

## 치환도가 초산 쌀전분의 이화학적 특성에 미치는 영향

손광준<sup>1</sup> · 정만곤<sup>2</sup> · 김형일<sup>1</sup> · 유병승<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 식품공학과

<sup>2</sup>AVEBE Korea Ltd.

### Physicochemical Properties of Acetylated Rice Starch as Affected by Degree of Substitution

Kwang-Joon Shon<sup>1</sup>, Man-Gon Chung<sup>2</sup>, Hyung-Il Kim<sup>1</sup> and Byoungseung Yoo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

<sup>2</sup>AVEBE Korea Ltd., Seoul 100-737, Korea

#### Abstract

Acetylated rice starches were prepared by reaction of rice starch with acetic anhydride, and their physicochemical properties as a function of degree of substitution (DS) were evaluated. The percentage of acetyl group and DS were 0~2.71% and 0~0.104, respectively. DS increased with increase in acetic anhydride content. DS increased swelling power and solubility of rice starch. Light transmittance (%) values of acetylated rice starches were much higher than that of native rice starch and increased with increase in DS. Rapid Viscosity Analyzer initial pasting temperature of acetylated rice starches decreased with increase in DS, while peak viscosity and breakdown values increased. Starch gels showed a significant decrease in syneresis (%) with the increase in DS.

**Key words:** acetylation, rice starch, physicochemical property, degree of substitution, viscosity, syneresis

#### 서 론

전분은 식품분야 뿐만 아니라 다른 여러 분야에서도 널리 사용되고 있는 중요한 원료 중의 하나이다. 따라서 전분은 전분 고유의 특성 이외에 특수한 물리적 특성을 가진 다양한 전분제조를 위해서 물리적 또는 화학적 방법으로 변성시키게 된다. 식품산업에서는 전분의 노화 안정성, pH 안정성, 냉·해동 안정성(freeze-thaw stability), 점도(viscosity) 그리고 투명도를 증가시키기 위해 다양한 기능성을 가진 화학적 변성전분을 제조하여 그 이용가치를 높이고 있다.

일반적인 화학적 변성은 전분의 가교결합, 산화, 산가수분해 및 유도체화 방법에 의해 얻어질 수 있으며(1), 전분 유도체 중 초산 전분은 초산, 무수초산, 염화아세틸 등의 초산기에 의해 치환된 전분 ester로서 낮은 호화개시온도, 높은 투명도 그리고 우수한 내노화성을 나타내며, 또한 기계적 전단력(mechanical shear), pH 안정성 및 냉·해동 안정성이 증진되는 것으로 알려져 있다(2-4). 이와 같은 초산화에 의한 기능적 효과는 초산기 도입으로 인한 전분분자들 간의 결합력 감소 때문인 것으로 알려져 있다. 초산 전분제법에 대한

여 Wurzburg(5)는 옥수수전분을 원료로 다양한 치환도를 갖는 초산 전분을 실험실적으로 제조하였으며, 최근 여러 연구자들은 옥수수전분(6-8), 감자전분(6,7), 밀전분(9), 보리전분(10), 콩류전분(11-13), 쌀전분(14-17)을 원료로 제조한 초산 전분들이 원료 전분(native starch)에 비하여 호화개시온도가 감소하고, 팽창력, 점도, 동적점탄성(dynamic viscoelastic property), 냉·해동 안정성이 증가한다고 보고하고 있다. 또한 Chen 등(18)에 의하면 초산전분의 이화학적 특성은 이들 전분의 화학적 구조, 치환도(degree of substitution, DS) 그리고 초산기의 분포에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 현재 미국의 FDA 및 국내의 식품첨가물공전에서는 % acetyl 함량이 0.5~2.5% 범위에 있는 초산 전분에 대해서만 식품첨가물로 허가하고 있다(1).

초산 쌀전분의 이화학적 특성에 관한 논문은 몇몇 연구자들(14-17)을 제외하고는 거의 없으며, 특히 치환도를 달리한 쌀전분의 이화학적 특성에 대한 연구는 전무하다. 따라서 본 연구에서는 치환도가 초산 쌀전분의 이화학적 특성에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

\*Corresponding author. E-mail: bsyoo@dongguk.edu  
Phone: 82-2-2260-3368. Fax: 82-2-2264-3368

## 재료 및 방법

### 실험재료

쌀 전분은 Bangkok Starch Industrial Co.(Nakornpratom, Thailand)로부터 제공받았으며, 초산 전분에 첨가되는 무수 초산은 삼천화학(Pyongtack, Korea)사 제품을 사용하여 실험하였다.

### 초산 쌀전분 제조

초산 쌀전분 제조는 약간 수정된 Wurzburg의 방법(5)을 사용하였다. 쌀전분(500 g)과 증류수(750 mL)는 물이 순환될 수 있는 Double-jacket반응조(3 L)에 함께 넣고 여기서 얻어진 현탁액(30°C)은 peristaltic pump(MP-1000-H, Tokyo, Kyoto, Japan)를 이용하여 무수초산(0~50 g)을 일정한 주입하면서 반응을 시켰다. 또한 반응하는 동안 이들 현탁액의 pH를 7.8~8.2로 유지시키기 위해 4% NaOH용액을 동시에 peristaltic pump를 사용하여 주입하였으며, 교반속도 800 rpm에서 2시간동안 반응시켰다. 이후 15% HCl을 넣어 pH 5.5로 보정하여 반응을 종료하였다. 반응이 종료된 현탁액은 증류수로 3회 수세, 탈수한 다음, 40°C의 진공건조기(VOS-201SD, Eyela, Kyoto, Japan)에서 24시간동안 건조되었다. 건조된 시료는 분쇄된 후 sieve shaker(AS200, Retsch GmbH & Co., Haan, Germany)의 체(mesh 구멍크기: 150 µm)를 통과시켜 시료로 사용하였다.

### 일반성분 측정

초산 쌀전분의 일반성분은 AOAC방법(19)에 따라 조지방질, 조단백질, 조회분 함량을 분석하였다.

### % acetyl 함량 및 치환도 측정

초산 쌀전분의 % acetyl 함량과 치환도는 Smith의 방법(20)에 따라 측정하였다. 즉, 시료 5 g을 증류수와 phenolphthalein 지시약을 넣고 자석교반기를 이용하여 분산시킨 후 0.1 N NaOH 소량과 0.45 N NaOH 25 mL를 첨가하여 상온에서 30분간 더 분산하였다. 과잉의 alkali를 0.2 N HCl을 이용하여 옅은 홍색이 없어질 때까지 적정하여 계산하였다.

### Amylose 함량 측정

Amylose 함량 측정은 Juliano의 방법(21)에 따라 측정하였다. 즉, 시료 0.1 g에 95% ethanol 1 mL와 1 N NaOH 9 mL를 넣어 95°C의 항온수조에서 10분간 가열한 후 30분간 상온에서 냉각한 후 이 호액을 100 mL로 정량하고 시료 중 5 mL를 플라스크에 취해 1 N 초산 1 mL와 요오드용액 2 mL를 첨가하여 100 mL로 정량하였다. 이 용액을 2분간 자석교반기에서 교반하고, 상온에서 20분간 방치한 후 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 620 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 표준곡선은 Sigma(St. Louis, MO)사의 감자 amylose를 사용하여 얻어졌다.

### 팽윤력 및 용해도 측정

초산 쌀전분의 팽윤력과 용해도는 Leach 등의 방법(22)을 약간 수정하여 측정하였다. 2% 전분 현탁액을 제조하여 95°C의 항온수조에서 호화시킨 후 3000 rpm의 조건에서 15분간 원심 분리하였다. 분리된 상등액과 침전물 모두 120°C에서 4시간 건조되었다.

### Rapid Visco Analyzer(RVA)에 의한 호화 특성 측정

전분 paste의 정도는 RVA(RVA3D, Newport Sci. Pty. Ltd., Warriewood, Australia)를 사용하여 측정하였다. 10% (고형분 기준) 전분현탁액을 50°C에서 95°C까지 7.5°C/분의 속도로 가열하고 95°C에서 5분간 유지시킨 후, 다시 50°C까지 같은 속도로 냉각한 다음 5분간 유지시켰다. 여기서 얻은 점도변화로부터 호화개시온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), breakdown, setback 등이 측정되었다.

### 광투과도 측정

초산 쌀전분의 광투과도 측정은 Wilson 등의 방법(23)에 따라 0.1% 전분 현탁액을 제조하여 항온수조에서 시료를 2.5°C/분 속도로 40°C에서 95°C까지 가열하면서 광투과도의 변화를 spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 625 nm에서 측정하였다.

### 전분입자의 크기와 형태 분석

초산 쌀전분의 전분입자의 크기와 표면 형태를 주사전자현미경(scanning electron microscopy, SEM) (S-3000N, Hitachi, Tokyo, Japan)을 사용하여 3500배 확대하여 관찰하였다.

### 전분겔의 이수현상 측정

전분겔의 이수 정도는 Sodhi와 Singh(15)의 방법에 따라 측정되었다. 즉, 5% 전분 현탁액을 90°C 조건의 항온수조에서 30분간 가열한 뒤 얼음물로 상온까지 급냉시킨 후 4°C 냉장조건에서 48, 72, 96, 168시간 저장하였다. 이들 전분겔의 이수현상은 3200×g에서 15분간 원심 분리한 후 얻어진 물의 양(%)으로부터 측정되었다.

## 결과 및 고찰

### % acetyl 함량 및 치환도

Table 1은 무수초산 함량에 대한 쌀전분의 % acetyl 함량과 치환도 변화를 나타낸 것이다. 쌀전분의 % acetyl 함량(0.64~2.71%)과 치환도(0.025~0.104)는 무수초산의 함량이 증가함에 따라 현저히 증가하였다. 이와 같은 쌀전분의 낮은 % acetyl 함량은 작은 전분입자 크기와 관련이 있는 것으로 보인다(6). Betancur 등(12) 및 Hoover와 Sosulski(11)는 콩류전분을 초산화하였을 때 무수초산의 함량이 증가할수록 치환도가 증가한다고 보고하였으며, 이와 같은 경

**Table 1. % acetyl, degree of substitution (DS), swelling power and solubility of acetylated rice starches with different acetic anhydride contents<sup>1)</sup>**

Acetic anhydride content (%)	Acetyl (%)	DS	Swelling power (g)	Solubility (%)
0 (native)	-	-	24.3±0.29	8.11±0.02
2	0.64±0.01	0.025±0.001	29.2±0.10	8.42±0.02
4	1.18±0.01	0.046±0.001	31.3±0.67	8.74±0.04
6	1.74±0.01	0.068±0.001	33.4±0.15	9.07±0.02
8	2.28±0.02	0.089±0.001	34.4±0.43	9.22±0.02
10	2.71±0.01	0.104±0.001	37.9±0.12	9.55±0.01

<sup>1)</sup>Values are mean ± standard deviation for triplicate measurements.

향은 초산 옥수수전분(6)과 초산 canna전분(24)에서도 유사하게 나타났다.

**일반성분 및 amylose 함량**

Table 2는 초산 쌀전분의 일반성분과 amylose 함량을 보여주고 있다. 변성되지 않은 원료 쌀전분(native starch, 치환도 0)의 조회분 함량은 0.15%를 나타낸 반면 초산 전분(acetylated starch, 치환도 0.025~0.104)은 0.06~0.08%로 감소되는 것으로 나타났으며, 원료 쌀전분의 조단백질 또한 0.46%를 나타낸 반면 초산 쌀전분은 0.04~0.09%로 감소하는 것으로 나타났다. 콩류 전분(12,13)과 다른 종류의 쌀전분(16)에서도 이와 유사한 결과를 보여주었다. Gonzalez와 Perez(16)에 의하면 초산 쌀전분의 조회분 함량 감소는 전분을 초산화하는 과정에서 무기물이 벗겨 나가기 때문에 나타나는 현상으로 보고 있다. Amylose 함량은 원료 쌀전분(14.7%)보다 초산 쌀전분(13.2~14.1%)의 소폭 감소되는 것으로 나타났다. 이와 같이 초산 쌀전분의 amylose 함량이 낮은 것은 쌀전분 chain에 도입된 초산기가 amylose의 선형 구조 형성을 방해하여, 결과적으로 amylose-iodine complex의 형성에 장애를 일으키기 때문인 것으로 설명될 수 있다(16). 그러나 Singh 등(6)에 의하면 초산 감자전분과 초산 옥수수전분이 원료전분에 비해 amylose 함량이 약간 증가하는 것으로 나타났다. 이는 초산기가 호화전분 냉각 시 amylose의 재결합을 방해하고, 이때 형성된 보다 많은 선형 모양의 구획으로 인해 amylose가 많은 양의 iodine을 쉽게 흡수하기 때문인 것으로 보고 있다(12). 따라서 초산 전분의

**Table 2. Effect of DS<sup>1)</sup> on characterization of acetylated rice starches (%)**

DS	Crude fat	Crude protein	Crude ash	Amylose
0 (native)	0.16	0.46	0.15	14.7
0.025	0.13	0.09	0.08	13.2
0.046	0.17	0.08	0.07	14.1
0.068	0.12	0.09	0.08	14.1
0.089	0.14	0.07	0.06	13.3
0.104	0.15	0.04	0.06	13.4

<sup>1)</sup>DS=degree of substitution.

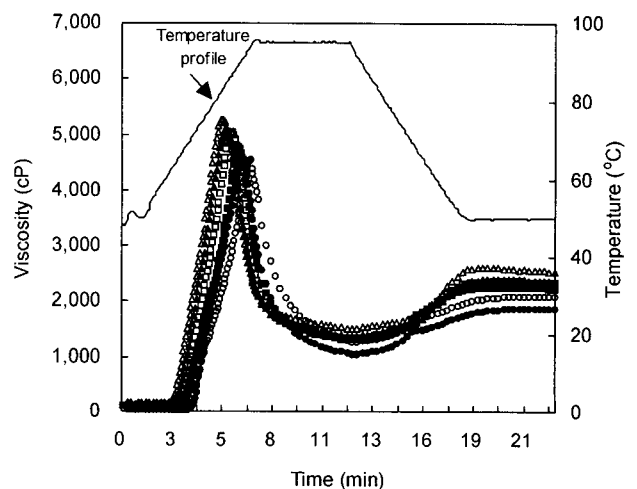
amylose 함량은 전분의 종류에 따라 원료전분에 비해 그 수치가 약간 달라질 수 있는 것으로 추정된다.

**팽윤력 및 용해도**

Table 1은 초산 쌀전분과 원료 쌀전분의 팽윤력과 용해도를 보여주고 있으며, 원료 쌀전분의 팽윤력(24.3 g)과 용해도(8.11%)는 초산 쌀전분(팽윤력: 29.2~37.9 g, 용해도: 8.42~9.55%)보다 낮게 나타났다. 또한 쌀전분은 치환도가 증가할수록 팽윤력과 용해도도 함께 증가하는 것으로 나타났다. 이와 유사한 경향은 감자전분과 옥수수전분(6,7)에서도 나타났다. 일반적으로 전분의 팽윤력과 용해도는 전분 입자 내의 micelle 구조의 결정성과 밀접한 관련이 있으며, 전분의 종류, 열처리 방법, 입자구조, 전분과 지방산의 결합력, 화학적 변성 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(22). 화학적으로 변성된 초산 전분의 팽윤력과 용해도가 증가하는 것은 친수성 치환기의 도입으로 인하여 전분입자 내부에 수소결합이 형성되어 수분보유력이 증가되는 것으로 설명될 수 있으며, 따라서 치환도가 증가할수록 팽윤력과 용해도도 함께 증가하게 된다(12).

**RVA에 의한 호화특성**

치환도에 따른 초산 쌀전분의 RVA pasting curve에 의한 호화특성을 측정된 결과는 Fig. 1과 Table 3에서 나타난 바와 같이 원료 쌀전분의 최고점도는 4457 cP로 가장 낮은 수치를 보였고, 치환도가 증가함에 따라 초산 쌀전분의 최고점도(4536~5268 cP)는 증가하였다. 원료 쌀전분의 호화개시 온도는 70.5°C로 가장 높은 수치를 보여 주었고, 치환도가 증가함에 따라 67.5°C에서 59.5°C로 감소하는 경향을 보여 주었다. 초산 쌀전분의 낮은 호화개시온도와 높은 최고점도는 초산기에 의한 수소결합 형성으로 전분 chain의 분자 회합(association)을 입체적으로 방해하고 또한 전분의 친수성



**Fig. 1. Effect of degree of substitution (DS) on Rapid Visco Analyser pasting profiles of acetylated rice starches. (●) 0 (native), (○) 0.025, (■) 0.046, (□) 0.068, (▲) 0.089, (△) 0.104.**

**Table 3. Effect of DS<sup>1)</sup> on pasting properties of acetylated rice starches**

DS	Peak viscosity (cP)	Hot paste viscosity (cP)	Break down (cP)	Final viscosity (cP)	Setback (cP)	Pasting temp. (°C)
0 (native)	4457	1044	3413	1864	820	70.5
0.025	4536	1273	3263	2087	814	67.5
0.046	4755	1310	3445	2234	924	65.5
0.068	5036	1333	3703	2331	998	64.5
0.089	5075	1379	3696	2363	984	62.5
0.104	5268	1511	3757	2528	1017	59.5

<sup>1)</sup>DS=degree of substitution.

을 변화시켜 물분자와의 결합에 영향을 미치는 것으로 설명될 수 있다(25). 일반적으로 전분 chain 내부에 초산기의 도입은 amylose chain들 간의 근접한 평형 정렬을 방해하여 원료 전분보다 낮은 setback 값을 나타내지만(15), 본 연구에서는 치환도 0.025 초산 쌀전분을 제외한 모든 초산 쌀전분의 setback 값이 증가되는 것으로 나타났다. 이와 유사한 결과는 다른 초산 쌀 전분의 setback 측정에서도 나타났다(14,15). Hoover와 Sosulski(11)는 이러한 초산전분의 setback 값의 증가는 amylose의 용출량 증가와 RVA 측정 시 고속으로 회전하는 spindle의 전단(shear)작용이 setback 값을 낮추게 하는 아세틸기의 입체적 효과를 무효화시켜 나타나는 현상으로 보고 있다.

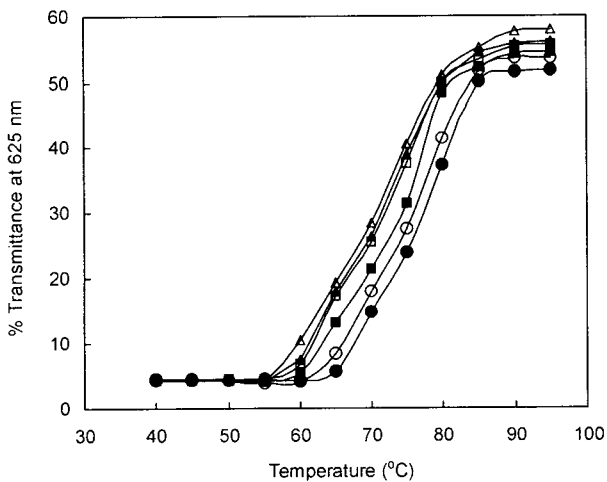
**광투과도**

일반적으로 전분 호화액의 광투과도는 amylose와 amylopectin의 구조 및 함량, 치환기, 당, 염, 지방산 등에 의해 영향을 받는다. 치환도에 따른 초산 쌀전분의 광투과도 결과는 Fig. 2와 같다. 광투과도는 온도의 상승에 비례하여 증가하였으며, 치환도가 증가함에 따라 증가하였다. 55°C이하에서는 모든 시료가 유사한 값(3.7~4.5%)을 나타내었지만, 60°C 이후부터 광투과도가 급격히 증가되었다. 70°C에서의 초산 쌀전분의 광투과도는 치환도가 0, 0.025, 0.046, 0.068, 0.089,

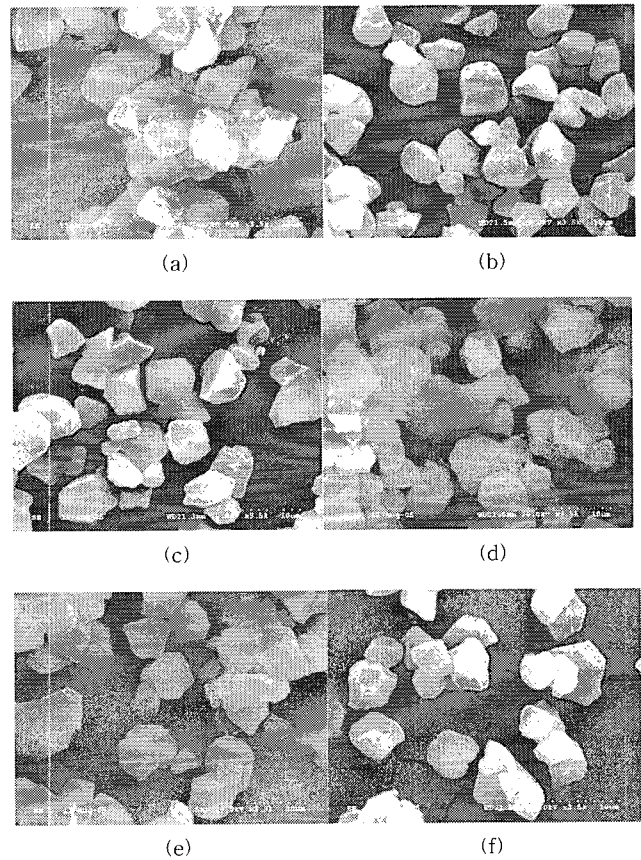
0.104로 증가함에 따라 광투과도는 각각 14.8, 18.1, 21.3, 25.3, 26.3, 28.3%로 증가하여, 치환도가 초산 쌀전분 호화액의 광투과도에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 95°C에서의 광투과도는 51.7, 53.6, 54.6, 55.7, 56.2, 57.9%로 나타났다. 이와 같이 초산 전분의 광투과도가 증가하는 것은 전분 chain에 도입된 초산기가 전분의 친수성을 증가시키고, 이로 인해 호화액의 투명도가 증가되기 때문이다(12). 또한 옥수수 전분(6,7)과 감자전분(6,7) 그리고 다른 쌀전분(14)에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다.

**전분입자의 크기와 형태 분석**

일반적으로 쌀전분의 입자크기는 3~8 mm로서 옥수수전



**Fig. 2. Effect of degree of substitution (DS) on changes in light transmittance of acetylated rice starches.**  
 (●) 0 (native), (○) 0.025, (■) 0.046, (□) 0.068, (▲) 0.089, (△) 0.104.



**Fig. 3. Scanning electron micrographs of acetylated rice starches (×3,500).**  
 (a) 0 (native), (b) 0.025, (c) 0.046, (d) 0.068, (e) 0.089, (f) 0.104.

**Table 4. Effect of DS<sup>1)</sup> on syneresis (%) of acetylated rice starches<sup>2)</sup>**

DS	Syneresis			
	48 h	72 h	96 h	168 h
0 (native)	2.61±0.04	3.13±0.02	3.89±0.01	4.81±0.05
0.025	1.36±0.01	1.80±0.03	1.87±0.02	2.00±0.01
0.046	1.21±0.01	1.34±0.01	1.40±0.02	1.77±0.03
0.068	1.00±0.01	1.10±0.02	1.15±0.01	1.35±0.02
0.089	0.75±0.04	0.89±0.01	0.97±0.02	1.01±0.02
0.104	0.30±0.01	0.39±0.01	0.50±0.01	0.71±0.04

<sup>1)</sup>DS=degree of substitution.

<sup>2)</sup>Values are mean±standard deviation for triplicate measurements.

분(5~30 mm), 찰옥수수전분(5~30 mm), 밀전분(1~45 mm), 감자전분(5~100 mm)보다 작으며, 매끄러운 표면과 각진 다각형의 입자형태를 가진 것으로 알려져 있다(26). 주사전자현미경(SEM)으로 관찰한 치환도가 다른 초산 쌀전분의 형태학적 특성 및 변화를 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 원료 쌀전분의 입자크기는 3~5.5 mm로 나타났으며, 초산 쌀전분들의 입자크기는 치환도에 따른 변화 없이 2~7.5 mm를 나타냈다. 또한 이들 쌀전분 모두 다각형의 입자형태를 보여 주었다. 따라서 이들 결과로부터 초산 쌀전분의 입자크기와 형태는 치환도에 따라 큰 차이가 없음을 알 수 있었으며, 이는 초산화 canna 전분(24), 옥수수전분(6,7), 감자전분(6,7), 쌀전분(14) 등에서도 유사한 결과를 나타내었다.

**전분 겔의 이수현상**

일반적으로 전분의 노화는 전분호화 과정 중 이용된 물분자의 손실, 전분입자의 재배열 그리고 인접한 분자간의 수소결합 형성에 의한 재결정화 등에 의해 나타나는 현상으로, 이러한 노화정도는 이수현상으로 측정될 수 있다(1,27,28). Table 4는 치환도에 따른 초산 쌀전분의 이수현상의 변화를 보여주고 있다. 모든 시료의 이수현상은 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 것으로 관측되었으며, 초산 쌀전분의 이수현상은 원료 쌀전분보다 현저히 낮았다. 초산 쌀전분의 이수현상은 치환도가 증가함에 따라 낮아지는 것으로 나타났다. 초산화에 따른 이수현상의 감소는 초산 전분 겔 내부에 도입된 초산기로 인하여 수분 보유력이 증가하는 것으로 설명될 수 있다(7). Jarowenko(29)는 전분에 도입된 초산기가 냉장 저장 중 겔의 저장안정성을 개선한다고 보고하였다.

**요 약**

쌀전분에 무수초산을 반응시켜 치환도가 다른 초산 쌀전분들을 제조하여 이들의 이화학적 특성을 비교·검토하였다. % acetyl 함량과 치환도 측정에서 무수초산의 함량이 증가함에 따라 쌀전분의 % acetyl 함량(0.64~2.71%)과 치환도(0.025~0.104)는 현저히 증가하였다. Amylose 함량은 초산기의 영향으로 소폭 감소하는 것으로 나타났으며, 원료

쌀전분의 팽윤력(24.3 g)과 용해도(8.11%)는 초산 쌀전분(팽윤력: 29.2~37.9 g, 용해도: 8.42~9.55%)보다 낮았으며, 치환도가 증가할수록 팽윤력과 용해도도 함께 증가하였다. RVA에 의한 호화 특성 측정에서 원료 쌀전분의 최고점도는 4457 cP로 나타났으며, 치환도가 증가할수록 최고점도(4536~5268 cP)는 증가하였다. 호화개시온도는 치환도가 증가할수록 낮아지는 것으로 나타났다. 광투과도 측정에서는 초산 쌀전분의 치환도가 증가할수록 광투과도는 증가하는 것으로 나타났다. 주사전자현미경으로 관찰한 원료 쌀전분과 초산 쌀전분의 입자크기는 치환도에 따른 차이를 나타내지 않았다. 전분겔의 이수현상측정에서는 초산 쌀전분의 치환도가 증가할수록 이수현상이 감소하는 것으로 나타났다.

**감사의 글**

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-F00070).

**문 헌**

1. Thomas DJ, Atwell WA. 1999. Starch modifications. In *Starches*. Eagan Press, Minnesota, USA. p 31-48.
2. Luallen TE. 1988. Structure, characteristics, and uses of some typical carbohydrate food ingredients. *Cereal Foods World* 33: 924-927.
3. Rogols S. 1988. Starch modifications: A view into the future. *Cereal Foods World* 31: 869, 870, 872-874.
4. Schierbaum F, Kettlitz B. 1994. Studies on rye starch properties and modification. Part III. Viscograph pasting characteristics of rye starches. *Starch* 46: 2-8.
5. Wurzburg OB. 1964. Acetylation. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic press, New York, USA. Vol 4, p 286.
6. Singh N, Chawla D, Singh J. 2004. Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. *Food Chem* 86: 601-608.
7. Singh J, Kaur L, Singh N. 2004. Effect of acetylation on some properties of corn and potato starches. *Starch* 56: 586-601.
8. Xu YX, Dzenis Y, Hanna MA. 2005. Water solubility, thermal characteristics and biodegradability of extruded starch acetate foams. *Industrial Crops and Products* 21: 361-368.
9. Takahashi S, Maningat CC, Seib PA. 1989. Acetylated and hydroxypropylated wheat starch: Paste and gel properties compared with modified maize and tapioca starches. *Cereal Chem* 66: 499-506.
10. Wu YA, Seib P. 1990. Acetylation and hydroxypropylated distarch phosphates from waxy barley: Paste properties and freeze-thaw stability. *Cereal Chem* 67: 202-208.
11. Hoover R, Sosulski F. 1985. A comparative study of the effect of acetylation on starches of *Phaseolus vulgaris* biotypes. *Starch* 37: 397-404.
12. Betancur AD, Chel GL, Canizares HE. 1997. Acetylation and characterization of *Canavalia ensiformis* starch. *J Agric Food Chem* 45: 378-382.
13. Adebowale KO, Afolabi TA, Lawal OS. 2002. Isolation,

- chemical modification and physicochemical characterisation of Bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*) starch and flour. *Food Chem* 78: 305-311.
14. Jeong JH, Bae JS, Oh MJ. 1993. Physico-chemical properties of acetylated rice starches. *Korean J Food Sci Technol* 25: 123-129.
  15. Sodhi NS, Singh N. 2005. Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated for different rice cultivars. *J Food Eng* 70: 117-127.
  16. Gonzales Z, Perez E. 2002. Effect of acetylation on some properties of rice starch. *Starch* 54: 148-154.
  17. Shon KJ, Yoo B. 2006. Effect of acetylation on rheological properties of rice starch. *Starch* 58: 177-185.
  18. Chen Z, Schols HA, Voragen AGJ. 2004. Differently sized granules from acetylated potato and sweet potato starches differ in the acetyl substitution pattern of their amylose populations. *Carbohydr Polym* 56: 219-226.
  19. AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis*. 14th ed. Association of official analytical communities, Arlington, VA, USA.
  20. Smith RJ. 1967. Characterization and analysis of starches. In *Starch: Chemistry and Technology*. Whistler RL, Paschall EF, eds. Academic press, New York, USA. Vol 2, Chap 25, p 569-635.
  21. Juliano BO. 1971. A simplified assay for milled rice-amylose. *Cereal Sci Today* 16: 334-338, 340, 360.
  22. Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36: 534-544.
  23. Wilson LA, Birmingham VA, Moon DP, Snyder HE. 1978. Isolation and characterization of starch mature soybeans. *Cereal Chem* 55: 661-670.
  24. Saartrat S, Puttanlek C, Rungsardthong V, Uttapap D. 2005. Paste and gel properties of low-substituted acetylated canna starches. *Carbohydr Polym* 61: 211-221.
  25. Liu H, Ramsden L, Corke H. 1997. Physical properties and enzymatic digestibility of acetylated *ae*, *wx*, and normal maize starch. *Carbohydr Polym* 34: 283-289.
  26. Wong KS, Kubo A, Jane JL, Harada K, Saoh H, Nakamura Y. 2003. Structures and properties of amylopectin and phyto-glycogen in the endosperm of sugary-1 mutant of rice. *J Cereal Sci* 37: 139-149.
  27. Germani R, Ciacco CF, Rodriguez-Amaya DB. 1983. Effect of sugar, lipids and type of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn starch gels. *Starch* 35: 377-381.
  28. Baik MY, Kim KJ, Cheon KC, Ha YC, Kim WS. 1997. Effect of moisture content on recrystallization of rice starch gels. *Korean J Food Sci Technol* 29: 939-946.
  29. Jarowenko W. 1986. Acetylated starch and miscellaneous organic esters. In *Modified Starches: Properties and Uses*. Wurzburg OB, ed. CRC press, Florida, USA. p 56-77.

(2006년 1월 25일 접수; 2006년 3월 14일 채택)