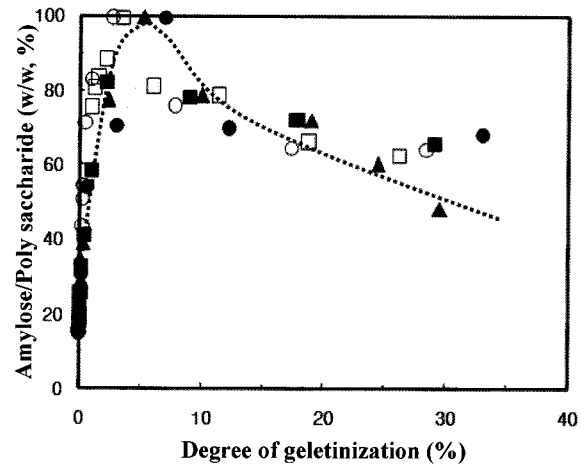


Fig. 4. Relationship between degree of alkali gelatinization and amylose content of eluted polysaccharides. ●: 40°C, ■: 45°C, ▲: 50°C, ○: 55°C, △: 60°C.

칼리호화가 어느 정도 진행되면서 전분입자의 파괴가 본격적으로 발생하기 시작하여 결정성영역을 구성하고 있는 아밀로펙틴의 용출이 시작되기 때문인 것으로 생각된다.

**X-ray pattern**

각 온도별로 알칼리호화를 진행시킨 옥수수전분 현탁액을 동결건조 및 분쇄하여 시료를 제조한 후 X-ray pattern을 살펴보았다(Fig. 5). X-ray pattern은 호화도와 상관없이 2θ=15.3, 17.2-18.0, 23.0-23.3 부근에서 강한 intensity를 보이는 전형적인 A형태의 X-ray diffraction pattern(22)을 보였으며 호화도가 증가할수록 결정성의 견고함을 나타내는 특정 회절각도의 intensity가 감소하였다.

NaOH 첨가에 의하여 호화가 진행된 옥수수전분의 온도별 상대 intensity를 비교한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 60°C에서 호화가 진행된 경우 intensity의 감소정도가 가장 크게 나타났는데 이는 알칼리와 함께 열에 의한 결정성 감소효과가 있었던 것으로 판단되며 가열온도별로 살펴본 감자전분의 X-ray diffraction pattern에서 호화가 시작되기 이전의 온도에서 이미 전분의 결정성이 약해진다는 Yasumatsu와 Moritake(23)의 연구결과와 일치한다. NaOH 첨가 없이 온도만 조절하여 교반한 옥수수전분의 경우 천연 옥수수전분과 비교하여 오히려 상대적 결정화도가 증가한 결과를 볼 수 있다(Fig. 7). 이는 annealing에 의하여 전분입자 내의 무정형영역과 결정성영역간의 결합의 변화에 의하여 결정성이 증가한 것으로 판단되며(24) 온도의 증가에 따른 annealing에 의한 결정성의 증가효과는 감소하였다. 이는 전분의 annealing이 대부분 40-50°C 사이에서 진행되는 것(25)을 감안할 경우 60°C에서는 그 효과가 감소하기 때문일 것이다.

**DSC thermogram**

알칼리호화를 진행시킨 온도와는 상관없이 호화도가 증가하면서 onset temperature (To), peak temperature(Tp) 그리고 conclusion temperature(Tc)가 증가하는 경향을 보임으로써 흡열곡선이 전반적으로 고온부로 이동하는 경향이 있었으며(Fig. 8) 특별한 흡열곡선의 형태변화는 없었으나 ΔH<sub>G</sub>(heat of gelatinization)의 값은 X-ray thermogram에서 호화도의 증가에 따라 감소하는 상대 intensity와 유사한 형태로 감소하였다(Fig. 9).

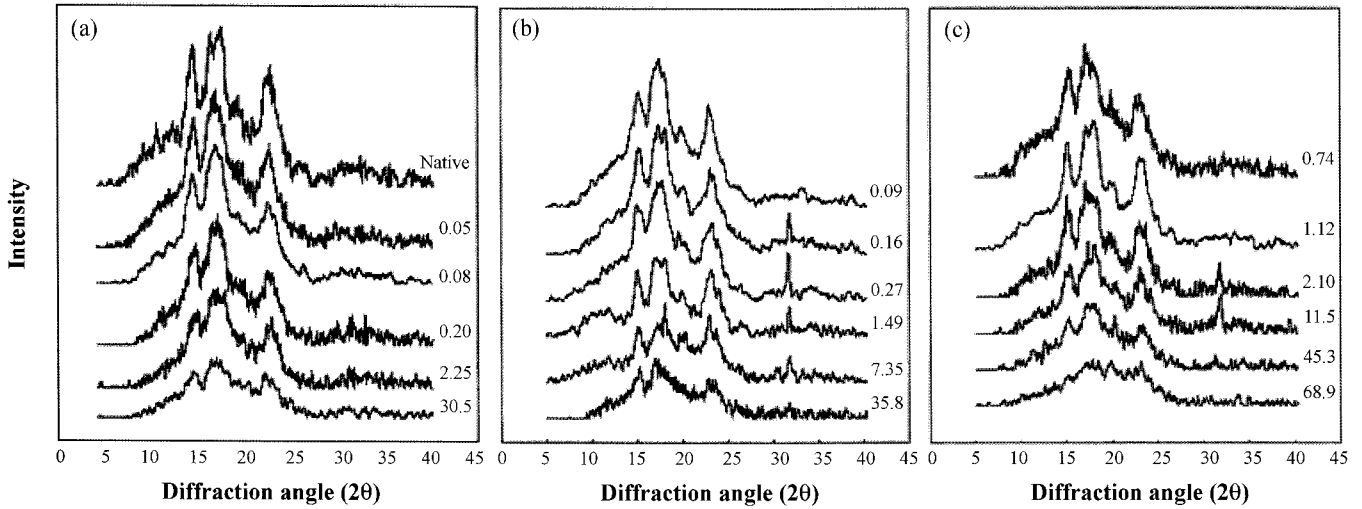


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of corn starches at various alkali gelatinization degree. Alkali gelatinization was carried out at 40°C (a), 50°C (b), and 60°C (c).

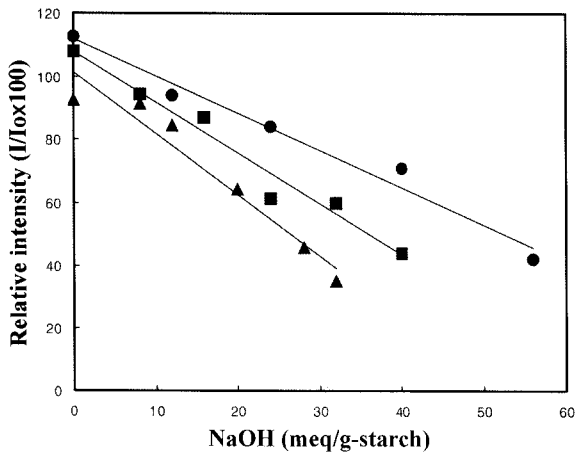


Fig. 6. Effect of NaOH concentration on relative intensity of crystallinity of 10% corn starch solution at various temperature. ●: 40°C, ■: 50°C, ▲: 60°C.

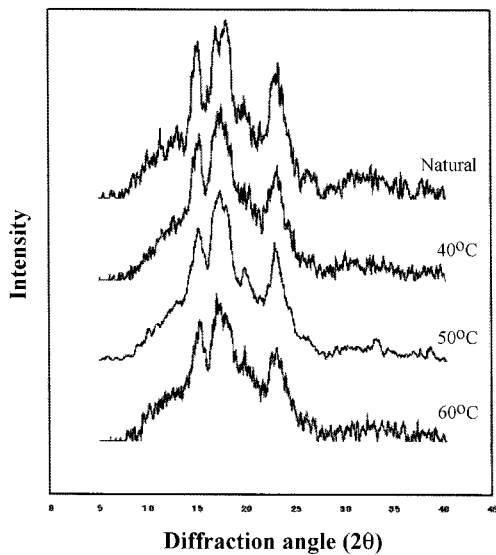


Fig. 7. Effect of temperature on X-ray diffraction patterns of corn starch. 10% corn starch solution shaking at different temperature for 24 hr without NaOH.

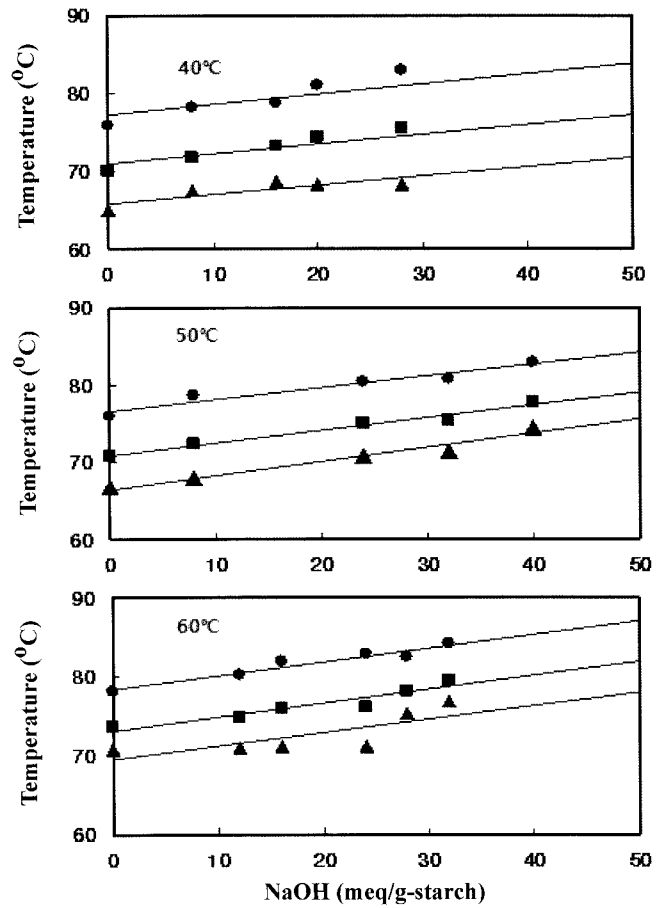


Fig. 8. Change of onset ( $T_o$ ), peak ( $T_p$ ) and conclusion temperatures ( $T_c$ ) of various gelatinization degree of 10% corn starch solution shaking at various temperatures. ●:  $T_c$ , ■:  $T_p$ , ▲:  $T_o$ .

이러한 사실은 열에 의한 전분의 호화와는 달리 알칼리호화의 과정 중에는 진행 초기에도 전분의 결정성이 약화되며 그에 따라  $\Delta H_G$ 가 감소한다는 것을 의미하는데 이는 입자크기의 측정 결과에서도 보았듯이 알칼리호화는 모든 입자에 골고루 영향을 미

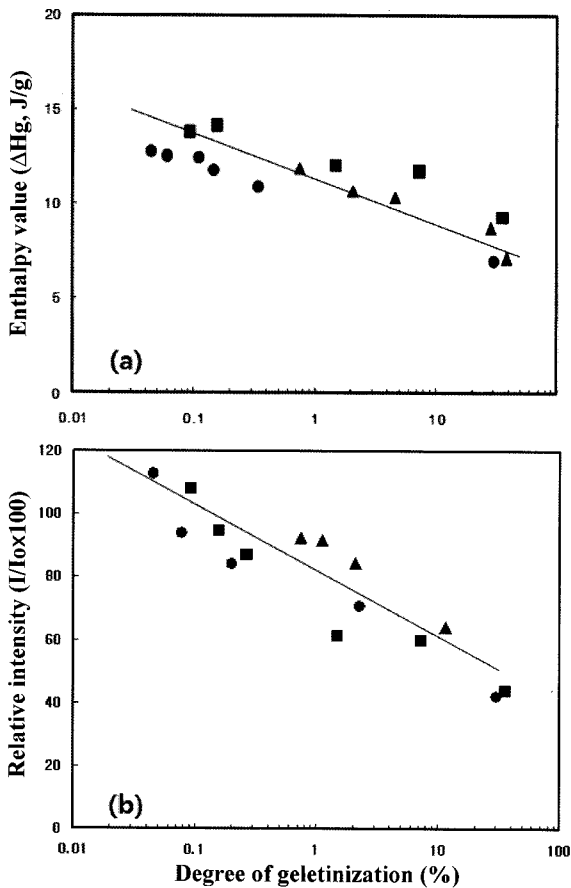


Fig. 9. Relationship between gelatinization degree and enthalpy value (a) and relative intensity of crystallinity (b) of 10% corn starch solutions at various temperatures. ●: 40°C, ■: 50°C, ▲: 60°C.

치기보다는 결정성이 약한 입자부터 파괴되는 형태로 진행이 되며 초기의 낮은 알칼리농도에서도 입자의 파괴가 발생한다는 사실을 입증한다고 할 수 있다.

호화의 진행에 따르는  $\Delta H_G$ 의 감소는 파괴되지 않은 입자들의 양이 상대적으로 줄어들기 때문에 나타나는 현상이지만 DSC thermogram에서 흡열곡선의 고온부로의 이동, 특히 peak temperature의 이동은 알칼리호화과정 중 결정질구조가 치밀한 전분이 잔류한다는 예상을 가능하게 하며 알칼리호화의 진행에 따라 아밀로오스의 용출량이 아밀로펙틴과 비교하여 상대적으로 많기 때문에 잔류하는 전분입자의 상대적인 아밀로펙틴함량의 증가에 따른 결과로도 해석이 가능할 것이다. B-type의 전분에서 아밀로오스 함량의 감소에 따르는  $\Delta H_G$ 의 감소는 보고된 바 있다(26).

Wootton과 Bamunarachchi(27)의 각종 변성전분의 호화에 관한 연구에서 텍스트린화 전분은 원료전분과 비교하여  $\Delta H_G$ 의 감소와  $T_p$ 의 증가현상을 보인다는 결과와 유사하다고 볼 때 알칼리호화의 진행에 따라 옥수수전분이 텍스트린화 되어간다는 예측도 가능할 것이다.

## 요 약

옥수수 전분의 용해도, 아밀로오스 용출량 및 용출당 함량은 알칼리 호화도에 따라 모두 증가하였다. 알칼리호화의 경우 낮은 호화도에서도 특정 X-ray 회절각도에서의 강도 및 DSC의 호화

엔탈피가 감소하여 가열호화는 달리 호화 초반에 전분입자의 결정질이 손상되는 것을 알 수 있었으며, 결정질이 손상됨에 따라 용출당 중의 아밀로오스의 상대적 함량이 낮아지고 호화과정 중의 전분 입자크기는 거의 변하지 않았다. 또한 DSC의 흡열곡선이 호화도가 증가함에 따라 고온으로 이동하였다. 이와 같은 현상으로 미루어 볼 때 알칼리 첨가에 의하여 전분입자의 팽창보다는 약한 결정질로부터 파괴되면서 호화가 진행되는 것으로 추정된다.

## 문 헌

- McPherson R. Preparation and use of corrugating adhesive made without borax. *Tappi J.* 72: 135-138 (1989)
- Wurzburg OB. *Modified starches: Properties and Uses.* CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA. pp. 13-15 (1986)
- Mangles CE, Bailey CH. Relation of concentration to action of gelatinizing agents on starch. *J. Am. Chem. Soc.* 55: 1981-1988 (1933)
- Maher GG. Alkali gelatinization of starches. *Starch-Starke* 35: 226-234 (1983)
- Oosten BJ. Substantial rise of gelatinization temperature of starch by adding hydroxide. *Starch-Starke* 31: 228-230 (1979)
- Svensson E, Eliasson AC. Crystalline changes in native wheat and potato starches at intermediate water levels during gelatinization. *Carbohydr. Polym.* 26: 171-176 (1995)
- Okechukwu PE, Anandha RM. Kinetics of cowpea starch gelatinization based on granule swelling. *Starch-Starke* 48: 43-47 (1996)
- Ragheb AA, Abd El-Thalouth I, Tawfik S. Gelatinization of starch in aqueous alkaline solutions. *Starch-Starke* 47: 338-345 (1995)
- Ragheb AA, Abd El-Thalouth I, Tawfik S. Gelatinization of thermally treated starch with sodium hydroxide in the solid state. *Starch-Starke* 48: 57-64 (1996)
- Jane JL. Mechanism of starch gelatinization in neutral salt solutions. *Starch-Starke* 45: 161-166 (1993)
- Bryant CM, Bruce RH. Effect of lime on gelatinization of corn flour and starch. *Cereal Chem.* 74: 171-185 (1997)
- Paschall EF. Starch ethers containing nitrogen and process for making the same. U.S. patent 2,876,217 (1959)
- Kenneth WK. Quaternary ammonium starch ethers and process of preparation. U.S. patent 3,336,292 (1967)
- Wootton M, Weeden D, Munk M. A rapid method for the estimation of starch gelatinization in processed foods. *Food Aust.* 23: 612-615 (1971)
- Mongomery EM, Senti FR. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polym. Sci.* 28: 1-9 (1958)
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Robers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356 (1956)
- Sowbhagya CM, Bhattacharya KR. Simplified determination of amylose in milled rice. *Starch-Starke* 31: 159-163 (1979)
- Biliaderis CG. Structures and phase transitions of starch polymers. *Food Sci. Technol.* 87: 57-168 (1998)
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 36: 534-542 (1959)
- Hansen LM, Hosenet RC, Faubion JM. Oscillatory rheometer of starch-water systems: Effect of starch concentration and temperature. *Cereal Chem.* 68: 347-351 (1991)
- Garcia MA, Martino MN, Zaritzky NE. Comparison of amylose enrichment procedures for food applications. *Cereal Chem.* 72: 552-558 (1995)
- Schoch TJ, Mayward EC. Preparation and properties of various legume starch. *Cereal Chem.* 45: 564-569 (1968)
- Yasumatsu K, Moritake S. Changes of characteristics of starch during gelatinization in the presence or absence of fatty acid. *J. Food Sci.* 29: 198-203 (1964)

24. Eerlingen RC, Jacobs H, Block K, Delcour JA. Effects of hydrothermal treatments on the rheological properties of potato starch. *Carbohydr. Res.* 297: 347-356 (1997)
25. Stute R. Hydrothermal modification of starches: The difference between annealing and heat/moisture-treatment. *Starch-Starke* 44: 205-214 (1992)
26. Tester RF, Morrison WR. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effect of amylopectin, amylose, and lipids. *Cereal Chem.* 67: 551-556 (1990)
27. Wootton M, Bamunarachchi A. Application of differential scanning calorimetry to starch gelatinization. *Starch-Starke* 31: 201-204 (1979)