

Sodium Hypochlorite로 산화된 감자 전분의 이화학적 특성

김 미 라

경북대학교 식품영양학과

Physicochemical Properties of Sodium Hypochlorite Oxidized Potato Starch

Mee Ra Kim

Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Taegu

ABSTRACT

Physicochemical properties of potato starches oxidized with sodium hypochlorite containing 1.5, 3.0, 4.5, and 6.0% active Cl/g starch at pH 7.0 were examined. Carboxyl group contents of oxidized potato starches were proportional to active chlorine concentration in use and water binding capacity, alkali number, and solubility increased with increasing the degree of oxidation. Blue value and iodine binding property indicated the change of amylose structure by the oxidation. Gelatinization trends obtained from transmittance and DSC thermograms showed that gelatinization temperature was lower as starch was oxidized higher. X-ray diffraction patterns and scanning electron micrographs implied oxidation might occur on the surface amorphous regions of starch granule.

Key words: oxidized starch, potato starch, sodium hypochlorite, physicochemical properties

I. 서 론

전분이 본래 가지고 있던 성질을 개선하여 전분의 이용을 확대하고 식품가공에 더욱 용이하게 사용하기 위하여 전분의 변형을 시도하여 왔다. 변형 전분 중의 하나인 산화 전분은 식품산업에서 증점제, 겔 형성 보조제, 코팅제 등의 용도로 이용되고 있으며 식품산업이외에 의류산업, 제지산업, 의약품 등에도 이용되고 있다. 현재까지 산화 전분에 대해 수행

된 연구를 살펴보면, 산화의 80~90%가 전분의 D-glucopyranose unit(GPU)의 하이드록시메틸기에서 일어난다고 한 보고가 있었으며¹⁾ 아밀로오스, 아밀로펙틴, 생전분, 호화 전분의 산화에 hypochlorite를 이용한 연구가 수행되기도 하였다²⁻⁴⁾. Hypochlorite에 의한 아밀로펙틴의 산화에 대한 연구에서는 산화 속도가 pH에 영향을 받는 것으로 나타나 pH 7에서 가장 높은 반응 속도를 보였고, pH 5.5와 pH 9에서는 조금 낮은 속도를, pH 11 이상에서는 가장 낮은 산화 속도를 보인다고 하였다²⁾. 카

르보닐과 카르복실기 형성에 대한 연구에서는 산화 정도가 증가함에 따라 카르복실/카르보닐의 비율 및 두 작용기의 생성량이 증가하였다고 보고하였다^{5, 6)}. Schmorak 등⁴⁾은 밀 전분의 산화에서 pH가 증가함에 따라 카르복실/카르보닐의 비율이 증가하는 결과를 얻었고, Boruch⁷⁾는 hypochlorite로 전분을 산화시킬 때 6번과 1번 탄소에서 카르복실기가 형성되고 glucoside linkage가 가수분해되는 부반응이 일어나 전분 환원가의 증가와 점도의 감소를 가져온다고 하였다. 또한 전분 분자구조의 변화가 초래되어 아밀로오스-요오드 복합체의 발색도 감소, 당화 효소 작용에 대한 저항성 증가, 유연성 있는 젤의 형성 등 전분 특성의 변화가 일어날 수 있다고 보고하였다⁷⁾.

산화 전분이 앞으로 더욱 다양한 분야에서 용이하게 이용되기 위해서는 산화 전분의 제조 및 성질에 대한 보다 많은 연구가 수행되어야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 산화 전분의 이용을 확대하고자 sodium hypochlorite를 사용하여 산화도가 다른 감자 전분을 제조하고 이들 산화 전분의 이화학적 특성을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

감자 전분은 Junsei Chemical Co.(Tokyo, Japan) 제품을 구입하여 사용하였다.

2. 산화 전분의 제조

AOAC법⁸⁾에 의하여 sodium hypochlorite(NaOCl) 용액 내의 활성 염소량(active Cl)을 정량하여 감자 전분을 산화시키기 위한 NaOCl 용액의 사용량을 결정하였다. 사용한 NaOCl 용액(Duksan Co.) 내에는 용액 1 L당 58.95 g의 활성 염소가 함유되어 있었다. 감자 전분은 Whistler⁹⁾의 방법을 수정하여 산화시켰다. 즉, 감자 전분 300 g(건량 기준)을 750 mL 증류수에 넣고 이를 25℃ 항온수조에서 30분간 교반시킨 후, 일정농도의 활성 염소를 포함하는 NaOCl 용액 50 mL와 혼합하여 반응 용액이 각각 1.5, 3.0, 4.5, 6.0% active Cl/g starch을 함

유하도록 하였다. 1 N 염산 용액으로 pH를 7.0으로 맞추고 이 용액을 25℃에서 2시간동안 교반하여 반응시켰으며 반응 중 pH의 저하는 1 N 수산화나트륨 용액으로 조절하였다. 반응이 완료된 후 반응용액은 반응용액 부피의 5배가 되는 95% 에탄올과 혼합하여 여과지(Whatman No. 42)를 통과시켰으며, 걸리진 전분은 다시 반응용액 부피의 5배의 에탄올에 분산시켜 30분간 교반하여 여과하였고 이 과정을 3회 반복한 후 99% 에탄올로 씻어 주면서 여과하였다. 얻어진 전분은 상온에서 24시간 건조시켜 60메시 체를 통과시켰다.

3. 산화 전분의 카르복실기 함량

Wing¹⁰⁾의 방법을 사용하여 산화 전분 내에 존재하는 카르복실기 함량을 구하였다. 산화 전분 15 g을 증류수 50 mL에 넣고 20% 황산 용액으로 산화 전분 용액의 pH를 2.0으로 맞추는 후 30분간 격렬하게 교반하였다. 이 용액을 95% 에탄올 500 mL에 분산시켜 여과하는 과정을 5회 반복하였다. 여과된 전분을 상온에서 24시간 건조시켜 60메시 체를 통과시켰다. 이와 같이 제조한 시료 1 g을 50 mL 증류수에 분산시키고 0.1 N 수산화나트륨 용액 10 mL를 넣어 30분간 격렬하게 교반한 후 0.1% 페놀프탈레인 용액을 지시약으로 하여 0.1 N 염산용액으로 역정적하였다. 산화 전분내의 카르복실기 함량은 구연산을 기준으로 하여 계산하였다.

4. 물 결합력

Medicalf 및 Gilles¹¹⁾의 방법을 수정하여 물 결합력을 측정하였다. 2 g의 시료에 40 mL의 증류수를 가하고 자석 교반기를 이용하여 1시간 동안 저어준 다음 2,000 rpm의 속도로 15분 동안 원심분리하여 원심분리관을 12시간동안 4℃에서 방냉한 후 1분간 거꾸로 세워 상등액을 제거하고 침전된 전분의 무게를 측정하여 처음 시료량과의 중량비로 물 결합력을 계산하였다.

5. 알칼리수

Schoch의 방법¹²⁾에 따라 측정하였다. 500 mg의 시료에 증류수 100 mL를 가해 현탁액을 만들고 0.4

N NaOH 용액 25 mL를 가해 균일하게 수화시킨 다음 95~100℃ 증류수 65 mL를 넣고 마개를 하여 끓는 수조에서 60분 동안 가열한 후 얼음 수조에서 냉각시키면서 0℃ 증류수 50 mL를 가해 반응을 정지시켰다. 이 용액에 지시약인 0.1% ethanolic thymol blue 용액을 넣고 0.2 N H₂SO₄ 표준용액으로 적정하여 알칼리수를 계산하였다.

6. 칭 가

Gilbert 및 Spragg¹³⁾의 방법에 따라 측정하였다. 시료 200 mg에 100 mL 증류수를 가하고 90℃에서 45분간 호화시킨 뒤 용액 1 mL를 50 mL 정용 플라스크에 취하여 1 N NaOH 용액 0.5 mL를 가한 다음 끓는 수조에서 3분 동안 가열한 후 방냉하였다. 여기에 1 N HCl 0.5 mL를 가하고 다시 potassium hydrogen tartarate 0.09 g을 넣은 뒤 증류수를 가해 총량이 약 45 mL가 되도록 희석한 후 요오드 용액 (2 mg I₂/mL, 20 mg KI /mL) 0.5 mL를 가하고 정용 플라스크의 지시선까지 증류수로 채워 20분간 발색시킨 것을 Spectrophotometer(Beckman DU-650)로 680 nm에서 흡광도를 측정하여 칭가를 구하였다.

7. 요오드 흡착 특성

전분 100 mg에 에탄올 1 mL와 증류수 10 mL를 넣어 현탁시킨 후 10% NaOH 2 mL를 넣고 4℃ 냉장고에서 12시간 방치시켰다. 여기에 증류수 약 50 mL를 붓고 1 N HCl로 중화시킨 후 전체 부피를 100 mL로 맞추었다. 이 용액 5 mL를 취하여 여기에 요오드 용액 (2 mg I₂/mL, 20 mg KI /mL) 5 mL를 가한 후 500 mL로 정용하여 Spectrophotometer(Beckman DU-650)를 사용하여 500~700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

8. 용해도

50~90℃의 온도 범위에서 10℃ 간격으로 Schoch¹²⁾의 방법에 따라 측정하였다. 500 mg의 시료에 35 mL의 증류수를 가해 잘 분산시킨 후 온도를 증가시키면서 실시하였다. 각 온도의 항온 수조에서 교반기를 이용하여 같은 속도로 저어준 다음 증류수

를 가해 총 용액이 40 mL가 되도록 한 후 3,000 rpm의 속도로 30분간 원심분리하였다. 상등액은 증발접시에 옮겨 120℃ 오븐에서 4시간 완전히 건조시켜 증발접시에 남아있는 시료의 무게를 측정하여 용해도를 계산하였다.

9. 호화온도

전분시료에 증류수를 넣어 0.2% 농도의 현탁액을 만든 후 5 mL를 취해 항온 수조에서 30~98℃의 일정 온도로 5분간 가열한 다음 Spectrophotometer(Beckman DU-650)를 사용하여 625 nm에서 흡광도를 측정하였다.

10. X선 회절도

X선 회절도는 X선 회절기(X'pert PW3710, Philips, Netherlands)를 이용하여 target: Cu-K_α, scanning speed: 0.04° 2θ/s, voltage: 30kV, current: 20mA의 조건으로 회절각도 2θ:5-40°까지 회절시켜 분석하였다.

11. DSC(Differential scanning calorimeter) 특성

밀봉 가능한 알루미늄 팬(hermetic aluminum pan)에 전분과 증류수를 1:2의 비로 넣고 밀봉한 후 DSC(Rheometric Scientific SP⁺, England)를 이용하여 30℃부터 120℃까지 분당 10℃의 속도로 가열하면서 흡열 피크를 얻어 호화 개시 온도, 최대 호화 온도, 호화 엔탈피를 측정하였다.

12. 전분 입자의 형태

전분 입자의 형태를 주사 전자 현미경(Scanning electron microscope, Hitachi S-4200, Japan)을 이용하여 700배 확대비율로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 카르복실기 함량

제조된 산화 전분에서 사용한 활성 염소 농도가 높을수록 카르복실기의 함량이 증가함을 볼 수 있었다(Table 1). 활성 염소 농도를 1.5%에서 6.0%/g starch까지 적용시켜 산화시켰을 때 카르복실기 함

Table 1. Some physicochemical properties of oxidized potato starches

Property	Oxidant concentration ¹⁾				
	0%(native)	1.5%	3.0%	4.5%	6.0%
Carboxyl content (mg /g starch)	ND ²⁾	5.97	8.06	10.39	15.25
Water binding capacity	165.0%	170.0%	170.5%	171.5%	174.0%
Alkali number	1.92	10.24	12.92	21.44	25.20
Blue value	0.6741	0.6034	0.3652	0.3525	0.2477

¹⁾ % active Cl /g starch

²⁾ not determined

량은 5.97에서 15.25 mg /g starch의 증가를 보였는데 이 때 r^2 값이 0.95로서 카르복실기의 함량이 사용한 활성 염소 농도에 비례하는 것으로 나타났다. Hebeish 등¹⁴⁾의 연구에서도 산화 전분의 카르복실기 함량이 사용한 hypochlorite의 농도 증가에 따라 증가한다고 보고하여 본 실험과 일치함을 알 수 있었다. 한편 산화 전분에서 생성된 카르복실기의 함량은 전분 종류에 따라 작용방식이 달라서 괴경 전분이 곡류 전분보다 산화에 대한 반응성이 크다고 보고된 바 있는데¹⁴⁾, 본 실험과 비슷한 조건하에서 산화 옥수수 전분을 제조한 한¹⁵⁾의 실험과 본 실험을 비교하였을 때도 괴경 전분인 산화 감자 전분의 카르복실기 함량이 산화 옥수수 전분에서보다 더 많은 것으로 나타났다. 괴경 전분과 곡류 전분 사이에 차이가 나타나는 이유 중의 하나는 이들 전분 입자의 결정구조가 다르기 때문으로 감자 전분의 결정구조가 옥수수 전분의 결정구조에 비해 안정도가 낮아 산화에 대한 반응성이 크기 때문으로 생각되고 있다.

2. 물 결합력

무처리 전분 및 산화 전분에 대한 물 결합력은 Table 1과 같다. 산화 정도가 증가할수록 전분의 물 결합력이 증가하는 경향을 보였는데 이는 산화에 의해 전분 입자의 치밀도가 낮아지고 친수성 카르복실기의 증가로 수화력이 강해졌기 때문인 것으로 추정된다. 한편 Rasper와 deMan¹⁶⁾에 의하면 전분 입자의 크기가 물의 흡수에 영향을 끼쳐서 전분의 입자가 작을수록 입자와 입자사이의 공간이 작아져 물

흡수가 적어진다고 하였는데 감자 전분은 곡류 전분에 비해 입자가 크므로 다른 곡류 전분보다 물 결합력이 클 것으로 예상되나 물 결합력의 측정방법이 실험마다 다양하여 본 실험의 결과와 비교하기는 어려웠다.

3. 알칼리수

제조한 전분의 알칼리수를 측정한 결과 무처리 전분은 1.92, 1.5% 활성 염소 처리 전분은 10.24, 3.0% 활성 염소 처리 전분은 12.92, 4.5% 활성 염소 처리 전분은 21.44, 6.0% 활성 염소 처리 전분은 25.20의 값을 나타내었다(Table 1). 전분의 산화도가 증가할수록 알칼리수가 증가하는 것은 전분 입자로부터 분자량이 낮은 산의 생성량이 많아진 것을 의미하는 것으로 이는 산화에 의해 감자 전분의 조밀도가 낮아져 산화제의 침투가 용이해졌기 때문으로 사료되었다.

4. 청 가

산화 감자 전분의 청가를 측정한 결과 산화 정도가 클수록 감자 전분의 청가는 감소하였다(Table 1). 청가는 일반적으로 아밀로오스의 함량을 나타내주는 지표로 사용되나¹³⁾ 본 실험에서 산화 전분의 청가가 감소한 것은 산화로 인하여 전분 분자의 형태가 변화함으로써 전분 내에 요오드와 복합체를 형성할 수 있는 나선형 구조의 아밀로오스 함량 감소에 의한 것으로 해석되었다. 무처리 전분과 1.5% 활성 염소 처리 전분에서는 청가의 차이가 크게 나타나지 않았으나 3.0% 이상의 활성 염소 처리시에는

청가가 크게 낮아진 것으로 보아 낮은 활성 염소 처리시에는 아밀로오스 구조가 변화하지 않았으나 3.0% 이상의 활성 염소로 처리될 때에는 아밀로오스의 나선형 구조에 변화가 일어났음을 알 수 있었다. Forssell 등¹⁷⁾은 요오드와 청색의 복합체를 형성하기 위해서는 약 50개의 포도당 단위가 필요한데 산화에 의해 전분 구조에 변화가 생겨 이러한 복합체가 형성될 수 없게 된다고 보고하였고 Boruch⁷⁾도 전분이 고농도로 산화될 경우(40 g chlorine/kg starch)는 요오드와의 결합 능력을 잃고, 아밀로오스가 분해되며, 아밀로오스 분자 구조에 변화가 일어난다고 보고하고 있다.

5. 요오드 흡착 특성

무처리 전분과 산화 전분의 요오드 흡착 곡선은 Fig. 1과 같다. 전분의 산화 정도가 증가함에 따라 흡착 강도와 최대 흡수 파장이 낮아졌다. 전분의 최대 흡수 파장을 보면 무처리 전분의 경우 610, 1.5% 활성 염소 처리 전분은 602, 3.0% 활성 염소 처리 전분은 589, 4.5% 활성 염소 처리 전분은 580, 6.0% 활성 염소 처리 전분은 573 nm로서 산화도가 클수록 최대 흡수 파장이 점차 감소하는 경향을 보였는데 이는 전분 입자의 분해를 의미하는 것으로 청가의 실험결과와 일치하였다. 그러나 요오드 흡착 곡선에 나타난 최대 흡수 파장이 아밀로펙틴의 최대 흡수 파장인 540 nm이하로 내려가지 않는 것으로 보아 아밀로펙틴은 산화에 의해 분해되지 않았음을

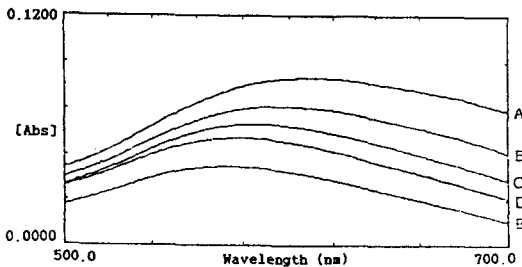


Fig. 1. Iodine absorption spectrum of oxidized potato starches. A, native starch; B, 1.5% active Cl/g starch; C, 3.0% active Cl/g starch; D, 4.5% active Cl/g starch; E, 6.0% active Cl/g starch

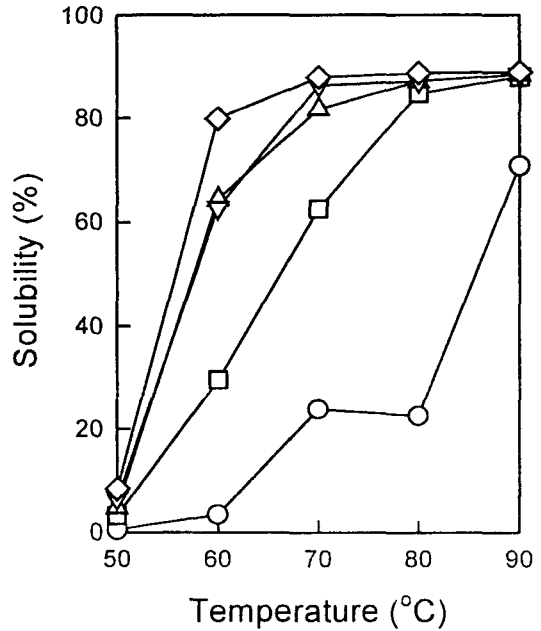


Fig. 2. Solubility of oxidized potato starches. ○, native starch; □, 1.5% active Cl/g starch; △, 3.0% active Cl/g starch; ▽, 4.5% active Cl/g starch; ◇, 6.0% active Cl/g starch

알 수 있었다.

6. 용해도

전분의 용해도는 산화 정도가 증가함에 따라 크게 증가하였다 (Fig. 2). 무처리 전분은 80℃까지 용해도의 증가가 완만하다가 80℃이상에서 용해도가 증가한 반면, 산화 전분은 50℃에서부터 용해도가 크게 증가하였다. 따라서 산화 전분은 무처리 전분에 비하여 낮은 온도에서도 쉽게 용해되며 산화 정도가 증가할수록 같은 온도에서 용해도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 일반적으로 온도 증가에 따라 용해도가 증가하는 것은 직쇄상 부분이 용출되기 때문으로 산화 전분의 용해도가 증가한 것은 전분 입자 표면의 무정형 부분이 변화되어 전분 입자내 결합력이 약해져 입자 내부물질의 용출이 용이하기 때문이라고 알려져 있다¹⁸⁾. 산화 전분들은 60~70℃에서 용해도의 차이가 뚜렷하고 90℃에서는 용해도의 차이

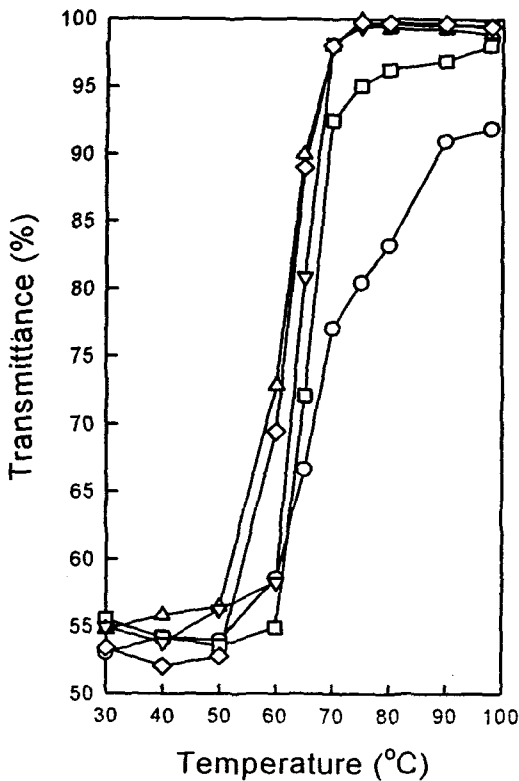


Fig. 3. Transmittance of 0.2% pastes of oxidized potato starches.

○, native starch; □, 1.5% active Cl/g starch; △, 3.0% active Cl/g starch; ▽, 4.5% active Cl/g starch; ◇, 6.0% active Cl/g starch

가 크게 나타나지 않아 낮은 온도에서의 용해도는 산화 정도에 의존하고 있음을 볼 수 있었다. 한편 무처리 전분과 산화 전분은 90°C에서도 뚜렷한 용해도의 차이를 보여줌으로써 산화에 의해 입자 내부 물질들이 쉽게 용출될 수 있을 정도로 전분의 구조가 많이 변형되었음을 예측할 수 있었다.

7. 호화온도

온도에 따른 산화 전분 용액의 광투과도가 Fig. 3에 나타나 있다. 무처리 전분과 1.5% 활성 염소 처리 전분은 60°C정도에서 광투과도가 증가하기 시작하고, 3.0%와 4.5% 활성 염소 처리 전분은 50~60°C에서, 6.0% 활성 염소 처리 전분은 50°C에서 광

투과도의 증가를 보여 전분의 산화도가 클수록 호화가 시작되는 온도는 낮아졌다. 무처리 전분의 경우는 90°C이상에서, 1.5% 활성 염소 처리 전분은 80°C이상에서, 3.0, 4.5, 6.0% 활성 염소 처리 전분은 75°C이상에서 광투과도가 거의 일정하게 나타나 전분의 완전 호화가 일어나는 온도도 산화도가 증가함에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같이 산화 정도가 높을수록 호화가 더 쉽게 일어나는 것으로 보아 산화 정도가 커질수록 전분 입자의 치밀도가 점점 약화되어짐을 예측할 수 있었다.

8. X선 회절도

무처리 전분과 산화 전분의 X선 회절도는 Fig. 4와 같다. Zobel¹⁹⁾의 X선 회절에 의한 전분의 분류에 따라 감자 전분의 X선 회절도를 분석해 볼 때 피크가 5.5, 9.9, 17.2 등의 부근에서 나타나 전형적인 B형 전분에 속하는 것으로 판명되었으며 전분이 산화되어도 X선 회절양상에는 큰 변화가 없었다. 산화도가 증가함에 따라 전분 입자의 치밀도가 낮아지고 있음을 보여 준 위의 실험 결과들에 비해 X선 회절도에서 무처리 전분과 산화 전분사이에 큰 차이가 나타나지 않는 것은 산화의 대부분이 전분 입자의 무정형 부분에서 일어나고 전분의 결정성 영역에서는 큰 변화가 일어나지 않았음을 시사해 주는 것으로 Autio²⁰⁾의 연구와 일치하였다.

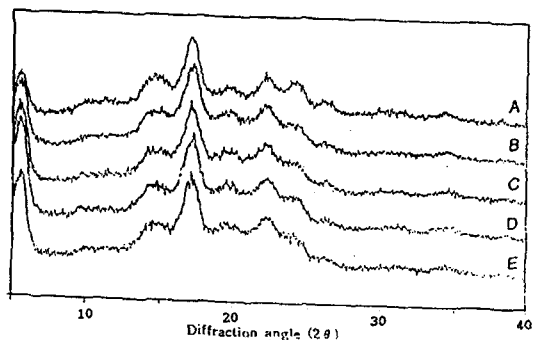


Fig. 4. X-ray diffraction patterns of oxidized potato starches.

A, native starch; B, 1.5% active Cl/g starch; C, 3.0% active Cl/g starch; D, 4.5% active Cl/g starch; E, 6.0% active Cl/g starch

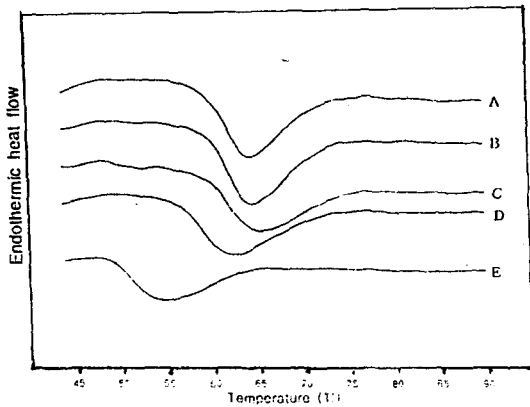


Fig. 5. DSC thermograms of oxidized potato starches.

A, native starch; B, 1.5% active Cl/g starch; C, 3.0% active Cl/g starch; D, 4.5% active Cl/g starch; E, 6.0% active Cl/g starch

Table 2. DSC characteristics of oxidized potato starches

Oxidant concentration ¹⁾	T ₀ (°C) ²⁾	T _p (°C) ³⁾	ΔH _G (mcal/mg) ⁴⁾
0% (native)	58.65	64.35	4.02
1.5%	59.17	64.50	3.91
3.0%	58.96	64.22	3.60
4.5%	55.95	62.19	3.97
6.0%	48.94	54.71	2.63

¹⁾ % active Cl/g starch

²⁾ T₀: Onset temperature

³⁾ T_p: Peak temperature

⁴⁾ ΔH_G: Enthalpy of gelatinization

9. DSC 특성

무처리 전분과 산화 전분의 DSC에 의한 호화양상은 Fig. 5와 같다. DSC thermogram으로부터 얻은 호화 개시 온도, 최대 호화 온도, 호화 엔탈피의 값이 Table 2에 있다. 대체로 산화도가 증가할수록 호화 개시 온도, 최대 호화 온도, 호화 엔탈피가 감소하였는데 이는 산화도가 증가함에 따라 전분 분자의 변성이 심해져서 열에 쉽게 호화되기 때문이라고 사료된다. Fig. 5에서 6.0% 활성 염소 처리 전분과 무처리 전분은 호화양상에서 뚜렷한 차이를 나타내

고 있어 고농도의 산화에 의해 전분 구조가 매우 변화되었음을 보여주었다. 그러나 전분의 산화에서 hypochlorite외의 다른 산화제를 이용할 경우는 호화양상이 다르다고 보고된 바 있어^{21, 22)} 산화제 및 산화조건에 따른 전분의 호화양상에 대한 보다 많은 연구가 필요하다고 본다.

10. 전분 입자의 형태

전분 입자의 형태를 주사 전자 현미경으로 관찰한 결과가 Fig. 6에 나타나 있다. 무처리 전분의 경우는 전분 입자의 표면이 매우 매끄러웠으나 산화 전분의 경우는 표면이 거칠고 울퉁불퉁하였다. 산화 전분에서는 산화 정도가 증가할수록 표면의 거친 정도가 심해지고 표면에서 관찰되는 작은 돌기의 크기도 커졌으나 6.0% 활성 염소 처리 산화 전분의 경우에서도 입자의 균열은 관찰되지 않아 산화가 거의 전분 입자의 표면에서만 일어나고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 주사 전자 현미경과 X선 회절도의 결과를 함께 볼 때 본 실험에서 산화는 주로 전분 입자 표면의 무정형 부분에서 일어났다고 분석되었다. 본 실험결과는 전분의 산화시 북쿨절 현상이 유지되므로써 산화가 입자의 무정형 부분에서 일어난다고 제시한 연구²³⁾와는 일치하나, 고농도 산화의 경우에 전분의 내부에서도 산화가 일어난다고 보고된 바도 있어²⁴⁾ 산화제의 종류 및 농도, 처리 방법 등이 산화 전분 입자의 형태 변화에 영향을 주고 있음을 알 수 있었다.

IV. 요약

1.5, 3.0, 4.5, 6.0% active Cl/g starch를 포함하는 sodium hypochlorite 용액으로 pH 7.0에서 감자 전분을 산화시켜 이화학적인 성질을 측정하였다. 산화 전분의 카르복실기 함량은 사용한 활성 염소 농도에 비례하였고, 물결합력과 알칼리수, 용해도는 산화 정도가 높을수록 증가하였다. 청가와 요오드 흡착 특성에서는 산화에 의해 아밀로오스 구조가 변화되었음을 알 수 있었고, 팽투파도와 DSC에 의한 호화양상에서는 산화 정도가 클수록 낮은 온도에서 호화되는 것으로 나타났다. X선 회절도와 주사

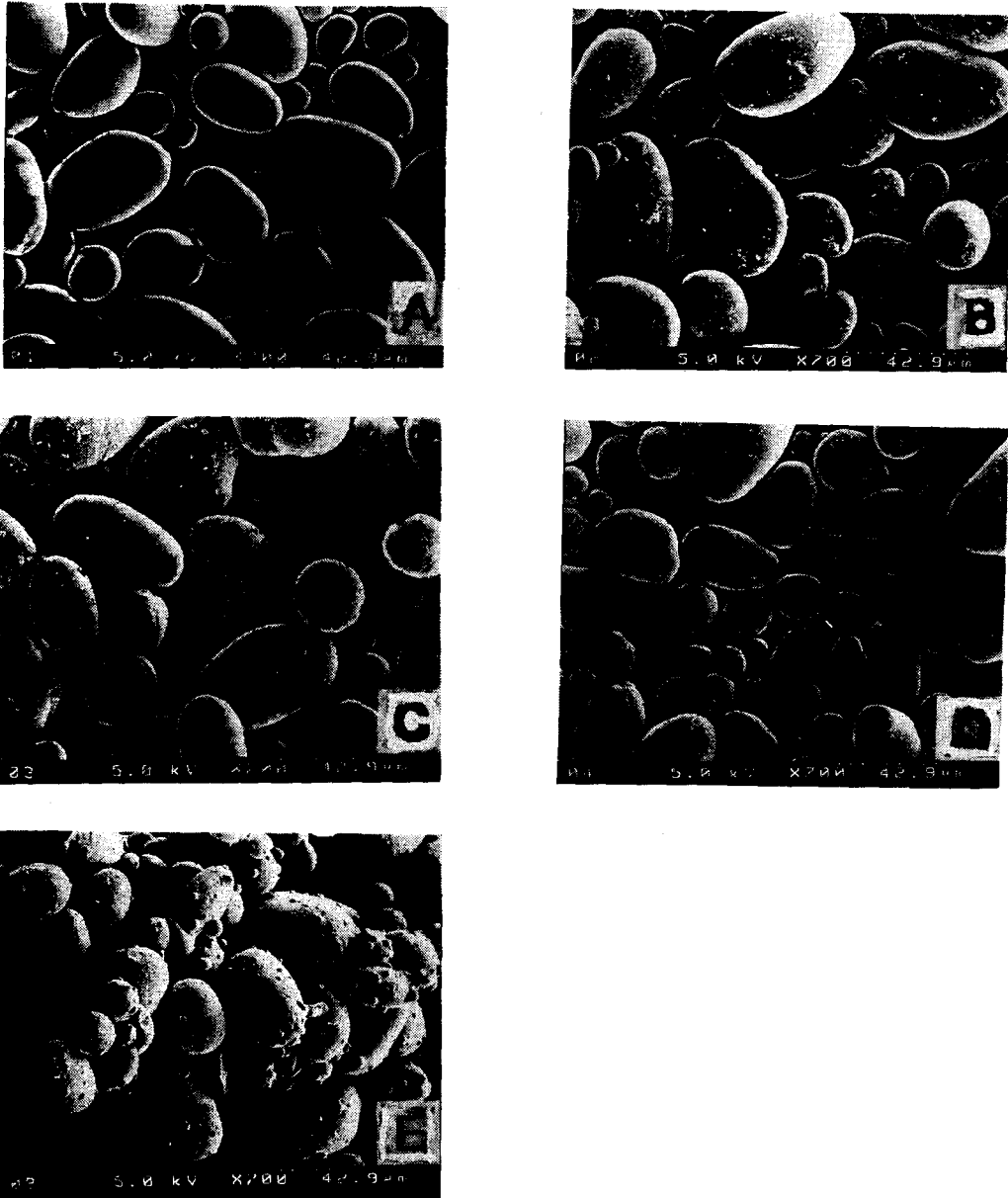


Fig. 6. Scanning electron micrographs ($\times 700$) of oxidized potato starches.

A, native starch; B, 1.5% active Cl/g starch; C, 3.0% active Cl/g starch; D, 4.5% active Cl/g starch; E, 6.0% active Cl/g starch

전자 현미경으로 살펴 본 전분 입자의 형태로부터 산화는 주로 입자 표면의 무정형 부분에서 일어난 것으로 추정되었다.

V. 참고문헌

1. Patel, K. F., Mehta, H. U., and Srivastava,

- H. C. : Kinetics and mechanism of oxidation of starch with sodium hypochlorite, *J. Appl. Polym. Sci.*, 18:389, 1974.
2. Whistler, R. L. and Schweiger, R. : Oxidation of amylopectin with hypochlorite at different hydrogen ion concentrations, *J. Am. Chem. Soc.*, 79:6460, 1957.
 3. Mellies, R. L., Mehlretter, C. L., and Senti, F. R. : Hypochlorite oxidized high-amylose starches, *J. Chem. Eng. Data*, 5:169, 1960.
 4. Schmorak, J., Mejzler, D., and Lewin, M. : A study of the mild oxidation of wheat starch and waxy maize starch by sodium hypochlorite in the alkaline pH range, *Stärke*, 14:278, 1962.
 5. Fischer, S. K. and Piller, F. : Neue Erkenntnisse über den Abbau der Stärke mit Hypochlorite, *Stärke*, 30:4, 1978.
 6. Fischer, S. K. and Piller, F. : Neue Erkenntnisse über den Abbau der Stärke mit Hypochlorite, *Stärke*, 29:262, 1977.
 7. Boruch, M. : Transformations of potato starch during oxidation with hypochlorite, *Stärke*, 37:91, 1985.
 8. Morwitz, W. : AOAC methods of analysis, 15th ed., Washington, 1990.
 9. Whistler, R. L. : Oxidation in method in carbohydrate chemistry, Academic Press, 1964.
 10. Wing, R. E. : Oxidation of starch by thermochemical processing, *Stärke*, 46:414, 1994.
 11. Medicalf, D. G. and Gilles, K. A. : Wheat starch. I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, 42:558, 1965.
 12. Schoch, T. J. : Methods in carbohydrate chemistry, ed. by R. L. Whistler, Academic Press, New York, N.Y., Vol. 4, p106, 1964.
 13. Gilbert, G. A. and Spragg, S. P. : Methods in carbohydrate chemistry, ed. by R. L. Whistler, Academic Press, New York, N. Y., Vol. 4, p.168, 1964.
 14. Hebeish, A., Thalouth, A., Refai, R., and Ragheb, A. : Synthesis and characterization of hypochlorite oxidized starches, *Stärke*, 41:293, 1989.
 15. 한진숙 : Sodium hypochlorite로 산화된 옥수수 전분의 이화학적 특성 및 리올로지 특성, 서울대학교 박사학위 논문, 1996.
 16. Rasper, V. F. and deMan, J. M. : Effect of Granule size of substituted starches on the rheological character of composite doughs, *Cereal Chem.*, 57:331, 1980.
 17. Forssell, P., Hamunen, A., Autio, K., Suortti, T., and Poutanen, K. : Hypochlorite oxidation of barley and potato starch, *Stärke*, 47:371, 1995.
 18. Takeda, C. and Hizukuri, S. : Characterization of the heat dependent pasting behavior of starches. Nippon Nogai Kagaku Kaish, 48:663, 1974.
 19. Zobel, H. F. : Starch granule structure in developments in carbohydrate chemistry. ed. by Alexander, J. and Zobel, H. F., American Association of Cereal Chemistry, St. Paul, USA, pp.1-36, 1992.
 20. Autio, K., Suortti, T., Hamunen, A., and Poutanen, K. : Microstructural and physicochemical properties of oxidized potato starch for paper coating. *Stärke*, 44:388, 1992.
 21. Muhrbeck, P., Eliasson, A. M., and Salomonsson, A. C. : Physical characterization of bromine oxidized potato starch. *Stärke*, 42:418, 1990.
 22. Parovuori, D., Hamunen, A., Forssell, P., Autio, K., and Poutanen, K. : Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide. *Stärke*, 47:19, 1995.
 23. Wurzburg, O. B. : Modified starches: Properties and uses, CRC Inc., 1986.
 24. Prey, V. V., Fischer, S. K., and Kinger, S. :

New knowledge on degradation of starch by hypochlorite. Part 4. Swelling and gelatin-

ization behavior of oxidized starches. Stärke, 28:166, 1976.