

## Zymomonas mobilis 유래 levansucrase에 의해 생산된 레반의 점도

김철호\* · 송기방\* · 이상기\* · 김병용 · 전억한  
경희대학교 식품가공학과, \*생명공학연구소 응용미생물연구부

### Viscosity of Levan Produced by Levansucrase from *Zymomonas mobilis*

Chul-Ho Kim\*, Ki-Bang Song\*, Sang-Ki Rhee\*,  
Byung-Yong Kim and Uck-Han Chun

Department of Food Science & Technology, KyungHee University,  
\*Applied Microbiology Research Division, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, KIST

#### Abstract

Levan, a biopolymer composed of  $\beta$ -(2-6) and  $\beta$ -(2-1)-linkage of fructoses, was produced by the levansucrase of *Zymomonas mobilis*. The viscosity of levan was investigated as functions of temperature, pH, concentration and ionic strength for the purpose of use in food processing. The viscosity decreased by 67% at 50°C compared with that measured at 10°C. The viscosity of levan was influenced by pH. A remarkable decrease in viscosity was found at pH 2 although there was no change in the viscosity at other pH conditions. The increase levan concentration led to an increase in viscosity. However, the ionic strength of NaCl did not affect the viscosity of levan. The intrinsic viscosity of levan was found to be 44.01 cm<sup>3</sup>/g at 20°C and 31.42 cm<sup>3</sup>/g at 10°C. Inulin, which is  $\beta$ -(2-1)-linkage fructo-oligosaccharides showed very similar viscosity pattern as levan at 10~50°C. In contrast, viscosity of inulin was more sensitively effected by the change of pH than that of levan.

Key words: Levan, viscosity, pH, temperature, inulin

## 서 론

다당류는 친수 콜로이드(hydrocolloids)로서 물에 수화되어 점도를 증가시키거나, 또는 분자간에 접합 영역(junction zones)을 이루어 3차원 구조의 gel을 형성하기도 한다. 따라서, 친수 콜로이드(hydrocolloid)는 식품에서 증점제, 겔화제, 혹은 안정제로서 1차적인 기능을 하며(Sharma, 1981), 이밖에도 다양한 기능적 특성을 제공함으로써 각종 식품 및 기타 관련산업에의 이용이 증가하고 있다(Han, 1990). 특히, 친수 콜로이드(hydrocolloid)를 식품에 이용할 경우 이들에 의해서 제공되는 점성 특성은 최종 제품의 안정성, 저장성, 관능성 등의 품질에 큰 영향을 미치게 되므로 그 점성 특성을 정확히 이해하는 것은 매우 중요하다.

*Zymomonas mobilis*가 탄소원으로 glucose, fructose를 사용한 해당과정에서 sorbitol, gluconic acid 등과 함께 생성되는 부산물인 레반(levan)은 약 300백만개의

fructose가  $\beta$ -(2-6)과  $\beta$ -(2-1)구조로 연결된 생체고분자(biopolymer)로서(Johns *et al.*, 1991) 그 구조는 Fig. 1과 같고, levansucrase에 의해 transfructosylation하여 형성된다(Han, 1990).

한편 이눌린은 20~30개의  $\beta$ -D-fructofuranose가  $\beta$ -(2-1) 결합으로 연결되어 있고 비환원성 말단에 sucrose residue를 가지고 있는 분자량 5,000 정도인 저장탄수화물로서 돼지감자, 치커리, 다알리아 등에 다량 함유되어 있다.

레반은 찬물에서 매우 다양한 용해도를 가지는 비결정질로서 따뜻한 물에 매우 잘 녹고 무수 알콜올에는 잘 녹지 않는다. 그리고 레반은 일반적으로 상온에서 거의 녹지 않는(<0.5%) 이눌린보다는 더 잘 녹는다(Phelps 1965). 이것은 레반이  $\beta$ -(2-1) 결합과 비교하여  $\beta$ -(2-6) 결합의 성격을 띠기 때문에 높은 용해도를 가진다.

친수 콜로이드인 레반은 상당한 분자량을 가지는 고분자 물질로서 점도 특성은 레반의 농도, 분자량, 분자량 분포, 온도, conformation, 측쇄(side-chain), pH, 이온 강도 등에 의해 영향을 받는다. 친수 콜로이드는

Corresponding author: Uck-Han Chun, Department of Food Science & Technology, KyungHee University, Suwon, 449-801 Korea

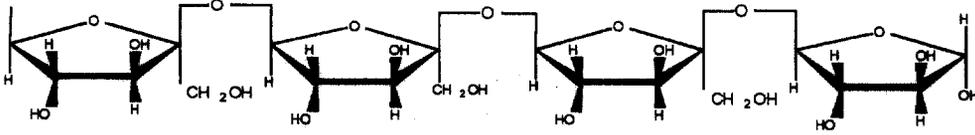


Fig. 1. Chemical structure of levan.

직선형 분자와 측쇄를 가지고 있는 가지형의 구조적 특징을 가져 그 점성 특성도 측쇄의 존재 여부에 따라 영향을 받으며 또한 측정조건에 따라 그 결과가 매우 상이하게 나타나 가공적성에도 큰 영향을 미친다. 이와같이, 레반 점도의 특성은 이들을 식품에 이용했을 때 증점성, 안정성, 가공성 등에 커다란 영향을 미치므로 이들의 미세구조와 점성 특성의 상관관계를 이해하는 것은 여러 식품을 고안하는데 유용하게 이용될 수 있다.

다당류로 식품에의 사용이 가능한 레반은 주로 수화된 형태로 존재하는데, 그 점도 특성은 앞에서 서술한 것과 같이 온도, pH, 이온 강도등에 많은 영향을 받을 것으로 예상되어, 그에 따른 레반의 점도를 측정하여 그 이용성 여부를 제시하고자 하였다.

본 실험은 fructose의 천연 polymer로서  $\beta$ -(2-6) 결합을 가진 레반의 점성 특성과 함께  $\beta$ -(2-1) 결합을 형성하는 inulin과의 점도를 비교하는데 있다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 레반은 KIST 생명공학연구소에서 *Zymomonas mobilis* 유래 levansucrase에 의해 생산된 것을 사용하였으며, inulin은 Sigma사(USA)의 제품을 사용하였다. 레반과 inulin 시료는 실험 24시간 전에 미리 정량하고 물을 가하여 침지시켜 수화된 것을 사용하였다. 그 외의 시약은 특급 시약을 사용하였다.

### 레반의 제조방법

레반은 *Zymomonas mobilis* 유래의 levansucrase를 사용하여 1~10%의 sucrose용액을 기질로 하여 최적 온도인 0°C에서 50 mL의 potassium phosphate buffer (pH 5.0)을 첨가하고 반응시켜 레반 현탁액을 제조하였다. Levansucrase는 기질인 sucrose의 분해 활성과 레반을 형성하는 fructose의  $\beta$ -(2-6)과  $\beta$ -(2-1) 결합을 이루는 활성을 지니고 있다. 수용액 상에서 현탁액으로 제조된 레반용액에 에탄올을 가하여 레반을 침전, 수거한 후 에탄올을 제거하여 레반 결정을 제조하였다.

### 점도 측정

레반의 점도 측정은 먼저 항온기내에서 약 30분간 원하는 온도를 설정하여 capillary viscometer (No.100, Fisher. Co, USA) 점도계를 설정온도에 맞게 유지하고, 역시 같은 항온기내에 레반과 증류수를 놓아 동일한 온도를 유지하게 하였다. 그리고 각각의 levan용액에 0.5 M HCl과 0.1 M NaOH 용액으로 pH를 조정하여 사용하였다. 먼저 각 설정된 온도에 대한 증류수와 레반 용액의 밀도를 측정한 후, 증류수를 사용하여 모세관에서 일정범위를 흐르는데 걸린 시간을 측정하고 레반 현탁액이 흐르는데 걸린 시간을 측정하여 (1)의 식을 이용하여 상대점도(relative viscosity)를 계산하였다.

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_s} = \frac{t\rho}{t_s \rho_s} \quad (1)$$

여기서,  $\eta_{rel}$ 은 상대점도(relative viscosity),  $\eta_s$ 는 기준용액의 점도,  $\eta$ 는 시료의 점도,  $t_s$ 는 기준 용액이 흐르는 시간,  $t$ 는 시료가 흐르는 시간,  $\rho_s$ 는 기준 용액의 밀도,  $\rho$ 는 시료의 밀도이다. (1)의 식을 사용하여  $\eta_{rel}$ 을 구한 다음, (2)의 식에 의해 비점도(specific viscosity)를 구하였다.

$$\eta_{sp} = (\eta - \eta_s)/\eta_s = \eta_{rel} - 1 \quad (2)$$

여기서,  $\eta_{sp}$ 는 비점도(specific viscosity)를 나타낸다. 이 비점도를 용액의 농도로 나누어 식 (3)에 의하여 환원점도(reduced viscosity,  $\eta_{red}$ )를 계산하였다.

$$\eta_{red} = \eta_{sp}C \quad (3)$$

여기서,  $\eta_{red}$ 는 환원점도(reduced viscosity),  $C$ 는 용액의 농도이다. 여기서, 용액의 농도를 무한 희석하였을 때의  $\eta_{red}$ 는 분리된 용질분자에 의한 점도증가를 나타내며 이를 고유점도(intrinsic viscosity,  $[\eta]$ )라 하고, 식 (4)에 의해서 계산될 수 있다.

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \eta_{red} = \lim_{C \rightarrow 0} (\eta_{sp}C) \quad (4)$$

## 결과 및 고찰

### 온도에 의한 레반 점도의 변화

레반의 수화 용액의 온도를 10, 20, 30, 40, 50°C로

Table 1. Effect of temperature on the viscosity of levan

Concentration of levan (% w/v)	Viscosity (cp)				
	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C
0	1.30	1.00	0.80	0.65	0.54
0.05	1.39	1.03	0.81	0.70	0.64
0.5	1.67	1.23	1.13	0.84	0.85
1	2.20	1.54	1.18	1.02	0.90
2	3.76	2.67	1.97	1.80	1.61
4	17.57	13.60	8.70	6.85	5.88

달리하였을 경우, 이에 따른 점도의 변화를 capillary viscometer를 사용하여 조사하였다(Table 1). 일반적으로 다당류는 온도가 증가함에 따라 점도가 감소하며, 또한 미생물 유래의 다당류의 경우는 온도의 상승에 의한 점도가 비교적 안정적인 것으로 알려져 있다(유 와 정, 1989). 친수 콜로이드인 레반의 경우 온도가 10°C에서 50°C로 증가함에 따라 그 점도가 감소하였다.

레반의 농도가 0.05% (w/v)의 경우, 10°C에서의 점도는 1.39 cp이었고, 온도가 증가함에 따라 점도가 감소하여 50°C에서는 0.64 cp를 보여 약 54%의 점도의 감소를 보였다. 또한, 온도의 증가에 따른 레반의 점도 감소율은 레반의 농도가 증가함에 따라 증가하는 양상을 보여, 레반의 농도 0.5% (w/v)의 경우는 10°C에서 점도는 1.67 cp, 50°C에서는 0.85 cp로 약 50%의 점도감소를, 레반의 농도 1% (w/v)의 경우는 10°C에서는 2.20 cp, 50°C에서는 0.90 cp를 나타내어 약 58%의 점도감소를, 레반의 농도가 2% (w/v)의 경우는 10°C에서 3.76 cp를 50°C에서는 1.61 cp로 약 57%의 점도감소를, 4%의 레반 농도의 경우는 10°C의 17.57cp에서 50°C의 5.88 cp로 감소하여 약 67%의 점도 감소를 보였다. *Pseudomonas delafieldii*가 생산하는 다당류는 25°C에서 45°C로 온도가 상승함에 따라 약 28%의 점도의 감소를 보인데 반해(유 와 정, 1989), 레반의 온도의 상승에 의한 점도의 감소 정도는 훨씬 커 온도상승에 의한 점도의 안정성이 낮은 것으로 조사되었다.

일반적으로 온도의 상승에 따라 물질의 점도는 감소

하게 된다(송 과 박, 1995). 그러나, 물질의 종류에 따라 그 성상과 분자구조 등의 차이에 따라 온도의 증가에 따른 점도의 감소의 정도가 달라 식품공업에서의 레반의 사용시 온도감소에 따른 점도의 증가 양상은 대단히 중요한 의미를 가진다. 레반과 같은 친수콜로이드는 각 물질의 분자 구조의 차이에 따라 점도의 변화 양상이 달라 직선형 분자보다는 분자내 측쇄를 가지고 있는 레반과 같은 물질은 온도의 상승에 의한 점도의 감소가 비교적 적게 일어난다.

#### pH에 의한 레반 점도의 변화

pH에 따른 레반 용액의 점도의 변화를 조사한 결과를 Table 2에 정리하였다. 레반의 농도가 0.05% (w/v)의 경우는 농도가 낮아 pH의 감소에 따른 점도의 감소를 관찰할 수 없었으나, 레반의 농도가 0.5% (w/v) 이상인 경우, pH에 따른 점도의 변화는 중성인 pH 6과 염기성인 pH 8, 강염기성인 pH 10의 조건에서 레반의 pH의 변화가 거의 없고, 산성인 pH 2의 조건에서 점도의 급격한 감소를 보였다. 레반의 농도가 0.5% (w/v)의 경우, pH 10, 8, 6에서 각각 1.20, 1.23, 1.20 cp로 거의 비슷한 점도를 보였지만, pH 4에서는 1.19 cp를 보여 약간의 점도의 감소가 나타났고 pH 2에서는 1.04 cp로 점도 감소 정도가 증가하였다. 레반의 농도가 4% (w/v)의 경우도 같은 양상을 보여 pH 10, 8, 6에서 각각 14.7, 19.4, 16.2 cp였고, pH 2에서 점도는 1.20으로 급격히 점도가 감소하였다. pH 10, 8, 6에서와 약산성의 pH 4에서 레반의 점도는 농도에 따라 달

Table 2. Effect of pH on the viscosity of levan at 20°C

Concentration of levan (% w/v)	Viscosity (cp)				
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.05	1.03	1.07	1.00	1.01	1.00
0.5	1.04	1.19	1.20	1.23	1.20
1	1.07	1.53	1.49	1.53	1.54
2	1.09	2.70	2.64	2.81	2.85
4	1.20	16.40	14.75	19.43	16.27

리 나타났으나, 산성 조건인 pH 2에서는 실험에 사용된 레반의 모든 농도에서 거의 비슷한 점도인 1.03~1.20 cp의 점도를 보였다. 이는 레반을 구성하는 fructose를 연결하는 β-(2-6) 결합이 중성과 감염기성을 포함한 pH 환경에서 안정하여 레반의 점도의 감소등의 물성의 변화를 유발하지 않고, 강산성조건인 pH 2에서 β-(2-6) 결합이 절단되어 레반 수화 용액의 점도의 감소가 일어난 것으로 사료된다. 또한, 이러한 점도의 감소 정도는 레반 용액의 농도가 증가함에 따라 급격히 증가하였다. pH 4에서 pH 2로 레반 용액의 pH가 낮아짐에 따라 레반용액의 농도가 0.05% (w/v)에서는 3%, 0.5% (w/v)에서는 12%, 1% (w/v)에서는 30%, 2% (w/v)에서는 59%, 4% (w/v)에서는 92%의 점도 감소를 보였다. 또한, pH 2에서 레반 용액의 농도를 0.05% (w/v)에서 4% (w/v)로 달리하였을 경우, 레반의 농도에 상관없이 점도가 거의 일정한 것으로 조사되어, pH 2의 조건에서 거의 모든 fructose간의 결합이 절단되어 레반의 농도에 관계없이 거의 일정한 점도를 보인 것으로 사료된다.

*Zymomonas mobilis* 유래 levansucrase에 의해 생산된 레반의 점도는 pH 4에서 pH 10사이에서 높은 안정성을 보였다. *Xanthomonas* sp.가 생산하는 다당류는 pH 5에서 pH 13 사이에서 안정된 점도를 보인다고(손 등, 1995)하였고, *Arthrobacter* sp.가 생산하는 다당류는 pH 4에서 pH 10사이에서(Bodie et al., 1985), *Alcaligenes* sp.가 생산하는 다당류는 pH 6에서 pH 10사이에서 점도의 안정성이 유지된다는 보고(Margaritis와 Pace, 1985)에 비추어 볼 때, 레반은 pH 변화에 대한 점도의 안정성이 매우 우수하였다.

이온강도에 의한 레반 점도의 변화

NaCl로 이온강도를 달리하여 레반용액의 점도에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 4% (w/v)의 레반 용액의 점도는 이온강도(μ) 0, 0.05, 0.5, 2에서 각각 17.87, 17.87, 16.86, 18.38 cp을 보여 이온강도에 따른

점도의 변화양상을 보이지 않았다. 또한, 2% (w/v)의 레반 용액을 사용하였을 때에도 이온강도(μ)가 0에서 2로 증가시 2.92~2.56 cp의 범위를 보여 이온강도의 변화에 의한 레반의 점도의 영향은 유의차가 없었다. 실험에 사용된 0.05~4% (w/v)의 레반 농도에서 모두 같은 결과를 보였다. 이는 레반이 다전해질 친수콜로이드가 아니기 때문에 점도가 주위의 이온 강도의 영향을 받지 않았기 때문으로 사료된다.

한편, *Xanthomonas* sp.에 의해 생산된 다당류의 경우는 NaCl의 농도에 의한 이온 강도(μ)가 약 0.17까지는 점도가 다소 증가하였고, 이온 강도가 0.85이었을 경우는 약 15%의 점도의 감소를 나타내었다(손 등, 1995). *Pseudomonas delafiedii*가 생산하는 다당류는 NaCl에 의한 이온강도가 약 0.25까지 점도의 안정성을 보인다는 보고(이 등, 1992)와 비교하면, 레반 점도의 NaCl에 의해 약 2의 이온강도에서도 안정된 점도의 양상을 보여 이온강도가 증가함에 따라 레반의 점도의 안정성은 매우 우수한 것으로 사료되며, 식품에 일반적으로 사용되는 염농도인 약 3% (w/v) 이하의 농도에서 레반은 점도의 변화가 거의 일어나지 않기 때문에 식품 산업에의 이용 증대가 기대되고 있다.

레반의 고유 점도

고유점도는 분자의 단위질량이 차지하는 hydrodynamic volume을 의미하며, 이러한 고유 점도를 측정할 때 사용되는 일반적인 방법은 Huggins식(Morris et al., 1981)과 Kraemer식(Morris and Ross-Murphy, 1981)을 주로 이용하는데, 이 식을 이용하여 계산한 레반의 고유점도는 다음과 같다(Fig. 2, 3).

$$\eta_{sp}/C = [\eta] + k'[\eta]^2C \tag{5}$$

$$(\ln \eta_{rel})/C = [\eta] + k''[\eta]^2C \tag{6}$$

Fig. 2와 Fig. 3에서 조사한 것과 같이 레반의 고유점

Table 3. Effect of the ionic strength using NaCl on the viscosity of levan at 20°C

Concentration of levan (% w/v)	Viscosity (cp)						
	Ionic strength (μ)						
	0	0.01	0.05	0.1	0.5	1	2
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.05	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.02	1.01
0.5	1.23	1.23	1.23	1.22	1.19	1.24	1.21
1	1.59	1.59	1.59	1.53	1.47	1.54	1.51
2	2.92	2.92	2.91	2.71	2.56	2.79	2.56
4	17.87	17.87	17.87	18.86	16.86	16.94	18.38

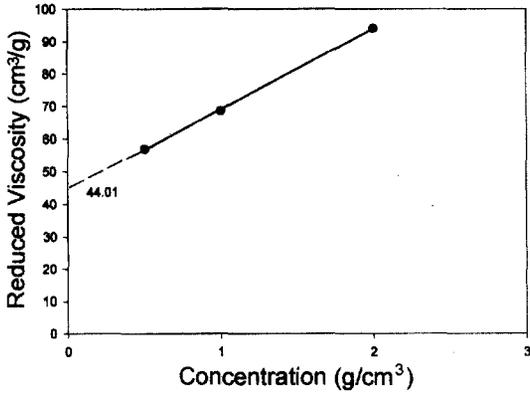


Fig. 2. Intrinsic viscosity of levan at 10°C.

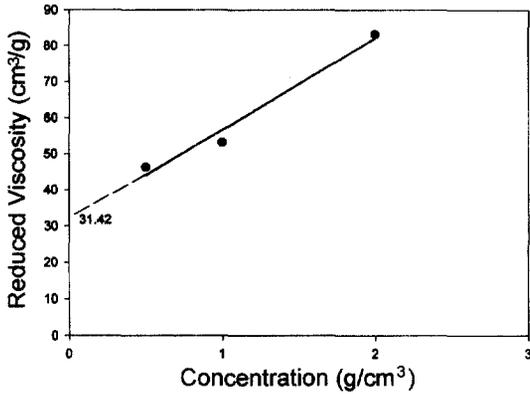


Fig. 3. Intrinsic viscosity of levan at 20°C.

도(intrinsic viscosity)는 10°C에서 44.01 cm³/g와 20°C에서 31.42 cm³/g를 나타내었다. 레반 고유점도의 조사에 있어 정확성을 위하여 상대점도가 1.2~2.0, 즉 비점도가 0.2~1.0의 농도범위에서 측정하였다. 상대점도가 1.2이하의 농도에서는 실험오차에 의한 변동의 가능성이 높고, 상대점도가 2.0이상의 경우는 분자간의 상호작용이 일어나 단순히 Huggins식이나 Kraemer식을 적용하기 어려웠다.

다당류의 경우 분자량과 고유점도의 상관관계는 같은 물질에 한해서만 분자량이 클수록 고유점도가 증가하게 된다(송 과 박, 1995). 서로 다른 물질, 다당류와의 분자량에 따른 고유점도의 상관관계는 비교할 수 없다. 또한, 다당류의 경우도 서로 비슷한 분자량의 경우도 가지구조를 가지는 물질의 경우가 고유점도가 그렇지 않은 경우에 비해 매우 낮다. 이러한 이유로 결과지를 가지는 레반의 경우도 가지위가지(branch-on-branch) 구조에 의하여 상당히 밀집된 분자 구조를 지녀, 분자량에 비하여 고유점도가 낮을 것으로 예상된다.

Inulin의 점도 특성

레반(levan)은 약 300백만 개의 fructose가 β(2-6)과 β(2-1)구조로 연결된 biopolymer이고 이놀린은 20~30개의 β-D-fructofuranose가 β(2-1) 결합으로 연결되어 있으며 비환원성 말단에 sucrose residue를 가지고 있는 분자량 5,000 정도인 저장탄수화물이다. Fructose의 천연 polymer로서 β(2-1) 결합을 형성하는 inulin과의 점도를 살펴보면 다음과 같다.

Inulin의 점도에 미치는 온도의 영향을 살펴본 결과, Table 4와 같이 온도가 감소함에 따라 전체적으로 약 57~60%의 점도 감소 정도를 보였다. 이 결과는 Table 1의 온도의 감소에 따라 약 50~67%의 점도의 감소를 보인 레반의 점도 양상과 유사한 결과를 보였다. pH에 따른 inulin의 점도 변화 양상은 pH가 산성으로 변화함에 따라 점차적으로 inulin의 점도가 감소하였다. 그러나, 앞서 조사된 것(Table 2)과 같이 레반은 pH 4에서 pH 10사이에서는 안정된 점도 양상을 보이다 pH 2에서 급격한 점도의 감소를 보인 것과는 다른 결과를 보여 주고 있다.

주로 β(2-6)결합의 fructose로 구성된 polymer인 레반과 주로 β(2-1) 결합으로 구성된 inulin의 점도의 양상(Vandamme과 Derycke, 1983)은 그 구조상의 특징과 같이 온도 변화에 대하여 같은 점도 양상을, pH의 변화에 따라서는 레반이 pH의 변화에 대하여 넓은 pH 범위에서 inulin보다 안정된 점도 양상을 보이고 있다. 이는 레반이 산에 의해 민감하게 가수분해되며, 온도에 의해 급격하게 가수분해되는 보고(Kang과 Cottrell, 1979)와 일치하는 것으로 사료된다.

Table 4. Effect of temperature on the viscosity of inulin

Concentration of inulin (% w/v)	Viscosity (cp)				
	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C
0	1.31	1.01	0.80	0.66	0.55
0.5	1.35	1.06	0.87	0.66	0.56
1	1.42	1.12	0.91	0.71	0.59
1.5	1.50	1.18	0.99	0.77	0.64
2	1.52	1.20	1.00	0.75	0.62

Table 5. Effect of pH on the viscosity of inulin at 20°C

Concentration of inulin (% w/v)	Viscosity (cp)				
	pH 2	pH 4	pH 6	pH 8	pH 10
0	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
0.5	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99
1	0.98	1.02	1.01	1.05	1.02
1.5	1.00	1.04	1.06	1.08	1.06
2	1.05	1.08	1.14	1.11	1.10

## 요 약

*Zymomonas mobilis*의 levansucrase에 의해 생산되는 레반은 약 300백만개의 fructose가  $\beta$ -(2-6)과  $\beta$ -(2-1)구조로 연결된 생체고분자(biopolymer)로서 온도, pH, 농도 및 이온강도에 따라 그 점도 변화를 측정하였다. 레반은 온도가 10°C에서 50°C로 증가함에 따라 그 점도가 감소하였고, 그 감소의 정도는 레반의 농도가 증가함에 따라 증가하여 4% (w/v)의 레반 수화 용액의 경우 약 67%의 점도의 감소를 보였다. pH에 따른 점도의 변화를 살펴보면 중성인 pH 6과 염기성인 pH 8, 강염기성인 pH 10의 조건에서 레반의 점도의 변화가 거의 없고, 산성인 pH 2의 조건에서 점도의 급격한 감소가 일어났으며 이는 레반을 구성하는 fructose를 연결하는  $\beta$ -(2-6) 결합이 절단되어 레반 수화 용액의 점도의 감소가 일어난 것으로 사료된다. 또한, 레반의 농도가 증가함에 따라 점도의 감소정도가 급격히 증가하였고, 이와 같은 결과는 pH 2의 조건에서 거의 모든 fructose간의 결합이 절단되어 fructose자체 용액의 점도를 이루게 되어 레반의 농도에 관계없이 거의 일정한 점도를 보였다. NaCl로 용액중의 이온강도를 조절하여 레반 수화용액의 점도를 조사한 결과 레반이 다 전해질 다당류가 아니기 때문에 점도에 대한 이온강도가 미치는 효과를 관찰할 수 없었고, 레반의 고유점도(intrinsic viscosity)는 20°C에서 44.01 cm<sup>3</sup>/g, 10°C에서 31.42 cm<sup>3</sup>/g을 나타 내었다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부지원 국책생명공학연구개발사업 NB 0570으로 지원된 연구비에 의해 수행된 연

구결과와 일부로 이에 감사를 드립니다.

## 문 헌

- 송재철, 박현정. 1995. 식품 점성에 영향을 미치는 요인, 식품물성학. 울산대학교 출판부: pp 311-317.
- 손봉수, 박석규, 강신권, 이상원, 성낙계. 1995. *Xanthomonas* sp. EPS-1이 생산하는 다당류의 레올로지 특성, 산업미생물학회지, 23: 269-274
- 유진영, 정동효. 1989. *Pseudomonas delafieldii*가 생성하는 다당류의 레올로지 특성, 산업미생물학회지, 17: 475
- 이부용, 이영철, 김홍만, 김철진, 박무현. 1992. 마전분 호화액의 레올로지 특성, 한 국식품과학회지, 24: 619-622
- Bodie, E. A., R. D. Schwartz, and A. Catena. 1985. Production and characterization of a polymer from *Arthrobacter* sp. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50: 629-633
- Han, Y. W. 1990. Microbial levan. *Adv. Appl. Microbiol.*, 35: 171
- Johns, M.R., P.F. Greenfield, and H.W. Doelle. 1991. Byproducts from *Zymomonas mobilis*. *Advances in Biochem. Eng. Biotech.*, 44: 97
- Kang, K. S. and I. W. Cottrell. 1979. In : *Microbial Technology* (vol 1), 2nd. by H. J. PeppLer and D. Perlman (eds.). Academic press, New York, USA. pp 417-481
- Margaritis, A. and G. W. Pace. 1985. *Compressive Biotechnology*, Pergamon Press, 3: 1006-1044
- Morris, E. R., A. N. Culter, S.B. Ross-Murphy, and D.A. Rees. 1981. Concentration and shear rate dependence of viscosity in random coil polysaccharide solutions. *Carhydro. polym.*, 1: 5
- Morris, E.R. and S.B. Ross-Murphy. 1981. Chain flexibility of polysaccharides and glycoproteins from viscosity measurements. *Tech. Carbohydro. Metabol.*, B310: 1
- Phelps. C.F. 1965. *Biochem. J.*, 95: 41-47
- Sharma, S.C. 1981. Gums and hydrocolloides in oil water emulsions. *J. Food Tech., January*, 59
- Vandamme, E.J. and Derycke. D.G 1983. *Adv. Appl. Microbiol.*, 29: 139-176