

## 일반계 및 다수계 찹쌀 전분의 점성 특성

송범호 · 김성곤 · 이규한 · 변유량\* · 이신영\*\*

단국대학교 식품영양학과 · \*연세대학교 식품공학과 · \*\*강원대학교 발효공학과

### Viscometric Properties of Waxy Rice Starches

Bum-Ho Song, Sung-Kon Kim, Kyu-Han Lee, Yu-Ryang Pyun\* and Shin-Young Lee\*\*

Department of Food Science and Nutrition, Dankook University, Seoul

\*Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul

\*\*Department of Fermentation Engineering, Kangwon National University, Chuncheon.

#### Abstract

Viscometric properties of japonica(Olchal) and japonica x indica(Hankang and Suwon 317) waxy rice starches were investigated. Light transmittance of starch suspension increased from 50°~55°C and remained constant after 75°C. Swelling power was in the order of Hankang, Suwon 317 and Olchal. Amylograph data revealed that Hankang had the highest viscosity at all reference points. The apparent viscosity of 5% starch suspension indicated that the j x indica starches were completely gelatinized after 30 min cooking at 65°C whereas japonica starch at 70°C. The apparent viscosity of gelatinized starch at 121°C (15 *psig*) was higher compared to that of gelatinized one at 95°C. Hankang was the most susceptible to alkali gelatinization followed by Suwon 317 and Olchal.

#### 서 론

전분은 식물의 주요 저장탄수화물로서 아밀로스와 아밀로펙틴의 두성분 또는 이 두성분과 이들의 중간적 성질을 갖는 중간체로 구성된 복잡한 구조의 고분자화합물이다<sup>(1)</sup>. 찹쌀전분은 냉동-해동의 순환과정에서 매우 높은 안정성을 보이며 아밀로펙틴만으로 구성된 전분의 특징을 갖는다<sup>(2)</sup>. 일반적으로 아밀로스와 아밀로펙틴의 구성비는 취반미의 텍스처와 선택에 크게 영향을 주므로<sup>(3)</sup>, 찹쌀 전분은 리올로지적으로 매우 흥미 있는 물질이라 볼 수 있으나 이에 관한 연구는 매우 미미한 형편이다. 지금까지 우리나라의 찹쌀 또는 찹쌀전분에 관한 연구는 찹쌀의 일반성분<sup>(4)</sup>, 통일찹쌀의 가공 및 조리특성<sup>(5)</sup>, 통일계 찹쌀전분의 몇가지 성질에 관한 연구<sup>(6)</sup>, 취반미<sup>(6)</sup>, 복합분으로서의 제빵적성<sup>(6)</sup>, 부수계 제조<sup>(6,7)</sup>, 찹쌀떡의 저장중 텍스처 변화<sup>(6)</sup>, 다수계 찹벼와 일반계 찹벼 전분의 이화학적 성질<sup>(9)</sup> 등이 있다.

본연구에서는 다수계와 일반계 찹쌀의 품종간의 특성을 이해하기 위한 연구의 일환으로 다수계 2종과 일반계 1종의 찹쌀을 선정하여, 이들 전분의 리올로지적 성질을 비교 검토하고자 하였다. 즉, 시료전분의 이화학적 성질을 조사하고 호화과정중의 점성특성을 전분농도, 가열온도 및 시간의 매개변수에 의하여 조사하

였으며, 아울러 상압 및 가압가열 호화효과 알카리호화액의 점성특성을 품종간의 특성에 대한 비교연구 관점에서 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재 료

본 연구에 사용한 찹쌀은 1983년도에 생산된 일반계의 올찰 및 다수계의 한강과 수원 317 호로서 농촌진흥청 작물시험장에서 분양받았다. 시료는 20 mesh로 분쇄하여 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

##### 전분의 분리

전분은 알카리침지법<sup>(10)</sup>을 사용하여 분리, 정제하였다. 정제된 전분은 실온에서 2일간 말린다음 200 mesh로 쳐서 시료로 하였다.

##### 전분의 이화학적 특성 측정

일반성분은 A.A.C.C방법<sup>(11)</sup>에 따라 분석하였다. 전분현탁액(0.1%)의 광투과도는 Wilson등<sup>(12)</sup>의 방법에 따라 행하였다. Swelling power는 Schoch<sup>(13)</sup>의 방법에 따라 계산하였다. 전분(5%)의 호화양상을 Brabender/visco/Amylograph를 이용하여 Medcalf 및 Gilles<sup>(14)</sup>의 방법으로 행하였다.

**점성특성의 측정**

가. 가열온도 및 전분농도에 따른 점도의 경시변화

전분에 증류수를 가하여 3-8%의 전분현탁액을 만들고 호화시키고자 하는 소정의 일정온도(65, 70 및 75°C)로 일정기간(5, 10, 15, 30, 45 및 75 분) 호화시킨후, 얼음물중에서 3분 이내에 측정온도(55°C 또는 30°C)로 냉각시켜 점도측정의 시료로 하였다. 점도특성의 측정<sup>(15)</sup>은 Haake Rotovisco viscometer (Model RV-12)를 사용하여 행하였다. 측정시에는 MV-cup(I. D=4.201 cm) 및 MVI-bob(O. D=4.08 cm, L=6.0 cm)를 연결하여 사용하였다. 측정온도로 냉각시킨 시료액 40 ml를 MV-cup에 담고 기포를 제거한후, 측정온도로 유지되어 있는 chamber에서 점도계 본체와 연결한 다음 약 5분간 온도를 평형시킨후 programmer(Haake PG 142)를 이용하여 회전속도(46.8-234 sec<sup>-1</sup>)에 따른 토오크(torque)를 연속 측정하였다. 이때 회전속도에 따른 토오크는 X-Y-T 기록계(Model 7015B recorder)로 자동 기록하였으며, 실측한 회전속도와 토오크로부터 다음식에 의하여 겔보기 점도(apparent viscosity)를 구하였다.

$$\eta_{app} = \frac{G \cdot S}{n}$$

여기서 S는 토오크의 측정값, n은 회전속도, G는 보정계수(m · pa · s/scale grad · min)이다. 이때 bob과 cup의 간격이 매우 좁기 때문에 (Ra/Ri=1.05) 비뉴우톤 유체에 대한 전단속도의 보정은 행하지 않았다.

나. 상압 및 가압가열 호화액의 점도 측정

5%의 전분현탁액을 90°C로 유지한 항온수조에 넣어 15분간 또는 15 psi(121°C)로 유지한 autoclave에서 10분간 호화시킨후 각각 상압 및 가압 가열 호화액을 조제하고 위에서와 같은 방법으로 점도특성을 측정하였다.

다. 알카리 호화액의 점도측정

Maher<sup>(16)</sup>의 방법에 따라서 전분 2.5 g을 50 ml 비이커에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 1분간 교반한 후, 1N-NaOH 용액을 가하여 총액이 50 ml가 되도록하여 30초간 교반한 후 점도의 측정시료로 하였다. 측정은 Brookfield 점도계(Model LVF)를 사용하였으며, spindle 4(회전속도 12 rpm)를 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**전분의 이화학적 특성**

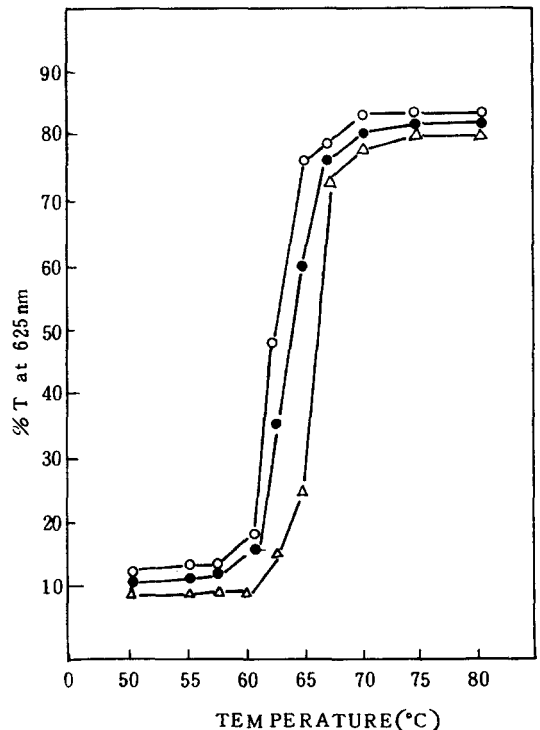
시료 전분의 일반성분은 Table 1과 같다. 모든 시

**Table 1. Proximate composition of waxy rice starches**

	Hankang	Suwon 317	Olchal
Protein(N×6.25)	0.6	0.5	0.4
Fat(%)	0.1	0.1	0.1
Ash(%)	0.1	0.1	0.1
Moisture(%)	12.8	12.9	12.2

료 전분의 값은 전분의 전형적인 일반성분 조성값과 큰 차이를 보이지 않았다. 전분현탁액(0.1%)의 광투과도를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 광투과도는 다수계 전분이 57°C 이후, 일반계 전분이 60°C 이후 증가하였으며, 70°C 이상에서의 광투과도는 큰 변화가 없었다. 이는 김들<sup>(9)</sup>의 보고와 일치하는 경향이였다. 찹쌀 전분의 호화온도는 55-68°C로 알려져 있다<sup>(17)</sup>.

찹쌀 전분의 팽화력과 용해도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 50°C에서의 팽화력 및 용해도는 시료간에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 55°C 이후에서는 울찰, 수원 317 및 한강의 순으로 팽화력 및 용해도가 증가하였다. 한강은 55°C 이후, 울찰은 57°C 이후 팽화력이 급격히 증가하였으며, 수원 317은 한강과 울찰의 중간적인 특징을 보였다. 60°C 이상에서는



**Fig. 1. Percent transmittance of 0.1% waxy rice starch suspension at various temperatures**  
○=Hankang; ●=Suwon317; △=Olchal

**Table 2. Percent solubility and swelling power of waxy rice starch**

Temp. (°C)	Hankang		Suwo317		Olchal	
	Percent solubility	Swelling power	Percent solubility	Swelling power	Percent solubility	Swlling power
50	1.4	2.655	1.0	2.467	1.0	2.218
55	2.1	4.893	1.0	3.898	1.0	3.088
57	7.0	10.531	2.0	7.731	1.3	3.392
60	51.8	14.348	16	11.881	7.8	10.343

**Table 3. Amylograph data on waxy rice starch**

	Initial pasting temp. (°C)	Peak height (B. U.)	Temp. at peak height (°C)	Peak height at 95°C (B. U.)
Hankang	63.0	750	70	370
Suwon317	65.5	720	70	335
Olchal	67.0	595	74.5	315

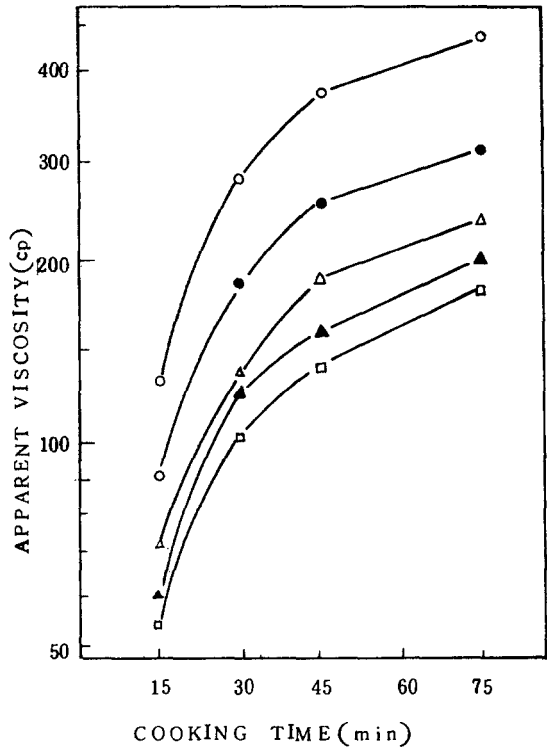
전분의 호화로 인하여 용해도 및 팽화력의 측정이 불가능하였다.

찹쌀 전분의 Amylogram의 특성값은 Table 3 과 같다. 호화개시온도는 한강이 63°C, 수원 317이 65.5°C, 올찰이 67°C로서 일반계가 다수계보다 높은 경향이였다. 호화온도개시 이후 점도는 급격히 증가하여 다수계는 70°C에서, 일반계는 74.5°C에서 최고 점도에 도달하였다. 이는 김들<sup>(9)</sup> 및 Juliano<sup>(17)</sup>의 결과와 대체로 일치하는 경향이였다.

**가열온도 및 시간에 따른 점도 변화**

일반계 품종인 올찰의 전분현탁액(5%)을 65°C에서 15~75분간 호화시키고, 46.8~234 sec<sup>-1</sup>의 전단속도로 55°C에서 겔보기 점도를 구한 결과는 Fig.2 와 같다. 동일 전단속도에서 겔보기 점도는 가열시간의 증가에 따라 지수적으로 증가하였다. 다수계 찹쌀 전분도 올찰과 같은 경향을 나타내었다. 이들<sup>(18)</sup>은 쌀전분의 호화의 정도와 리올로지 특성값과는 밀접한 상관성이 있음을 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 다수계와 일반계 찹쌀 전분의 호화특성의 차이를 이해하기 위하여 가열 호화중의 겔보기 점도의 변화를 조사하였다. 즉, 전분현탁액(5%)을 65°C에서 각각 15, 30, 45 및 75분간 가열호화시킨 호화액의 겔보기 점도를 전단속도 46.8~234 sec<sup>-1</sup>, 55°C에서 측정한 결과는 Fig.3 과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 찹쌀 전분은 호화시간에 관계없이 전단속도가 증가함에 따라 겔보기 점도가 감소하여



**Fig. 2. Viscosity vs cooking time at 65°C for 5% dispersion of Olchal waxy rice starch in water measured at 55°C for shear rate of 46.8(○), 93.6(●), 140.4(△), 187.2(▲) and 234(□) s<sup>-1</sup>**

의가소성을 나타내었다. 가열시간의 증가에 따라 겔보기 점도값은 증가하였으며 다수계는 30분 이후 점도가 일정값에 도달하였으나, 일반계는 75분까지 계속 증가하는 경향을 나타내었다. 이와같은 사실은 다수계의 경우 65°C, 30분에서 이미 호화가 거의 완료된 반면, 일반계의 경우는 75분까지 계속 호화가 진행됨을 의미하는 것으로 판단된다. 한편 70°C에서는 다수계 찹쌀 전분은 15분후에 일정한 겔보기 점도값에 도달하였고, 일반계 찹쌀 전분은 30분후에 다수계와 비슷한 겔보기 점도값을 보였다(Fig.4). 그러나 75°C에서는 다수계 및 일반계 찹쌀 전분 모두 5분후에 일정

한 점도값을 보였다. Fig. 3 및 4의 결과를 보면 한강이 가장 호화되기 쉬우며, 올찰이 호화가 느림을 알 수 있다. 이는 팽화력의 결과(Table 2) 및 아밀로그람의 결과(Table 3)와 일치하는 경향이였다. 따라서 찹쌀 전분의 겔보기 점도 증가는 팽화력과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. Christianson과 Bagleg<sup>(15)</sup>는 옥수수 전분의 가열에 따른 겔보기 점도의 증가는 팽윤된 입자의 용적율(volume fraction)과 밀접한 관계를 보인다고 보고 하였다.

**농도의 영향**

시료 전분 3—8% 현탁액을 70°C에서 75분간 가열하여 호화시키고 일정 전단속도(140.4 sec<sup>-1</sup>)에서의 겔보기 점도를 30°C에서 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 겔보기 점도의 대수값과 농도의 관계는 전분농도 약 4.5%에서 품종에 관계없이 기울기가 서로 다른 두

개의 직선관계를 보였다. 이와같은 현상은 이 농도 부근에서 전분 호화액의 구조적 특성이 달라지기 때문으로 생각된다<sup>(18)</sup>. 이들<sup>(18)</sup>은 3—9% 쌀전분 호화액에서 점조도 지수의 대수값과 농도의 관계는 전분농도 7% 부근에서 서로 다른 기울기값의 직선관계를 보인다고 보고하였고, 김들<sup>(19)</sup>은 쌀 전분의 겔보기 점도와 전분농도의 직선관계는 8%에서 변한다고 보고하였다. 또 박들<sup>(20)</sup>은 밤전분의 경우 점조도 지수값과 전분농도의 관계가 1.6% 근처에서 변한다고 보고하였다.

**상압 및 가압가열 호화액의 점도 특성**

전분 현탁액(5%)을 상압 및 가압가열하여 호화액을 조제하고 전단속도 46.8—234 sec<sup>-1</sup>에서의 겔보기 점도 변화를 30°C에서 측정된 결과는 Fig. 6과 같다. 세가지 시료 모두 호화방법에 관계없이 의가소성을 나,

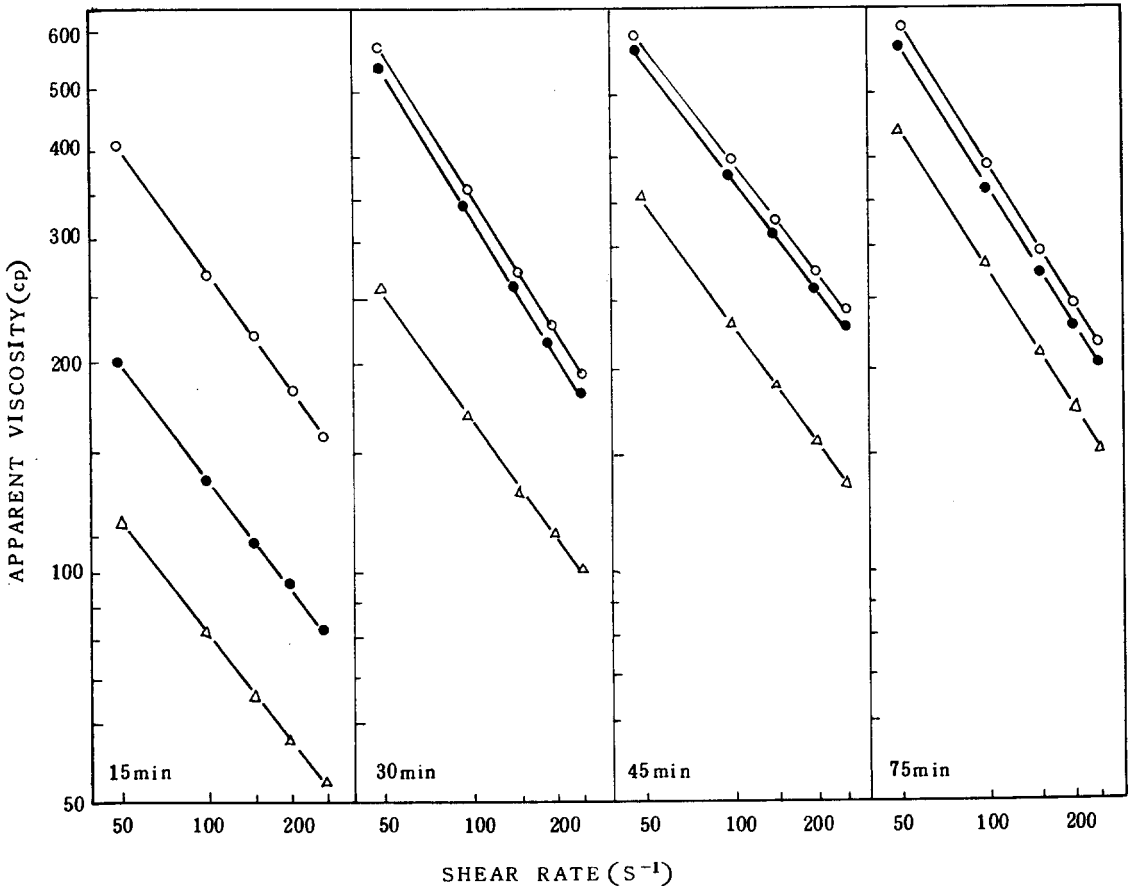


Fig. 3. Viscosity vs shear rate for 5% dispersion of waxy rice starch in water measured at 55°C after cooking at 65°C  
 ○ = Hankang; ● = Suwon317; △ = Olchal

타내고 다수계의 겔보기 점도는 일반계보다 다소 높은 경향을 나타내었다. 그러나 가압호화액이 상압호화액보다 겔보기 점도가 더 증가하는 경향을 보였으며, 일반계의 경우가 다소 높은 증가 현상을 보였다. 김들<sup>(19)</sup>은 멥쌀 및 찹쌀전분 회석 호화액의 유동특성에서 가압호화에 의하여 분산매의 점도가 증가한다고 하였다. 그러나 가압 호화액이 상압 호화액보다 더 높은 점도를 나타내는 이유에 대하여는 앞으로 연구되어야 할 과제이다.

**알카리 호화액의 점도**

여러 농도의 가성소다 하에서의 찹쌀전분의 점도변화는 Fig. 7 과 같다. 동일한 알카리 농도에서 한강이 가장 높은 점도를 보였으며, 올찰이 가장 낮은 점도를 보였다. 알카리 농도 0.19-0.20 N에서 찹쌀 전분의 점도는 일정한 값에 도달하였다. 본 실험 조건하에서 점도가 평형에 도달하는 알카리의 농도를 전분의 호화에 필요한 임계농도로 가정할때 찹쌀전분의 호화에 필요한 알카리의 임계농도는 3.8-4.0 meq/g NaOH/g 이

었다. 알카리에 의한 전분의 점도 증가는 전분의 종류에 따라 독특한 현상을 보이며<sup>(16,22)</sup>, 알카리에 의한 호화 점도는 아밀로 펙틴의 함량과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다<sup>(16)</sup>. 그러나 전분 입자의 호화와 분자구조, 입자구조, 호화온도, 점도 증가 등의 현상과는 아직까지 분명히 규명되지 못하고 있다.

이상의 결과를 요약해 보면 다수계 찹쌀 전분은 일

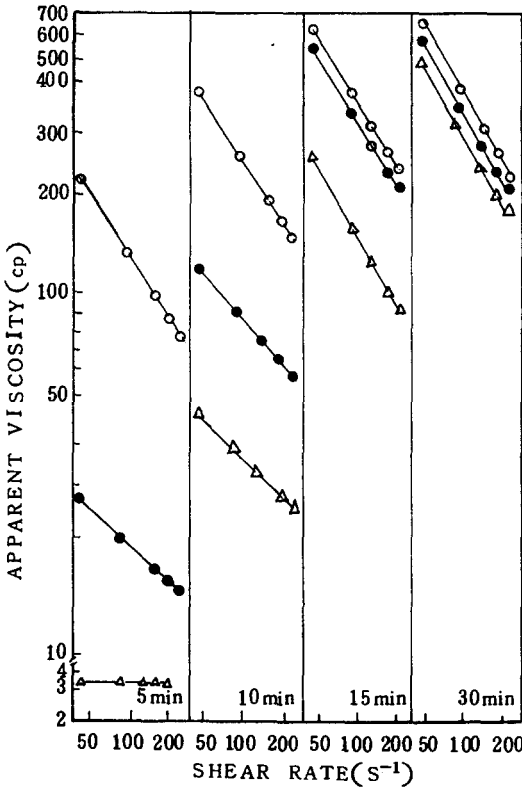


Fig. 4. Viscosity vs shear rate for 5% dispersion of waxy rice starch in water measured at 55°C after cooking at 70°C  
○ = Hankang; ● = Suwon317; △ = Olchal

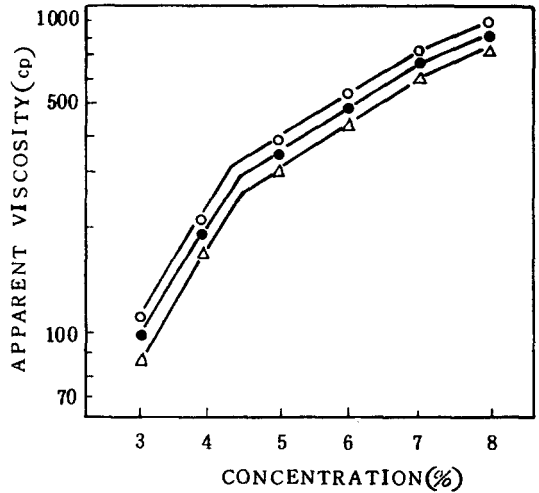


Fig. 5. Viscosity vs concentration plots for waxy rice starch dispersion in water determined at 30°C after cooking for 75 min at 70°C and at a shear rate of 140.4 s<sup>-1</sup>  
○ = Hankang; ● = Suwon317; △ = Olchal

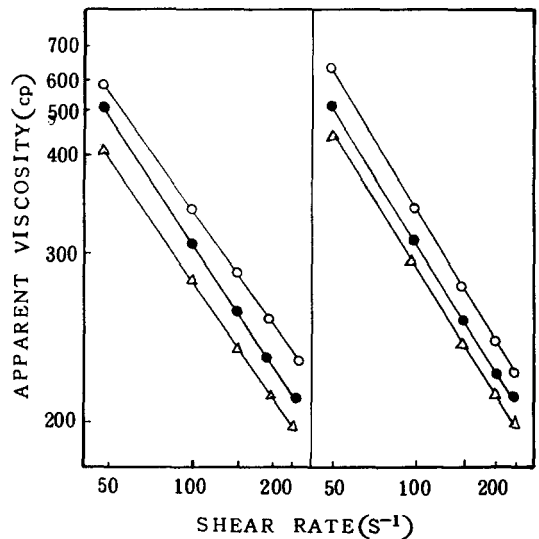


Fig. 6. Viscosity vs shear rate for 5% waxy rice starch paste gelatinized at 90°C(left) and 121°C(right)  
○ = Hankang; ● = Suwon317; △ = Olchal

반계 찹쌀 전분에 비하여 광부과도, 팽윤력, 아밀로그라프에 의한 점도, 가열에 따른 점도 및 알칼리 호화에 의한 점도가 높은 경향을 보였으며, 다수계 찹쌀 전분의 성질은 품종간에도 차이를 보였다.

요 약

다수계(한강, 수원 317 호) 및 일반계(울찰) 찹쌀 전분의 이화학적 성질과 점도의 특성을 비교 검토한 결과는 다음과 같다. 한강, 수원 317 호 및 울찰 찹쌀 전분의 광부과도는 각각 50°C, 55°C 및 60°C 이후 증가하기 시작하였으며, 세가지 시료 모두 75°C 이후 일정값을 보였다. 팽윤력 및 용해도는 한강이 50°C에서, 수원 317 및 울찰은 55°C에서 증가하기 시작하였고 한강이 가장 높은 팽윤력을, 울찰이 가장 낮은 값을 보였다. 아밀로그라프에 의한 초기호화온도는 한강이 63°C, 수원 317 이 65.5°C, 울찰이 67°C이었으며, 한강이 모든 지표에서 가장 높은 값을 보였다. 5% 전분현탁액의 가열온도 및 시간의 영향에서 점도는 전단속도의 증가에 따라 감소하였으며, 동일 전단속도에서 가열시간의 증가에 따라 점도는 증가하였다. 찹쌀 전분의 호화완료온도는 다수계가 65°C, 30 분이었고, 일반계는 70°C, 30 분이었다. 농도의 증가에 따라 다수계 및 일반계

찹쌀 전분의 점도는 지수 함수적으로 증가하였으며, 4.5% 근처에서 기울기가 서로 다른 두 개의 직선을 보였다. 호화액의 걸보기 점도는 전단속도의 증가에 따라 직선적으로 감소하였으며 가압 호화액은 상압 호화액보다 다소 높았고, 점도는 한강, 수원 317, 울찰의 순서이었다. 찹쌀 전분의 알칼리 호화는 한강 및 울찰은 0.19 N NaOH에서 각각 20 및 24 분 후에, 수원 317 은 0.20 N NaOH에서 18 분 후에 일정한 점도를 보였다. 찹쌀 전분의 호화에 필요한 알칼리의 임계농도는 한강, 수원 317 및 울찰에서 각각 3.8, 4.0, 3.8 meq NaOH/g이었다.

문 헌

1. Greenwood, C.T.: in *Advances in Cereal Science and Technology*, Pomeranz, Y.(ed.), A.A.C.C.Inc., St. Paul Minnesota, Vol.1, p.119(1976)
2. Deobald, H.J.: in *Rice: Chemistry and Technology*, Houston, D.F.(ed.), A.A.C.C.Inc., St. Paul, Minnesota, p.264(1972)
3. Juliano, B.O., Nazareno, M.B. and Ramos, N.B.; *J.Agr.Food Chem.*, 17, 1364(1969)
4. 김동연: 한국식품과학회지, 4, 179(1972)

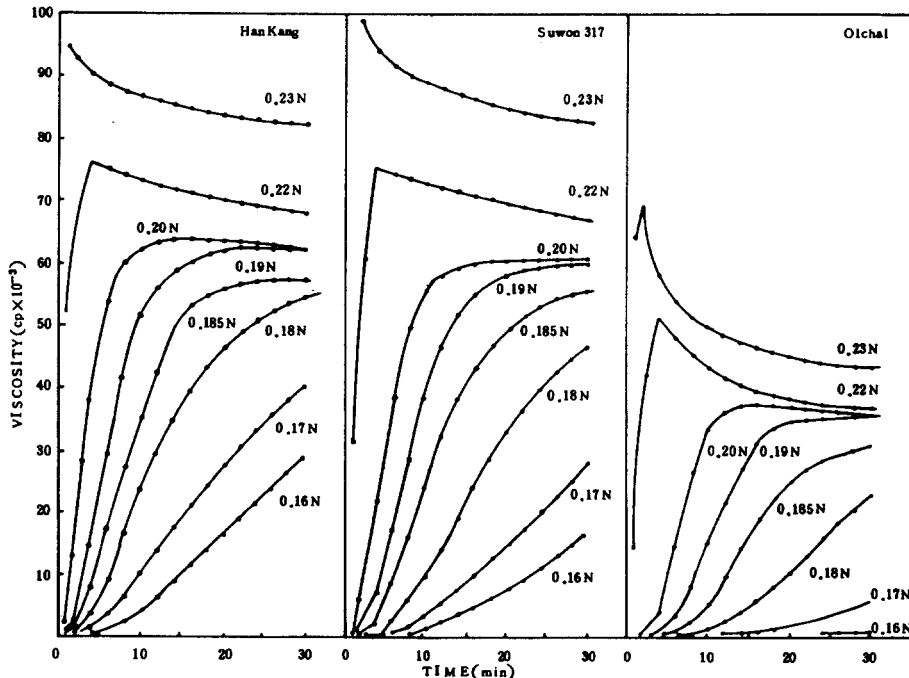


Fig. 7. Time vs viscosity development of waxy rice starch at various concentrations of sodium hydroxide