

## 멥쌀 및 찹쌀전분 호화용액의 리올로지 특성에 미치는 Alum 첨가의 영향

이신영 · 이상귀 · 권익부\*

강원대학교 발효공학과, \*롯데그룹 중앙연구소

### Effect of Alum on the Rheological Properties of Gelatinized Solutions of Nonwaxy and Waxy Rice Starches

Shin-Young Lee, Sang-Gui Lee and Ik-Boo Kwon\*

Department of Fermentation Engineering, Kangwon National University  
\*Lotte Group R & D Center

#### Abstract

The effects of alum( $\text{Al}\cdot\text{K}(\text{SO}_4)_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) on the rheological properties of 3~9%(w/v) gelatinized solutions of nonwaxy and waxy rice starches were investigated to evaluate the possibility of utilizing a starch modifying agent. Gelatinized non-waxy and waxy rice starch solutions showed a pseudoplastic flow behavior with yield stress. Pseudoplasticity of two rice starch solutions increased by the addition of alum(0.05~1.0%, w/w). Alum increased the yield stresses and consistency indexes of two rice starches and these values decreased with increasing starch concentration. Also, alum(0.5%, w/w) increased the flow activation energy of gelatinized waxy rice starch solution and activation energy decreased with increasing waxy rice starch concentration in the range of 3~7%(w/v), but for the nonwaxy rice starch, activation energy decreased at starch concentration of 7%(w/v). From the above results, it was found that alum had the possibility of utilizing a modifying agent for the rheological property of gelatinized starch solution.

Key words: nonwaxy and waxy rice starch, alum( $\text{Al}\cdot\text{K}(\text{SO}_4)_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ), rheological property

## 서 론

전분은 곡류나 식물의 줄기 및 뿌리 등의 주 성분으로서 식품공업을 비롯하여 제지, 의약품, 섬유공업 등 각종 산업의 중요 소재로서 사용되고 있다<sup>(1-3)</sup>.

전분의 식품 중에서의 주요 용도는 식품의 body를 형성하는 능력이나 점증제로서의 작용을 이용하는 것이며<sup>(4,5)</sup>, 이러한 특성을 이용하는 경우에는 특히 호화온도, 팽윤력, 호화액의 점도 및 안정성 등의 성질이 중요시 되는데<sup>(1)</sup>, 이들 성질은 기본적으로 전분 입자의 성질에 크게 영향을 받게 된다<sup>(6)</sup>.

전분 입자는 그 출처에 따라 독특한 성질을 가지며, 일반적으로 찬물에 용해되지 않고, 호화액은 노화에 의하여 이수(syneresis)현상을 보인다<sup>(7)</sup>. 또 열, 전단(shear) 및 pH 등의 변화나 냉동-해동 순환시에 매우 불안정하다<sup>(2,8)</sup>. 이와같은 성질들로 인하여 천연 전분에서 얻을 수 있는 용도에는 한계가 있으며, 따라서 전분의 성질을 인위적으로 바꾸는 방법이 요구되는 경우도 많다<sup>(8-14)</sup>.

전분의 성질 변화를 유발하는 방법으로는 열분해, 방사선을 이용한 그래프트 공중합, 산화에 의한 음이온, 양이온 및 알킬기의 도입 또는 가교반응 등을 이용한 각종의 물리화학적 방법을 들 수 있다. 화학적 처리 방법에 의한 변성전분에는 전분에스테르, 전분에테르, 가교전분 등이 있으며, 물리적 처리에 의한 변성전분에는 방사선처리( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 선 및 중성자선), 고주파 처리, 습열 처리 등을 행하여 얻은 전분 분해산물(로스트 덱스트린, 저점성 변성전분),  $\alpha$ -화 전분 및 분획전분(아밀로오스, 아밀로펙틴) 등이 있다<sup>(8-15)</sup>.

이와같이 변성된 전분들은 그 처리방법에 따라 전분의 호화 및 조리 성질의 개선, 노화의 감소, 낮은 온도에서의 물결합 능력의 향상, 친수성 성질의 향상 등의 특징을 갖게 되어 특정한 용도에 적합한 가능성을 가질 수 있게 되며, 지금까지 이들 방법에 의해 많은 종류의 변성 전분들이 제조되어 이용되어 왔다<sup>(3,8-15)</sup>.

염류도 전분입자의 이화학적 성질에 크게 영향을 주어 전분의 팽윤력과 아밀로그래프의 호화양상을 크게 변화시킨다<sup>(16,17)</sup>. 일반적으로 1가의 알칼리 금속은 전분 입자의 팽윤을 촉진하는 작용이 강하고 2가의 알칼리 토류 금속은 팽윤을 억제하는 작용이 있다<sup>(18)</sup>.

Alum<sup>(19,20)</sup>은 황산 알루미늄과 알칼리 금속, 칼륨 및

Corresponding author: Shin-Young Lee, Department of Fermentation Engineering, Kangwon National University, 192 Hyoja-dong, Chunchon, Kangwon-do 200-701, Korea

암모늄과 같은 1가 금속의 황산염이 만드는  $M^+Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ 형의 복합염으로, 수용액 상태에서 음이온 및 양이온의 성질을 모두 가져서 전분의 성질을 크게 변화시킬 것으로 예상되므로, 그동안 저자들은 이 alum중의 하나인 명반( $Al \cdot K(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ )이 쌀전분의 이화학적 성질에 미치는 영향을 보고하였고, 또 alum의 첨가로 고농도 전분기질의 발효가 가능함을 보고하였다<sup>(21,22)</sup>.

본 연구에서는 alum이 멥쌀 및 찹쌀 전분 호화액의 리올로지 특성에 미치는 영향을 검토하였고, 이로부터 전분질 식품의 제조 및 공정에의 응용을 위한 기초자료를 마련하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 연구의 재료는 1991년도에 수확, 도정한 인천직할시 울왕동 산의 멥쌀(추청) 및 찹쌀(통일)이며, 첨가제로 사용한 alum은 99.5%의 순도를 갖는 명반으로 시중약국에서 구입하여 사용하였다.

#### 전분의 분리

전분은 전보<sup>(21)</sup>에서와 마찬가지로 알칼리침지법<sup>(23)</sup>에 의하여 분리하였다. 즉, 쌀가루에 3배량의 증류수를 가하고 Waring blender로 5분간 혼합한 다음, 80 mesh로 걸러 잔사를 제거하였다. 이를 저온실에서 하룻밤 방치한 후 상등액을 버리고 침전물에 3배량의 0.2% NaOH용액을 넣어 혼합한 다음, 다시 하룻밤 방치하여 단백질을 용출시키고 상등액을 버려 단백질을 제거시켰다. 이와 같은 조작을 매일 1회씩 되풀이하여 Biuret 반응을 나타내지 않을 때까지 계속한 다음 phenolphthalein에 대하여 알칼리 반응이 나타나지 않을 때까지 증류수로 계속 세척하였다. 정제된 전분은 2일간 풍건후 100 mesh로 분쇄하여 전분 시료로 하였다.

이와같이 조제한 멥쌀 및 찹쌀전분의 수분함량은 각각 10.6 및 11.3%이었고, 아밀로오스 함량은 각각 19.2 및 1.4%이었다.

#### 전분 호화액의 리올로지 특성 측정

전분 호화액은 다음과 같이 조제하였다. 즉 시료에 증류수를 가하여 3~9% 농도의 현탁액을 만들고, 이를 95°C 항온수조에서 일정하게 흔들며 주면서 40분간 가열하였다. 얻어진 호화액은 즉시 감압펌프에 연결시켜 기포를 제거한 후, 흐르는 수도물에서 측정하고자 하는 온도근처로 냉각시킨 다음, 이를 전분 호화액 시료로 하였다. 이때 alum 첨가의 경우에는 미리 물에 녹인 alum을 0~5%(w/w) 농도로 첨가하여 사용하였다.

리올로지 특성은 회전점도계인 Brabender Viscosimeter(Viscotron, model No. 803401)을 사용하여 다음과 같이 측정하였다. 즉 측정용 컵(E17)에 각 시료액을 스펀들의 표면에 일치하도록 넣고 일정온도(30~60°C)로

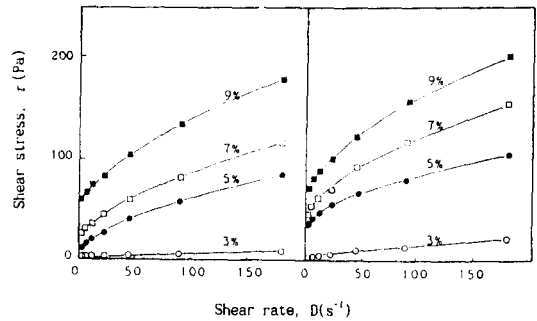


Fig. 1. Flow curves for non-waxy rice starch pastes in the absence(left) and presence(right) of 0.5%(w/w) alum

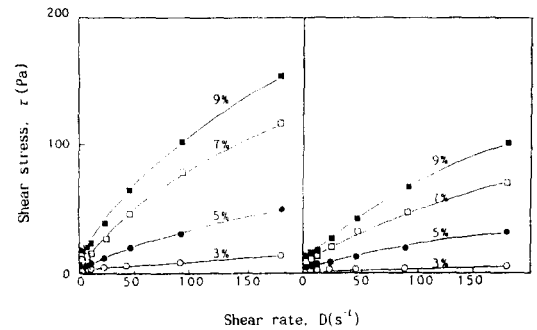


Fig. 2. Flow curves for waxy rice starch pastes in the absence(left) and presence(right) of 0.5%(w/w) alum

5분간 열평형시킨 후에 0~128 rpm으로 변화시키면서 대응하는 토오크값의 변화를 X-Y-t기록계로 자동기록하였다.

시료의 리올로지 특성값의 산출은 Herschel-Bulkley식 및 Casson식<sup>(24)</sup>을 적용하여 구하였으며, 모든 계산은 Brabender사의 프로그램을 이용하여 점도계의 부속 컴퓨터(CBM)로 계산하였다.

### 결과 및 고찰

#### 유동거동 및 농도 의존성

멥쌀 및 찹쌀전분 호화액(3~9%)의 유동특성에 미치는 alum(0~5%w/w) 첨가의 영향을 살펴보기 위하여 전단속도(0~180 s<sup>-1</sup>)에 따른 전단응력의 변화를 30°C에서 측정하였으며, 대표적인 예로 0.5%(w/w) alum 농도에서의 결과를 Fig.1과 2에 각각 나타내었다.

멥쌀 및 찹쌀전분의 각 시료구는 alum 첨가의 유무에 관계없이 모두 측정농도 범위에서 항복응력이 존재하였으며, 전단속도에 따른 전단응력의 변화는 비직선적으로 증가하여 비뉴우톤 유체의 거동을 나타내었다.

이들 실험자료로부터 최소자승법을 사용하여 리올로지

Table 1. Rheological parameters of non-waxy and waxy rice starch pastes at various alum concentrations

Starch concentration (%)	Alum concentration (w/w%)	Rheological parameters					
		Flow behavior index, n (-)		Yield stress $\tau_y$ (Pa)		Consistency index, K(Pa·s <sup>n</sup> )	
		non-waxy	waxy	non-waxy	waxy	non-waxy	waxy
3	0.00	0.73	0.70	0.31	0.50	0.81	0.47
	0.05	0.74	—	0.33	—	0.22	—
	0.10	0.75	—	0.41	—	0.29	—
	0.50	0.72	0.69	0.49	0.25	0.37	0.15
	1.00	0.79	—	0.24	—	0.20	—
5	0.00	0.63	0.73	5.84	1.23	3.14	1.50
	0.05	0.60	0.73	10.30	1.00	3.84	1.08
	0.10	0.59	0.69	18.44	0.96	4.30	0.85
	0.50	0.58	0.70	30.55	0.22	4.70	0.36
	1.00	0.65	0.72	1.79	0.08	0.72	0.14
7	0.00	0.60	0.77	20.07	1.79	3.25	2.42
	0.05	0.58	0.76	39.66	1.67	6.93	2.40
	0.10	0.54	0.71	45.54	1.56	7.75	2.31
	0.50	0.56	0.69	39.28	0.66	5.78	0.59
	1.00	0.57	0.68	15.82	0.25	0.76	0.59
9	0.00	0.57	0.79	47.86	1.91	6.15	3.23
	0.05	0.56	0.78	72.00	1.80	9.20	2.89
	0.10	0.57	0.76	65.98	1.77	7.55	2.51
	0.50	0.59	0.77	63.31	0.87	6.65	1.21
	1.00	0.59	0.75	16.48	0.51	3.47	0.73

특성값을 산출하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다.

멥쌀과 찹쌀전분의 두 시료 모두 3~9%에서 alum 첨가에 관계없이 유동지수 n값은 1보다 작고( $0 < n < 1$ ), 항복응력값이 존재하여 항복응력을 갖는 의가소성 유체의 거동을 보였다.

각 전분농도에서 응집구조의 전단속도 의존성을 나타내는 지표인 n값은 대조구의 경우 멥쌀전분에서는 전분의 농도증가에 따라 감소한 반면, 찹쌀전분에서는 증가경향을 보였으며, 각각 박 등<sup>(25)</sup>, 이 등<sup>(26)</sup> 및 박 등<sup>(27)</sup>의 보고사실과 잘 일치하였다. 그러나 alum 첨가구의 경우는 찹쌀전분의 경우 각 전분농도에서 n값을 다소 감소시켰고, 멥쌀전분의 경우도 대체적으로 n값을 감소시키는 경향을 나타내어서 의가소성의 성질을 증가시킴을 알 수 있었다. 이는 전보<sup>(21)</sup>에서 alum이 전단 또는 열에 대한 안정성을 나타내는 break down값을 크게 증가시켰던 아밀로그래프의 결과와도 일치하는 것으로 생각되었으나, alum 농도에 따른 뚜렷한 경향은 보이지 않았다.

또 항복응력  $\tau_y$ 값도 대조구의 경우 두 전분의 농도증가에 따라 증가하여 다른 연구자들의 보고<sup>(25-27)</sup> 사실과 잘 일치하는 경향이 있었다. 그러나 alum의 첨가로 찹쌀전분의 경우는 각 전분농도에서 첨가한 alum 농도의 증가에 따라  $\tau_y$ 값의 감소경향을 보여, alum의 농도 증가에 따라 입자간 결합력 등의 구조형성의 정도가 낮아짐을 보였다. 반면, 멥쌀전분의 경우는 각 전분 농도별로

alum농도 0.05~0.5% 범위에서는 대조구보다 높은 값을 보이다가 alum 농도가 1%일 때  $\tau_y$ 값의 감소경향을 보여서 alum 농도 0~0.5% 사이에서 최대값을 나타내었으며, 이 최대값을 나타내는 alum 농도는 전분농도가 높을수록 낮아지는 현상을 보였다. 그러므로 alum은 찹쌀전분의 항복응력을 감소시키는 효과를 가지며, 멥쌀전분의 경우도 alum농도가 1%가 되면 현저한 항복응력의 감소효과를 갖는 것으로 판단하였다. 따라서 alum 0.5%(w/w) 첨가에 따른 항복응력의 전분 농도 의존성을 살펴보기 위하여  $\tau_y$ 와 농도 C의 관계를 도시하였으며, 그 결과를 자료로서 나타내지는 않았으나 각 시료 모두  $\tau_y$ 와 농도 C의 관계는 단일 또는 기울기가 서로 다른 두개의 직선관계를 보여서  $\tau_y$ 값의 농도 의존성은 Evans 등<sup>(28)</sup>의 식에 잘 따름을 보였다.

$$\sqrt{\tau_y} = Ky(C - C_0)$$

여기서  $C_0$ 는 전분호화액의 항복응력을 보이기 시작하는 농도, Ky는 항복응력의 농도 의존성을 나타내는 상수이다.

직선의 기울기로부터 기울기 Ky와  $\sqrt{\tau_y}=0$ 에서의 C값인  $C_0$ 를 선형 최소자승법으로 구하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Ky 값은 멥쌀전분의 경우는 alum 0.5%(w/w) 첨가시 전분농도 5%에서 2.33으로 대조구보다 농도 의존성이

**Table 2. The values of Ky and Co for rice starch pastes in the absence and presence of 0.5(w/w) alum**

Sample	Ky(Pa·s <sup>n</sup> ) <sup>1)</sup>	Co(g/100 ml) <sup>2)</sup>
Control		
Non-waxy	1.06	2.61
Waxy	0.16	1.47
With alum		
Non-waxy	2.42	2.71
Waxy	0.19	0.33

<sup>1)</sup>Constant denoting dependency of starch concentration on the yield stress  
<sup>2)</sup>Concentration corresponding to the onset of close-packing of the starch granules

높아진 반면, 찹쌀의 경우는 alum 첨가에 관계없이 비슷한 값을 나타내었다.

또, Co값은 alum 0.5%(w/w) 첨가시 찹쌀전분의 경우는 대조구보다 높게 나타나 항복응력이 나타나기 시작하는 농도가 높아짐을 보인 반면, 멥쌀전분의 경우는 반대의 경향을 나타내었다. 따라서 alum은 전분호화액의 유동특성에 영향을 주지만 멥쌀전분과 찹쌀전분의 호화특성에 미치는 영향이 서로 다름을 알 수 있는데, 이러한 시료간의 차이는 이 등<sup>(21)</sup>이 이미 보고한 용해도 및 blue value의 결과와 일치하는 것으로, alum이 아밀로오스의 용출을 촉진하는 등 아밀로오스와 반응하기 때문이라고 생각되었다.

한편, 점조도지수 K값의 경우도  $\tau_y$ 값과 비슷한 경향을 보여서 찹쌀전분의 경우는 alum의 첨가로 각 전분 농도에 관계없이 대조구보다 감소하는 경향을 보였으며, 멥쌀전분의 경우도 alum농도가 1%가 되면 대조구보다 K값을 현저하게 감소시켰다. 그러므로 alum은 항복응력의 감소 뿐만이 아니라 점조도지수값을 감소시키는 효과를 갖는 것으로 판단하였다.

Alum 첨가에 따른 점조도지수 K값의 전분농도 의존성을 보다 자세히 살펴보기 위하여 alum 농도 0.5%(w/w)에서의 ln K와 농도 C의 관계를 도출하여 보았다. 이 결과는 역시 자료로서 나타내지는 않았으나 각 시료 모두 ln K와 농도 C의 관계는 시료에 상관없이 기울기가 서로 다른 두개의 직선관계를 나타내어 점조도지수 K값의 농도 의존성은 다음의 지수함수식<sup>(29)</sup>에 잘 따름을 보였다.

$$K = K_c \exp(B \cdot C)$$

여기서 K<sub>c</sub>는 무한희석 용액에서의 점조도지수, B는 농도의존성의 정도를 나타내는 지표값이다.

실험농도 범위에서 기울기가 서로 달라지는 굴곡점의 농도는 시료 모두 alum 첨가에 관계없이 5%이었다. 일반적으로 직선의 기울기가 달라지는 현상은 전분호화액의 경우 최대 팽윤값 및 미셀의 형성 등과 같은 구조적 특성이 달라지기 때문인 것으로 알려져 있다<sup>(28)</sup>.

직선의 기울기로부터 K<sub>c</sub> 및 B 값을 구하고, 그 결과를

**Table 3. The values of Kc and B for rice starch pastes in the absence and presence of 0.5%(w/w) alum**

Sample	Kc <sup>1)</sup> (Pa·s <sup>n</sup> )	B(-) <sup>2)</sup>	
		Starch 3~5(%)	concentration 5~9(%)
Control			
Non-waxy	3.70×10 <sup>-3</sup>	1.30	0.24
Waxy	7.07×10 <sup>-2</sup>	0.63	0.19
With alum			
Non-waxy	8.15×10 <sup>-3</sup>	1.27	0.09
Waxy	1.00×10 <sup>-2</sup>	0.87	0.27

<sup>1)</sup>Consistency index at infinite dilute solution  
<sup>2)</sup>Concentration dependency index

Table 3에 나타내었다. 대조구의 경우 멥쌀 및 찹쌀전분의 B 값은 5% 이하에서는 각각 1.30 및 0.63이며, 5% 이상에서는 각각 0.24 및 0.19이었다. 그러나 alum 첨가로 B 값은 멥쌀의 경우 5% 이하에서는 1.3에서 1.27로, 그리고 5% 이상에서는 0.24에서 0.09로 감소하여 대조구보다 농도 의존성이 현저히 낮아졌다. 반면 찹쌀의 경우는 5% 이하에서 0.63으로부터 0.87로, 그리고 5% 이상에서는 0.19에서 0.27로 대조구보다 현저히 농도 의존성이 높아져 멥쌀전분과는 반대의 경향을 나타내었다. 따라서 이러한 결과는 alum 첨가로 멥쌀전분과 찹쌀전분 호화액의 구조적 특성변화가 일어나며, 호화액의 점조도에 대한 농도 의존성도 달라져 점도 조절제로서의 효과가 있음을 보여주는 사실이라 볼 수 있다. 시료간의 차이는 역시 alum이 아밀로오스의 용출을 촉진시켰던 결과<sup>(21)</sup>와 관계되는 것으로, 찹쌀전분의 경우 멥쌀전분과는 달리 아밀로오스가 거의 존재하지 않는 것에 기인한다고 생각되었다.

**리올로지 특성값의 온도의존성**

멥쌀 및 찹쌀전분 호화액의 0.5%(w/w) alum 첨가에 따른 리올로지 특성값의 온도 의존성을 살펴본 결과는 Table 4와 같다.

유동지수 n값은 두시료 모두 각 전분농도에서 alum의 첨가에 관계없이 온도가 증가할수록 감소하여 의가소성의 성질이 강해짐을 보였으며, 항복응력  $\tau_y$ 와 점조도수 K값도 온도증가에 따라 감소하는 일반적 경향을 보였고, 이미 보고된 바 있는 동진변, 삼진변 등 멥쌀전분<sup>(25)</sup>이나 신선찰벼, 한강찰벼 등 찹쌀전분<sup>(27)</sup>에 대한 결과와도 잘 일치하였다.

K값의 온도 의존성을 더욱 상세히 알아보기 위하여 ln K와 1/T의 관계를 조사하였으며, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이, 각 시료 모두 ln K와 1/T의 관계는 직선관계를 보여서 K값의 온도 의존성은 다음의 Arrhenius 식에 잘 따름을 보였다.

**Table 4. Rheological parameters of non-waxy and waxy rice starch pastes in the absence and presence of 0.5%(w/w) alum**

Starch concentration (%)	Measuring temperature (°C)	Rheological parameters					
		Flow behavior index, n (-)		Yield stress $\tau_y$ (Pa)		Consistency index, K(Pa·s <sup>n</sup> )	
		non-waxy	waxy	non-waxy	waxy	non-waxy	waxy
<b>Control</b>							
3	30	0.73	0.70	0.31	0.50	0.18	0.47
	50	0.70	0.70	0.20	0.35	0.16	0.46
	60	0.70	0.69	0.19	0.26	0.13	0.44
	70	0.69	0.69	0.14	0.11	0.11	0.42
5	30	0.63	0.73	5.84	1.23	3.14	1.50
	50	0.61	0.72	2.22	1.13	2.21	1.03
	60	0.60	0.70	1.74	1.02	1.74	0.95
	70	0.57	0.70	0.48	0.84	1.36	0.86
7	30	0.60	0.77	20.07	1.79	3.25	2.42
	50	0.60	0.71	18.98	1.70	2.54	2.24
	60	0.59	0.70	10.39	1.68	1.76	2.09
	70	0.57	0.70	2.20	1.19	1.25	1.85
<b>With alum</b>							
3	30	0.72	0.69	0.49	0.25	0.37	0.15
	50	0.67	0.69	0.26	0.13	0.23	0.11
	60	0.62	0.67	0.21	0.10	0.20	0.08
	70	0.59	0.65	0.17	0.03	0.15	0.08
5	30	0.59	0.69	30.55	0.96	4.70	0.85
	50	0.56	0.67	22.83	0.81	2.24	0.78
	60	0.54	0.67	16.49	0.73	1.83	0.71
	70	0.54	0.66	8.86	0.60	1.54	0.59
7	30	0.59	0.71	39.28	1.56	5.78	2.39
	50	0.55	0.66	35.71	1.38	5.45	2.20
	60	0.55	0.64	33.94	1.28	3.83	2.04
	70	0.53	0.62	31.52	1.12	3.56	1.72

$$K = A \exp(-E_a/RT)$$

여기서 A는 빈도인자(Pa·s<sup>n</sup>), E<sub>a</sub>는 활성화에너지(Kcal/mol)이다.

직선의 기울기로부터 E<sub>a</sub>값을 구한 결과는 Table 3과 같다.

대조구의 경우 멍쌀전분의 E<sub>a</sub>값은 전분농도 3, 5 및 7%에서 각각 2.15, 4.13 및 4.74 Kcal/mol이었고, 찰쌀전분의 경우는 각각 0.16, 0.89 및 1.34 Kcal/mol로 농도증가에 따라 증가하였으며, 쌀전분 호화액에 대한 다른 연구자의 보고결과<sup>(26,30)</sup>와도 잘 일치하였다. 그러나 alum 0.5%(w/w) 첨가로 E<sub>a</sub>값은 찰쌀전분의 경우 농도 3, 5 및 7%에서 E<sub>a</sub>값이 각각 2.99, 1.81 및 1.63 Kcal/mol로 각 농도에서 대조구보다 E<sub>a</sub> 값이 증가하여 온도의존성이 높아졌고 또, 찰쌀전분의 농도가 높아질수록 E<sub>a</sub>값이 감소하여 농도증가로 온도의존성이 낮아지는 특징을 보였다. 이러한 현상은 konjac 정분(精粉)의 줄에서도 보고되었는데<sup>(31)</sup>, 이는 alum이 전분농도가 높아질수록 응집구

조를 약화시키기 때문인 것으로 볼 수 있다.

멍쌀전분의 경우도 3 및 5%에서는 각각 4.49 및 5.56 Kcal/mol로 대조구보다 온도 의존성이 높았으나 7%에서는 2.41 Kcal/mol로 낮았다. 이는 호화액(3~9%)의 유동특성이 alum 첨가농도에 크게 의존하여 전분 농도가 높을수록 K 값의 최대값을 나타내는 alum 농도가 낮아졌던 결과와도 잘 일치하며, 고농도 전분호화액에서 점도감소효과가 크다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 실제로 저자 등<sup>(22)</sup>은 고농도 멍쌀전분을 기질로 알카리 내성 *Bacillus* sp.의 생물고분자 생산에 미치는 alum 첨가의 영향을 검토한 결과, 고농도 전분기질에서 점도의 감소효과로 발효진행이 효과적으로 수행할 수 있음을 확인할 수 있었다. 일반적으로 멍쌀전분의 겔 형성농도는 7~8%<sup>(32)</sup>이므로 겔 형성과도 관계되는 것으로 보이나 이에 대해서는 더욱 검토가 필요하다고 생각된다.

## 요 약

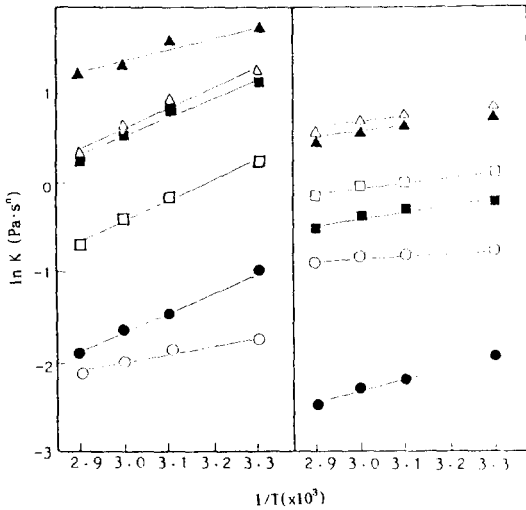


Fig. 3. Arrhenius plots for non-waxy(left) and waxy(right) rice starch pastes in the absence and presence of alum

○—○, 3% starch; ●—●, 3% starch+0.5%(w/w) alum  
 □—□, 5% starch; ■—■, 5% starch+0.5%(w/w) alum  
 △—△, 7% starch; ▲—▲, 7% starch+0.5%(w/w) alum

Table 5. The values of  $A_0$  and  $E_a$  for rice starch pastes in the absence and presence of 0.5%(w/w) alum

Sample	Starch concentration (%)	$A_0^{1)}$ (Pa·s <sup>n</sup> )	$E_a^{2)}$ (Kcal/mol)
Control			
Non-waxy	3	$4.68 \times 10^{-3}$	2.15
	5	$3.55 \times 10^{-3}$	4.13
	7	$1.21 \times 10^{-3}$	4.74
Waxy	3	$1.80 \times 10^{-1}$	0.56
	5	$2.32 \times 10^{-1}$	0.89
	7	$2.65 \times 10^{-1}$	1.34
With alum			
Non-waxy	3	$2.20 \times 10^{-4}$	4.49
	5	$4.57 \times 10^{-4}$	5.56
	7	$1.05 \times 10^{-1}$	2.41
Waxy	3	$1.04 \times 10^{-3}$	2.99
	5	$4.20 \times 10^{-2}$	1.81
	7	$1.59 \times 10^{-1}$	1.63

1): Frequency factor

2): Activation energy

전분에 대한 alum의 용도적성 탐색연구의 일환으로 멧쌀과 찹쌀 전분 호화액(3~9%)의 리올로지 특성에 미치는 alum 첨가(0.05~1.0%, w/w)의 영향을 조사하였다. 전분 호화액은 항복응력을 갖는 의가소성 유체의 거동을 보였으며, alum 첨가로 멧쌀 및 찹쌀전분의 의

가소성은 증가하였다. 또 0.05~1.0%(w/w)의 alum첨가로 찹쌀전분의 항복응력과 점조도지수값은 감소하였고, alum 농도의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 그러나 멧쌀전분의 경우는 alum농도가 1%가 되어야 감소되었다. 한편, 유동의 활성화에너지도 찹쌀전분호화액(3~7%, w/v)의 경우는 alum의 첨가로 각 농도에서 대조구보다 증가하였으며, 전분의 농도증가에 따라 감소하는 경향을 보였다. 그러나 멧쌀전분의 경우는 7% 전분농도에서 대조구보다 낮은 활성화에너지 값을 나타내었다. 이상의 결과로부터 alum은 찹쌀 또는 멧쌀전분에 대한 점도조절제로서의 가능성이 있는 것으로 판단되었다.

## 문헌

- Johnson, J.C.: *Industrial Starch Technology Recent Development, Chemical Technology Review*, Ed. by Noyes Data Corporation, New Jersey, 142, p.1 (1979)
- 中村, 鈴木: *澱粉科學 핸드ブック*, 朝倉書店, 東京, p. 413 (1977)
- Rutenberg, M.W.: Starch and its modifications. In *Handbook of Water-soluble Gums and Resins*, Davidson, R.L.(ed.), Kingsport Press, New York, p.22-1 (1982)
- Stering, C.: Textural qualities and molecular structure of starch products. *J. Texture Studies*, 9, 225 (1978)
- Waladt, L.M. and Kehoe, D.: Starch chemistry for the food technologist. *Food Technol.*, 13, 1 (1959)
- Swinkles, 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.15 (1985)
- Moss, G.E.: The microscope of starch. In *Examination and Analysis of Starch and Starch Products*, Radley, G.A.(ed.), Applied Science Publishers Ltd., London, p.1 (1982)
- Galliard, T.: Starch availability and utilization. In *Starch Properties and Potential*, Galliard, T.(ed.), John Wiley & Sons, New York, p.1 (1987)
- Radley, J.A.: Starch production technology. In *Starch Technology*, Applied Science Pub. Ltd., Vol.1, p.449 (1982)
- Greenwood, C.T.: Starch. In *Advance in Cereal Science and Technology*, Pomeranz, P.(ed.), AACC, Inc., Vol.1, p.119 (1976)
- Smith, P.S.: Starch derivatives and their use in foods. In *Food Carbohydrates*, Lineback, D.R.(ed.), AVI Pub. Company, Inc, Chicago, p.237 (1982)
- Rutenberg, M.W. and Solarek, D.: Starch derivatives: production and uses. In *Starch Chemistry and Technology*, 2nd, Whistler, R.L. and Bemillre, J.N.(ed.), Academic Press, New York, p.312 (1984)
- Radley, J.A.: The food industry. In *Starch Technology*, Applied Science Pub. Ltd., London, Vol.3, p.51 (1982)
- 中村, 鈴木: *澱粉科學實驗法*, 朝倉書店, 東京, p.239 (1979)
- Lii, C.Y. and Chang, S.M.: The properties of some modified starches and their applications. In *Role of*

- Chemistry in the Quality of Processed Food*, Fennema, O.R., Chang, W.H. and Lii, C.Y.(ed.) Food & Nutrition Press, Inc., Westport, Conn., p.314 (1986)
16. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effect of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starches. *Die Stärke*, **4**, 101 (1966)
  17. Ganz, A.J.: Effect of sodium chloride on the pasting of wheat starch granules. *Cereal Chem.*, **42**, 429 (1965)
  18. 中村, 鈴木: 澱粉科學實驗法. 朝倉書店, 東京, p.247 (1979)
  19. 日本厚生省環境衛生局編: 食品中食品添加物分析法, (株)講談社, 東京, p.70 (1982)
  20. 石觀 守三: 食品添加物公正書 解説書. 廣川書店, 東京, B-912 (1979)
  21. 이신영, 이상귀, 김광중, 권익부: 쌀전분의 이화학적 성질에 미치는 명반첨가의 영향. 한국식품과학회지, **25**, 355 (1993)
  22. 이신영, 이근억, 이상귀: 알카리 내성 *Bacillus* sp.의 생물고분자 생산에 미치는 alum 첨가의 영향. 강원대학교 논문집-과학기술연구, 제 30집, p.206 (1991)
  23. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*, **20**, 99 (1973)
  24. Casson, N.: A flow equation for pigment oil suspensions of the printing ink type. In *Rheology of Disperse Systems*, Mill, C.C.(ed.), Pergamon Press, New York, p.84 (1959)
  25. 박양균, 김성곤, 이신영, 김 관: 가열 및 알카리 호화에 의한 쌀전분의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, **23**, 57 (1991)
  26. 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규: 쌀전분의 현탁액과 호화액의 유동거동. 한국식품과학회지, **16**, 29 (1984)<sup>6</sup>
  27. 박양균, 김성곤, 이신영, 김 관: 가열 및 알카리 호화에 의한 찹쌀전분의 리올로지 특성. 한국농화학회지, **34**, 360 (1991)
  28. Evans, L.D. and Haisman, D.R.: Rheology of gelatinized starch suspensions. *J. Texture Studies*, **10**, 347 (1979)
  29. Rao, M.A.: Rheology of liquid foods, a review. *J. Texture Studies*, **8**, 135 (1977)
  30. 김영숙, 김주봉, 이신영, 변유량: 쌀전분 희석 호화액의 유동학적 특성. 한국식품과학회지, **16**, 11 (1984)
  31. Ono, C. and Aizawa, I.: Rheological properties of konjac flour sol. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **30**, 13 (1983)
  32. 김주봉, 김영숙, 이신영, 변유량: 쌀전분 호화액의 텍스트로픽 성질. 한국식품과학회지, **16**, 451 (1984)

---

(1995년 5월 13일 접수)