

## *Alcaligenes*에 의해서 생성된 Rhamsan Gum의 리올리지 특성에 관한 연구

이 일 선·김 미 육·구 성 자

경희대학 식품영양학과

### Studies on Rheological Characterization of Rhamsan Gum Produced by *Alcaligenes*

—comparative studies on rheological Characterization  
of Rhamsan and Xanthangum—

Im-seon Lee, Kim Mi Ok and Koo sung Ja

Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

#### Abstract

Rhamsan gum produced by *Alcaligenes* was rheologically characterized, and compared to that of xanthan gum. The rheological properties were determined from the change in the value of intrinsic viscosity with pH and salt concentration. at the range of pH 2~11 and salt concentration of 0~1.0 M KCl, the intrinsic viscosities of rhamsan gum were in the range of 8.2 to 36.2 dl/g and those of xanthan gum 8.19 to 44 dl/g. In the absence of salt, the intrinsic viscosity of rhamsan gum and Xanthan gum increased as the pH of solution increased up to neutral pH, and then decreased at alkaline pH. The intrinsic viscosities of rhamsan and xanthan gum were not affected by the increment of salt concentration. the chain stiffness parameter for the rhamsan gum was 0.016. The overlap parameters of rhamsan and xanthan gum were 0.025 and 0.022 g/dl, respectively. rhamsan and xanthan gum were shear rate dependent or pseudoplastic. The yield stress of rhamsan gum increased slightly, but the shear index decreased as the concentration increased. The apparent viscosities of rhamsan and xanthan gum decreased as the temperature increased. The salt effect of divalent cations (calcium, magnesium) was lower than monovalent cations (sodium, potassium).

Corresponding author: Im-Seon Lee, Department of food & Nutrition, Kyung Hee University, 1, Heoigidong, dong daemungu, Seoul, 130-701, Korea

## I. 서 론

생물고분자(biopolymer)들은 식품에서 석유산업에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 다당류는 물에 용해되거나 분산되어 농후제, 점성제, 난류억제제들로서의 리올로지 효과를 나타낼 수 있으며 다당류의 분자구성과 결합을 조절함으로써 물리적 특성을 다양화 시켜 그 이용도를 넓힐 수가 있다<sup>1)</sup>.

다당류들은 박테리아, 곰팡이 및 효모등에 의하여 생성되고 있으나 실제로 많은 중요한 생물고분자들은 미생물 발효와 macroalgae로부터 추출하여 얻고 있다. 특히 미생물 다당류는 현재 생물고분자 시장의 소수를 차지하나 앞으로는 새로운 유전공학 기술에 의해 커다란 발전의 가능성을 내포하는 분야이다.

미생물 식품과 관련된 생물고분자로서 acetobacter agarobacterim alcaligenes속으로 부터의 cellulose, lactobacillus leuconostoc streptococcus속으로 부터의 dextran, azotobacter pseudomonas로 부터 algnate, alcaligenes agarobacterium속으로 부터의 curdlan, aureobasidium속으로 부터의 pullulan, xanthomonas 속으로 부터의 xanthan, mucorale로 부터의 chitosan 등이 있으며 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다<sup>2)</sup>.

또한 최근에는 alcaligenes 속으로 부터 rhamsan gum과 welan gum 그리고 pseudomonas elodea로 부터 gellan gum등에도 많은 관심이 보여지고 있는데, 이 세 가지 음이온의 생물고분자는 그 구조에 있어서도 매우 유사하나 리올로지 성질은 각기 다르며 rhamsa gum은 3)- $\beta$ -D-Glcp-(1→4)- $\beta$ -D-GlcpA-(1→4)- $\beta$ -D-(1→4)- $\alpha$ -L-Rhap-(1→로 구성된 tetra-saccharide에 2개의 glucose 결가지를 가지고 있다고 보고되었다<sup>3~6)</sup>.

Rhamsan gum을 산으로 가수분해 하면 L-rhamnose 가 22%, D-glucose 가 78%이며 D-glucuronic(9~13%)과 O-acetyl group(4~13%)으로 되어 있다. gellan gum에 어느정도 있는 glyceric acid는 rhamsan gum에서는 발견되지 않으며 methylation 분석 후 분해산물로 hexasaccharide repeating units로 구성됨이 밝혀졌다<sup>7)</sup>. rhamsan gum의 주요 특성은 혼탁능력이 우수하고 고농도염에도 안정하며 낮은 농도, 낮은 전단속도에서도 높은 점성을 보이며 100°C의 고온에서도 별 영향을 받지 않는다고 보고되었다<sup>8)</sup>. 현재 이용면에

서 보면 비료현탁제 뿐만 아니라, 전단에 대한 큰 안정성으로 인하여 살충제에도 그 영역이 확대되고 있다. 또한 rhamsan gum은 *xanthomonas campestris*<sup>9)</sup> 발효에 의하여 생산된 xanthan gum과 같이 높은 의가소성(shear thinning)을 갖고 있다.

한편 xanthan gum에 대해서는 많은 연구들이 이루어져 왔는데 그 구조는 D-Glucose(2): D-mannose(2): D-glucuronic acid(1)로 구성된 다가음이음을 가진 생물고분자로서 1,4- $\beta$ -D glucose 골격에 결가지로 3개당이 연결되어 있으며 낮은 농도에서 높은 점성을 보이고 온도, pH, 염에 대한 점성의 안정도가 커서 1960년대부터 상업적으로 널리 이용되고 있다<sup>10,11)</sup>. 이들 xanthan gum은 냉수와 온수에 녹아 점성을 형성하며 비의액성(nonthixotropic)용액이 되고 안정제, 유화제, 혼탁제, 기포증진제로서의 기능으로 인하여 총생산량의 60%가 식품산업에 널리 이용되고 있으며 높은 freeze-thaw 안정성을 가지고 있다. 식품산업쪽으로는 레토르트 파우치 식품, 전분-젤리과자, 케익등에 사용되며 속에서 상쾌한 촉감을 제공한다<sup>12)</sup>.

Rhamsan gum이 현재는 산업쪽에서 비료현탁제, 살충제등 그 이용도가 국한되어 있지만 앞으로 계속적인 연구가 뒤따를 경우 그 이용에 있어서 무한한 잠재성을 가질것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 rhamsan gum의 물성적 특성을 조사하고 식품산업쪽에 많은 이용도를 가진 xanthan gum과의 리올로지를 비교하여 식품산업쪽의 응용을 넓히고자 하였다. Rhamsan gum의 리올로지 특성을 조사하기 위해서 묽은 용액에서 고유점도(pH 및 염농도 의존성, chain stiffness, overlap parameter)와 농후한 용액 상태에서 steady shear viscosity(전단속도 의존성, 시료농도 의존성, 온도 의존성, 염첨가 영향)를 cone and plate type viscometer를 사용하여 점도측정을 중심으로 한 리올로지 성질을 xanthan gum과 비교 연구 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에서 사용한 rhamsan gum은 *alcaligenes* 발효에 의해 생산한 것으로 미국 M.I.T (Biomaterial Lab)에서 공급받았으며 *xanthomonas campestris* 발효에 의해 생산한 xanthan gum은 한국과학기술원(K.A.

I.S.T)에서 제공 받았다.

#### 시료의 전처리<sup>13)</sup>

시료의 전처리 과정으로서 rhamsan gum과 xanthan gum을 중류수에 용해시키고(1 g/dl) 실온에서 하룻동안 저어준후 그 용액에 0.2 N-NaOH를 가하여 pH를 12~13으로 조정한뒤 다시 저어주었다. 세포 잔여물과 비 용해성 다당류를 제거하기 위해 1500 rpm에서 30분간 원심 분리한 다음 윗층을 취해서 투석하여 염을 제거한 후 동결건조시켜 얻은 시료를 메시케이터에 넣어 보관하였다.

## 2. 시료용액의 조제

Rhamsan gum과 xanthan gum은 1 g/dl의 stock solution으로 만들어 사용하였다. steady shear viscosity 측정용은 pH7의 0.25~1.00 g/dl의 농도로 만들었다.

## 3. 고유점도 측정

고유점도 측정을 위해 calibrated Cannon Fenske capillary viscometer (size 50, Cannon Instrument, State College Pa)를 사용하여 25°C에서 측정하였다. 25°C를 유지시키기 위해 circulating heater가 부착된 항온수조에서 20분간 방치한 후 점도를 측정하였다.

## 4. 고유점도의 pH 및 염농도 의존성

pH의 존성을 측정하기 위해 pH2~11 범위에서 고유점도를 측정하였으며, 염농도의 존성을 측정하기 위해 0~1 MKCl 범위에서 고유점도를 측정하였다. 본 실험에 사용된 rhamsan gum의 농도는 상대점성도(relative viscosity)가 1.1~1.5 범위인 0.005~0.025 g/dl이며 xanthan gum의 농도는 0.0025~0.015 g/dl이었다. flowing time은 100~300 sec 범위였다. 고유점도는 다음의 Huggins 방정식으로부터 외삽법에 의해 산출하였다<sup>14)</sup>.

$$\text{즉, } h_{sp}/C = [h] + k'[h]^2 C \quad -(1)$$

여기서  $h_{sp}$ =specific viscosity

$$= \frac{\text{용액의 점도}}{\text{물의 점도}} - 1$$

C=rhamsan gum 과 xanthan gum의 농도[g/dl]  
[h]=고유점도[dL/g]

$$K'=\text{상수}$$

## 5. Chain stiffness 측정

Chain stiffness는 다음의 smidsrod와 Haug 방정식에 의해 계산하였다<sup>15)</sup>.

$$[\eta] = A_1 + B[\eta]_{0.1}^{1.3} C_s^{1/2} \quad -(2)$$

여기서  $A_1=\text{상수}$

B=Chain stiffness parameter

$[\eta]_{0.1}=0.1 \text{ M KCl}$ 에서 고유점도

$C_s=\text{염농도}$

## 6. Overlap parameter

Overlap parameter는  $C[\eta]$ 이다

여기서  $C=\text{농도}$

$[\eta]=\text{고유점도}$

## 7. Steady shear viscosity 측정

전단속도 (Shear rate)의 존성

전단속도 의존성을 측정하기 위하여 점도는 Brookfield digital viscometer를 사용하여 1~200 sec<sup>-1</sup>의 전단속도 범위에서 측정하였다. 시료의 점도는 전단속도를 증가 또는 감소시켜 가면서 측정했으며 본 실험에 사용된 시료는 pH7의 시료농도 0.5 g/dl이었고 이때 온도는 25°C로 하였다. 항복응력은 전단속도 자료를 이용하여 전단응력을 zero shear rate로 외삽하여 curve fitting 함으로써 측정하였으며 항복응력은 Power law 방정식에 의해 계산하였다<sup>16)</sup>.

$$t=Y+b\gamma^s \quad -(3)$$

여기서 t=전단응력 (shear stress)

$\gamma=\text{전단속도 (shear rate)}$

b=점조도 지수 (consistency index)

s=유동지수 (flow behavior index)

Y=항복응력 (yield stress) 이다.

## 8. 시료농도 의존성

Steady shear viscosity에 대한 시료농도 의존성을 측정하기 위하여 pH7, 시료농도 0.25 g/dl, 0.5 g/dl, 0.75 g/dl, 1.00 g/dl의 용액을 만들어 걸보기점도를 측정하였다. 이때 온도는 25°C였고 전단속도 범위는 1~200 sec<sup>-1</sup>로 하였다.

### 9. 온도 의존성

본 실험에 사용한 시료는 pH7, 시료농도 0.5 g/dl로 온도 범위는 15°C~65°C로 등간은 10°C로 하였으며, 전 단속도 범위는 1~200 sec<sup>-1</sup>로 하여 걸보기 점도를 측정하였다.

### 10. 염첨가의 영향

Urea, 1가염인 KCl, NaCl과 2가염인 CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>를 시료농도 0.5 g/dl에 첨가하여 걸보기 점도를 측정하였으며 이때 염농도는 0~0.2 M이었다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 고유점도

고유점도([η])는 생물고분자의 형태크기와 모양, 분자량, 용매-다당류 상호작용, chain stiffness, overlap parameter에 좋은 지표를 제공하며, 묽은 용액에서 개개의 다당류쇄가 차지하는 hydrodynamic volume이다. 고유점도는 다당류사슬의 입체구조와 관계되는 기초적 실험으로 끓은 용액에서 측정되며 dl/g (100 ml/g) 단위로 나타낸다.

25°C에서 Cannon-Fenske capillary viscometer (size 50)를 사용하여 pH 범위 2~11과 염농도 0 M~1 MKCl에서 rhamsan gum과 xanthan gum의 고유점도를 식(1)에 의해 산출하였으며 그 값을 table 1에 나타내었다.

Rhamsan gum의 고유점도는 pH 및 염농도에 따라 8.20~36.2 dl/g의 값을 나타내었으며 xanthan gum의 고유점도는 8.19~44 dl/g의 값을 나타내었다. 일반적으로 PH2~11에서 염의 첨가로 고유점도의 값은 감소하였으며 두 생물고분자의 고유점도는 pH2에서 가장 낮고 pH7에서 가장 높았다.

### 2. 고유점도의 pH 의존성

pH를 2~11로 하여 rhamsan gum과 xanthan gum의 고유점도를 측정한 결과, pH7일 때 xanthan gum의 rhamsan gum 보다 고유점도가 높았으며 산성이나 알칼리성에서 고유점도가 감소 했는데, 이는 대부분의 생물고분자가 갖는 성질과 비슷한 결과이다<sup>[3]</sup>.

Rhamsan gum의 경우 pH7에서 가장 높은 값을 나타

Table 1. Intrinsic viscosity of rhamsan and xanthan gum at different pH and salt concentrations

pH	M-KCl	[η] of Rhamsan	[η] of Xanthan
2	0.00	9.02	8.19
	0.01	8.30	8.50
	0.03	8.20	8.62
	0.05	8.41	8.77
	0.07	8.76	9.22
	0.10	9.02	10.89
	0.16	8.64	10.65
	0.20	9.32	10.74
	1.00	9.30	11.07
	4	26.30	21.20
	0.01	25.50	13.62
4	0.03	24.32	13.12
	0.05	24.64	12.96
	0.07	24.70	12.85
	0.10	24.53	12.96
	0.16	24.89	12.77
	0.20	26.71	12.74
	1.00	28.63	14.09
	7	36.20	44.00
	0.01	20.51	16.31
	0.03	21.02	17.00
	0.05	21.22	16.43
9	0.07	22.46	15.91
	0.10	22.55	17.19
	0.16	24.08	15.56
	0.20	23.32	14.80
	1.00	24.03	14.72
	0.00	29.44	26.48
	0.01	27.70	15.63
	0.03	28.52	16.12
	0.05	26.97	16.87
	0.07	27.57	16.87
	0.10	27.65	16.92
11	0.16	28.43	16.92
	0.20	28.44	16.12
	1.00	19.87	16.62
	0.00	29.24	17.63
	0.01	27.50	15.95
	0.03	25.13	16.20
	0.05	24.08	16.40
	0.07	23.30	16.02
	0.10	25.40	15.28
	0.16	25.74	15.19
	0.20	23.11	14.76
	1.00	26.16	15.58

냈으며 알칼리성 쪽에서는 거의 비슷한 값을 보인 반면 산성이 강할수록 고유점도의 값은 더 낮았다. xanthan gum은 pH7에서 가장 높은 값을 보이지만 알칼리성이 강할수록 고유점도가 감소하였으며 산성이 강할수록 rhamsan gum과 같이 극히 낮은 값을 보였는데, 이는 xanthan gum의 경우 결가지에 결합된 mannose에 glucuronic acid가 결합되어 있고 반호 조건에 따라 Pyruvic acid가 결합되어 있기 때문이라 볼 수 있다. 즉, Pyruvic acid의  $P_{Ka}$ 는 3이므로 이보다 낮은 pH에서는 이온화가 일어나지 않은 상태이기 때문이라고 생각된다<sup>17)</sup>. Rhamsan gum 역시 음이온의 생물고분자이므로 pH2에서는 이온화가 일어나지 않은 상태이므로 고유점도가 낮고 염에 대한 영향도 나타나지 않은 것으로 생각된다. 따라서 rhamsan gum과 xanthan gum의 pH에 대한 영향은 rhamsan gum이 xanthan gum보다 알칼리성에서 내성이 큰 것으로 나타났다.

### 3. 고유점도의 염농도 의존성

KCl을 사용하여 염농도를 0~1M로 변화시켜 rhamsan gum과 xanthan gum의 염농도 의존성을 살펴본 결과는 Fig. 1과 같다. Rhamsan gum과 xanthan gum의 고유점도는 pH7에서 KCl을 가하지 않았을 때 각각 36 및 44 dl/g이었으나, 0.01 M KCl일 때는 21 및 16 dl/g로 염첨가에 의해 감소하지만 계속적으로 KCl을 첨가

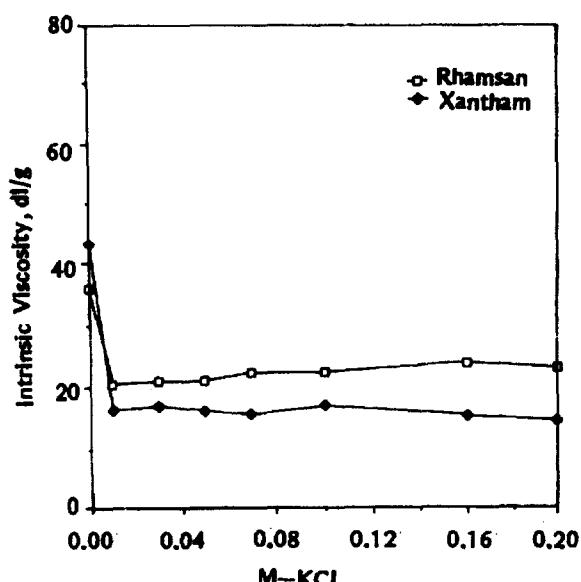


Fig. 1. Salt dependence for intrinsic viscosity of rhamsan and xanthan gum at pH 7 and 25°C

시켜 1M까지도 증가시켜도 거의 비슷한 고유점도를 보였다. 이 두 생물고분자는 0.01 M-KCl 농도 이상에서는 이온들이 이미 차폐(shield)된 상태이므로 변화가 없는 것으로 생각된다. 0~1M에 대한 rhamsan gum과 xanthan gum의 pH7에서 염농도에 대한 안정성은 rhamsan gum이 xanthan보다 더 안정하였다.

### 4. Chain stiffness

다양류의 chain stiffness는 고유점도로부터 계산될 수 있으며 식(2)에 의하여 구한 rhamsan gum의 chain stiffness parameter B는 0.016이었다. 보고된 생물고분자들의 chain stiffness parameter B를 tabel 2에 나타냈다.

Table 2. Comparison of chain stiffness parameter, B of rhamsan gum to the published other polymers

Polymer	B	Reference
Xanthan	0.005 (0.04)	20, (this study)
Zooglan	0.025	12
Rhamsan	0.016	this study
Gellan	0.033	5
Welan	0.010	6
Alginate	0.040	14
Chitosan	0.100	18
Hyaluronic acid	0.070	20
Carboxymethylcellulose	0.050	19
Carboxymethylamylose	0.200	20
Sodium Pectinate	0.040	14

Chain stiffness parameter, B는 생물 고분자 폴리의 stiffness 정도를 나타내며 보통 0.005~0.24 정도의 범위를 갖고 있는데 폴리에 단단한 막대(rigid rods) 모양일 때 0.005의 값을 나타내며 단순한 C-C 폴리에 갖는 다가 전해질(polyelectrolytes)은 0.24 정도이다. chain stiffness parameter B가 작으면 작을수록 단단한 막대 모양이고 고유점도가 크지만 charge 상태나 분자무게와는 무관하다<sup>18)</sup>.

따라서 본 연구에서 rhamsan gum의 chain stiffness parameter B는 0.016으로 xanthan gum의 0.04보다 크므로 딜 단단한 막대모양이며 고유점도가 xanthan gum보다 작은 것은 이와 잘 일치된 결과이다.

### 5. Overlap parameter

Overlap parameter ( $C[\eta]$ )에 대한 비점도 ( $\eta_{sp}$ )를 양대수로 도시할 때 나타나는 굴곡점이 묽은 용액과 농후한 용액을 구분짓는 임계농도 ( $C^*$ )이다 (Fig. 2). 묽은 용액 이상에서는 rhamsan gum과 xanthan gum이 overlap 되고 chain 분리작용이 일어나며 이때 농도는 점성을 결정하는데 중요한 역할을 한다<sup>19)</sup>

농도증가에 따른 점도증가 현상이 어느 농도에 오면 달라지는데 이때의 농도를 임계농도라 하며 이는 시료자체의 입자모양이나 정전기적인 인력과도 관계된다.

Rhamsan gum은  $C[\eta] = 0.905$  이상에서 직선의 기울기는 1.63이고 비점도는 0.84이었으며  $C[\eta] < 0.905$ 에서는 기울기가 0.91이었다. Rhamsan gum은 0.025 g/dl이고 xanthan gum은 0.022 g/dl가 임계농도로서 xanthan gum<sup>o</sup> rhamsan gum 보다 더 묽은 용액에서 entanglement가 시작됨을 알 수 있었다.

### 6. Steady shear viscosity

#### 1) 전단속도 의존성

전단속도 의존성은 Brookfield digital viscometer로 농후한 용액에 대한 겉보기 점성도를 측정하였다. 전단속도 의존성은 그 용매계에 존재하는 생물고분자의 구조 특성을 나타낸다.

Rhamsan gum과 xanthan gum은 pH7, 0.5 g/dl, 25°C에서 전단속도가 증감함에 따라 겉보기 점도가 크게 감소하는 shear thinning 현상을 나타냈다. 두 생물고분자는 낮은 전단속도에서는 겉보기 점도가 급격히 감소하였으나 전단속도가 높아질수록 겉보기 점도는 일정하였다.

Rhamsan gum과 xanthan gum의 농도를 각각 0.25 g/dl, 0.5 g/dl, 0.75 및 1 g/dl로 하여 전단속도에 대한 전단응력은 높은 농도일 때 가장 커고 농도가 감소됨에 따라 대응하는 전단응력값도 감소되었다.

#### 2) 시료농도 의존성

Rhamsan gum과 xanthan gum의 농도를 0.25, 0.5, 0.75 및 1 g/dl로 하여 농도에 대한 의존성을 살펴보았다 (Fig. 3, 4). 낮은 전단속도에서 rhamsan gum과 xanthan gum은 높은 시료농도인 1 g/dl에서 가장 높은 겉보기 점도를 보였으며 시료농도가 낮아질수록 겉보기 점도는 감소하였다. 그러나 전단속도가 증가됨에 따라

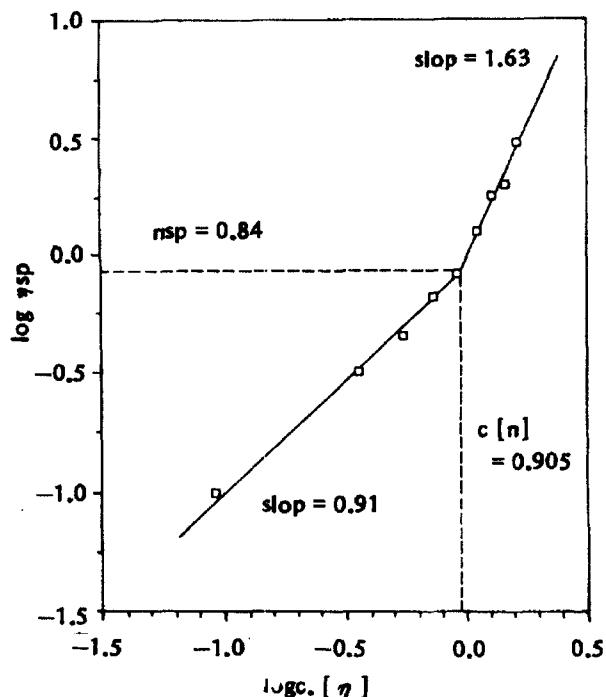


Fig. 2. Double logarithmic plot of zero-shear rate specific viscosity against coil overlap parameter of rhamsan gum

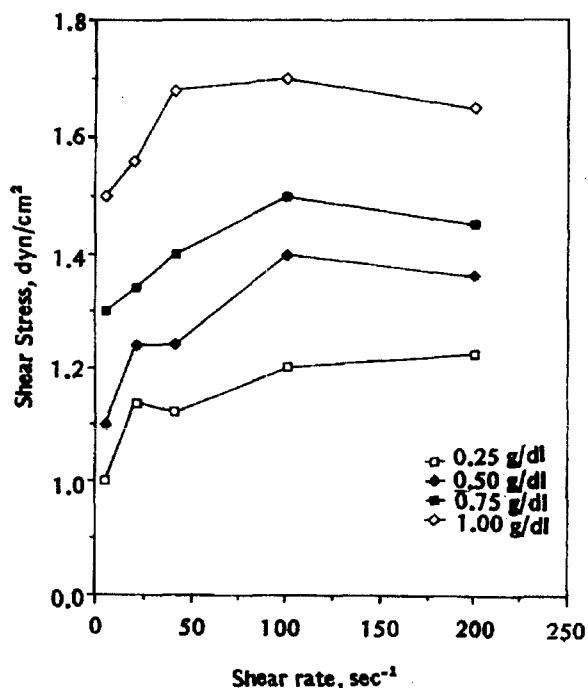


Fig. 3. shear stress versus shear rate of Rhamsan gum at 25°C and pH 7

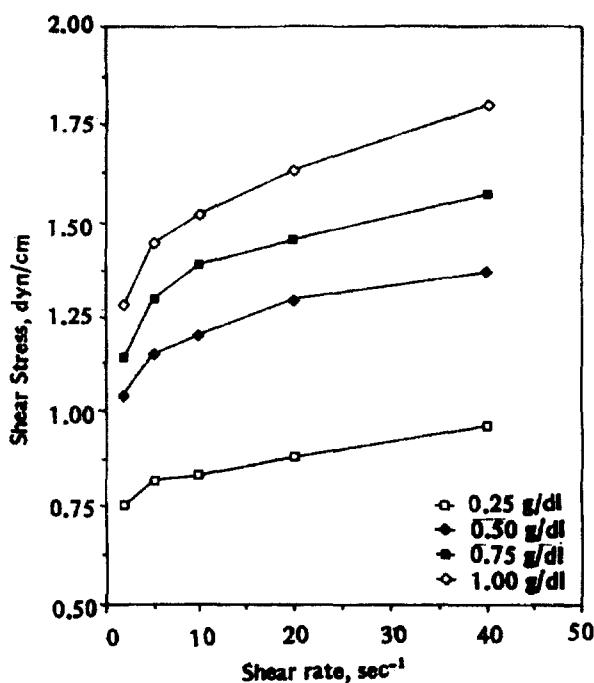


Fig. 4. shear stress versus shear rate of Xanthan gum at 25°C and pH 7

농도간의 겉보기 점도차이는 없었다.

농도에 따른 항복응력( $Y$ ), 점조도지수( $b$ ), 유동지수( $s$ )는 power law 방정식에 의해 산출 하였으며 table 3에 나타내었다. 분자들간의 상호작용은 점도, 점조도지수, 항복응력에 기여하는데 overlap parameter 정도는 시료농도와 분자크기에 의존한다. 일반적으로 둑은 분산액, 혼탁액, 유화액은 항복응력을 나타내지 않으나 리울리지 실험에서는 액체의 특성을 나타낸다. 즉, 항복응력은 불규칙한 형태에 의해 일어나는 분자입자들의 물리적인 엉킴(entanglement)과 분자간의 상호작용에 의해 일어나는 망상조직 형성에 기인하며 피복 두께, drip이나 흐름의 억제능력 등을 예측하는데 중요하다<sup>20)</sup>.

Rhamsan gum은 농도가 0.25 g/dl에서 1 g/dl로 증가함에 따라 항복응력은 증가하였고 유동지수는 감소하였다. 이것은 농도가 증가됨에 따라 rhamsan gum의 분자간에 상호작용이 증가하여 shearing을 분열시킴으로 항복응력이 증가되는 것이고 고농도에서 점도는 전단에 의존하고 농도가 증가 될수록 유동지수( $S$ )는 감소한다<sup>13)</sup>.

### 3) 온도 의존성

15°C에서 65°C까지 10°C를 간격으로 하여 rhamsan

Table 3. Concentration dependence of yield stress ( $Y$ ), consistency index ( $b$ ) and shear index ( $S$ ) for rhamsan gum

Concentration (g/dl)	$Y$ (Pa)	$b$ ( $\text{Pa sec}^{-1}$ )	$S$ (-)
0.25	1.01	0.26	0.66
0.50	1.10	0.34	0.51
0.75	1.29	0.62	0.49
1.00	1.47	0.85	0.46

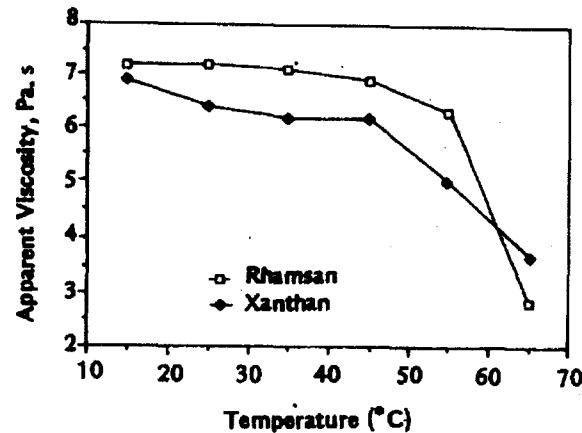


Fig. 5. Temperature dependence for apparent viscosity of 0.5 g/dl rhamsan and xanthan gum solutions at 20  $\text{sec}^{-1}$

gum과 xanthan gum의 겉보기 점도를 측정하였으며 이결과를 Fig. 3에 나타내었다. 일반적으로 생물 다당류는 온도가 높을수록 겉보기 점도가 감소되는 경향이지만 rhamsan gum은 55°C까지는 겉보기 점도가 거의 변화하지 않았으나 55°C에서 65°C로 온도가 상승되었을 때 겉보기 점도는 급격히 감소한 반면 xanthan gum은 온도차에 따른 겉보기 점도 감소폭은 크지 않았다. Paul 등<sup>9)</sup>은 rhamsan gum은 온도가 증가하여도 겉보기 점도가 일정하다가 90°C가 되면 급격히 겉보기 점도가 떨어졌다라고 보고하였지만 본 연구에서는 55°C에서 급격한 겉보기 점도의 감소가 나타났는데 이런 차이는 Paul 등<sup>9)</sup>에서 KCl, 본 연구에서 HCl 등으로 사용한 용매에도 다소 영향이 있으리라 생각된다.

### 4) 염 철가 영향

Rhamsan gum과 xanthan gum의 염첨가 영향을 살펴보기 위하여 1가염인 KCl, NaCl, 2가염인 MgCl<sub>2</sub>,

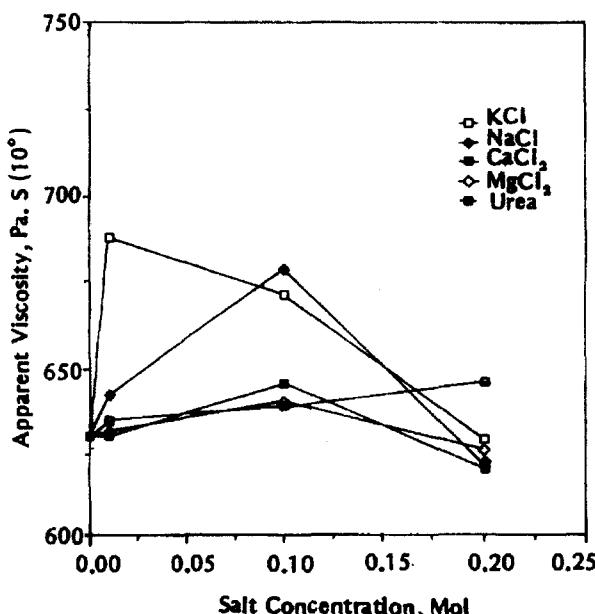


Fig. 6. Effects of salt concentration on apparent viscosity of Rhamsan gum solution at  $200 \text{ sec}^{-1}$

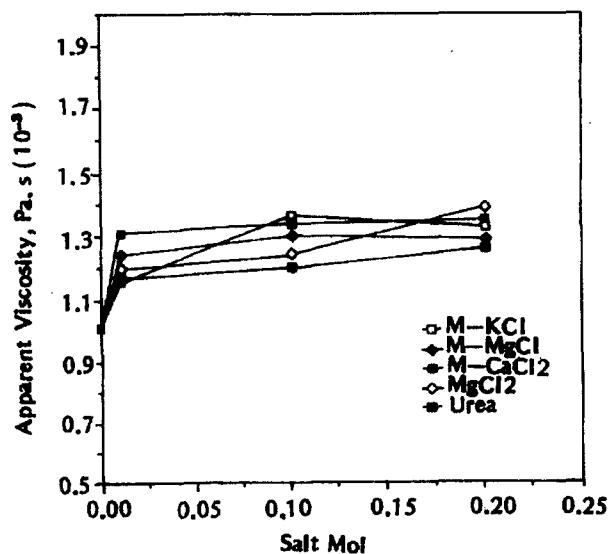


Fig. 7. Effects of salt concentration on apparent viscosity of Xanthan gum solution at  $100 \text{ sec}^{-1}$

$\text{CaCl}_2$  및 Urea에 대한 점도의 변화를 조사하였다.

Rhamsan gum은 염농도가 증가함에 따라 겉보기 점도가  $0.1 \text{ M}$ 농도까지는 약간 증가하였다. 1가염인  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ 이 2가염인  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  보다 겉보기 점도가 커으며 같은 염이라도  $\text{K}$ 가  $\text{Na}$ 보다,  $\text{Ca}$ 가  $\text{Mg}$ 보다 겉보기 점도가 약간 높았다. urea는 수소결합을 파괴하는 작

용을 가진 것으로 알려져 있는데 염농도가 증가함에 따라 다소 겉보기 점도가 증가하였지만 큰 영향은 주지 않았다. Xanthan gum의  $0.01 \text{ M}$ 에서 염첨가 영향은 일률적으로 모든 염들의 겉보기 점도가 약간 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 변화가 거의 없었다.

#### IV. 요 약

*Alcaligenes* 속으로부터 생산된 rhamsan gum과 *xanthomonas campestris*로부터 생산된 xanthan gum의 리올로지 특성을 비교 연구하였으며 그 결과는 다음과 같다. rhamsan gum의 고유점도는  $8.20\sim36.20 \text{ dl/g}$ 의 값을 나타냈으며 xanthan gum은  $8.19\sim44 \text{ dl/g}$ 의 값을 나타냈고 두 생물고분자 모두 고유점도는 pH7에서 가장 높았으며 rhamsan gum은 알칼리성 쪽에서 비교적 안정하였다. rhamsan gum과 xanthan gum은 염농도에 대하여 안정하였으며 rhamsan gum이 Xanthan gum 보다 더 안정하였다. rhamsan gum의 chain stiffness는 0.016이었으며, rhamsan gum은  $C[\eta]=0.905$  이었고  $\eta_{sp}=0.84$ 이었다. 묽은 용액에서  $\eta_{sp}\sim C^{0.81}$  이었고 농후한 용액에서는  $\eta_{sp}\sim C^{1.03}$ 이었다. 엉킴(entanglement)이 시작되는 임계농도( $C^*$ ) 값은 xanthan gum의 경우는  $0.022 \text{ g/dl}$ 이었다. rhamsan gum과 Xanthan은 전단속도가 증가함에 따라 겉보기 점도가 감소하는 가소성 견동을 나타내었다. rhamsan gum의 농도(concentration  $\geq 0.25 \text{ g/dl}$ )가 증가함에 따라 항복응력(Y)과 점조도 지수(b)는 증가하였으며  $0.66\sim0.46$ 의 유동지수(S)를 갖는 가소성 유동체였다. rhamsan gum은  $55^\circ\text{C}$ 까지 온도에 대하여 비교적 안정하였지만 그 이상 온도에서는 겉보기 점도가 급격히 감소한 반면 xanthan gum은 온도가 증가할 수록 겉보기 점도가 점차적으로 감소하였다. rhamsan gum의 염첨가 영향은 1가염이 2가염보다 약간 커졌고 Urea는  $0.01\sim0.2 \text{ M}$  농도에서 수소결합을 파괴하는 효과가 약간 있었다. xanthan gum은  $0.01 \text{ M}$ 에서 모든 염들의 겉보기 점도가 약간 증가하였으나 그 이상의 농도에서는 변화가 거의 없었다.

#### 참 고 문 헌

- Anthony, S., Spiros, J., David, E.J. and Chokyun

- Rha: *Biotechnology in food Processing*. Noyes publications, p.73(1986)
- 2) Bioinformation Associates: *Impact of Biotechnology on the production and Application of Bio polymers*. M.T.T., 13a (1985)
  - 3) Jansson, P.E.: Molecular Weight Dependence of the Intrinsic Viscosity of Polymer Solutin 2., *Carbohydr Res.*, 124, 135 (1983)
  - 4) O'Neil, M.A., Selvendran, R.R. and Morris, V.J.: Isolation and Partial Characterization of a xyloglucan from the cell walls of *phaseolus coccineus*. *Carbohydr. Res.*, 124, 123 (1983)
  - 5) 권혜숙: *Pseudomonas elodea*에 의해서 생산된 Gel-lan gum과 Agar의 Rheology 특성 비교 연구. 경희대학교 대학원 석사학위 논문 (1988)
  - 6) 박혜정: *alcaligenes*에 의해 생산되는 새로운 Hetero 다당류인 Welan Gum과 Xanthan Gum의 Rheology 특성에 관한 비교연구. 경희대학교 대학원 석사학위 논문(1988)
  - 7) Jansson, P.E.:Structural studies of polysaccharide elaborated by *alcaligenes* ATCC31961. *Carbohydr. Res.*, 156, 156 (1986)
  - 8) Colegrove, G.T.: Agricultural applications of microbial polysaccharides. *Ind. Eng. Chem. Prod. Res.*, 22, 456 (1983)
  - 9) Sandford, P.A., Cottell, I.W. and Pettitt, D.J.: New products and their commerical applications. *Pure & Appl. Chem.*, 56 876 (1984)
  - 10) Iansson, D.E., Lindberg, B. and Kenne, L.: Structure of the extracellular polysaccharides from *xanthomonas campestris*. *Carbohydr. Res.*, 45, 275 (1975)
  - 11) Melton, L.O. Rees, D.A., Mindt, L. and Sanderson, G. R.: Covalent structure of the extracellular polysaccharide from *xanthomonas campestris* evence from partial hydrolysis studies. *Carbohydr. Res.*, 46 (1976)
  - 12) Empey, R. and Dominik, J.G.: A low-calcium xanthan gum exhibiting smooth flow properties is made by including high levels of phosphate in afermentation medium substantially free of calcium ions using the known microorganism *Xanthomonas Campestris*. *Eur. Pat. Appl. No. 803017029*, Publication number 0020097 (1980)
  - 13) Nakamura, T., Koo, S.J. and Pradipassena, P.: Solution properties of polysaccharide flocculant produced by *zoogloea ramigera* 115. *Flocculation in Biotech, and separation System*, Elsevier science (1987)
  - 14) Krigham, W.R. and Folley, P.J.: Principles of polymer chemistry. *J. Polymer Sci.*, 11, 37 (1953)
  - 15) Smidsrod, O. and Haug, H.: Estimation of the relative stiffnes of the molecular chain in polyelectrolytes from measurements of viscosity at different ionic strength. *Biopolymers*, 10, 1213 (1971)
  - 16) Lang, E.R. and Rha, C.K.: Determination of the yield stress of hydrocolloids dispersions: *J. Texture Studies*, 12, 47 (1981)
  - 17) Sutherland, I.W. and Ellwood, D.C.: *Microbial Technology-Current state and future prospects*. Bull, A.T., ellwood D.C. and Raledge. C., (eds). Society for general microbiology symposium 29, University press, Cambridge, P. 107 (1979)
  - 18) Lang, E.R. and Kienzle-STerzer, C.A.: The janpanese society of chintin and chitosan, 34 (1982)
  - 19) Grassley, W.W.: The entanglement concept in polymer rheology. *Adv. Polym. Sci.*, 16, 26 (1974)
  - 20) Rha, C.K.: Rheology of fluid foods. *Food Tech.*, July 78 (1978)