

## Rheological Properties of Exopolysaccharide p-KG03 Produced by Marine Microalgae *Gyrodinium impudicum* strain KG03

임정환, 김성진, 박규진, 안세훈, 이현상, 이홍금  
한국해양연구원 해양자원본부 미생물실  
전화 (031) 400-6241, FAX (031) 406-2495

### ABSTRACT

The rheological properties of exopolysaccharide, p-KG03, produced by marine microalgae *Gyrodinium impudicum* strain KG03 had been studied. The intrinsic viscosity of this p-KG03 was calculated to 65.22 and 50.75 dℓ/g using Huggins and Kramer equations (xanthan gum 24.41 and 24.03). Aqueous dispersions at p-KG03 concentrations ranging from 0.1 to 1.0 % (w/w) showed marked shear-thinning properties as Power-Law behavior. In aqueous dispersions of p-KG03 1.0 %, consistency index ( $K$ ) and flow behavior index ( $n$ ) were 2,172 and 0.52. The apparent viscosity and the influence of shear rate on different conditions as p-KG03 concentrations, pH, NaCl, CaCl<sub>2</sub> and temperature in aqueous solutions were measured. And p-KG03 had mixed with aqueous solutions of xanthan gum and gellan gum, and investigated the change of mixed aqueous solution behavior.

### 서론

천연의 다당류는 수용성이나 불용성인 gum으로 물질구조 및 특성에 의하여 수용액 상에서 다양한 유변학적 성질을 가지며 이를 이용하여 식품, 의약, 화학 등의 여러 다양한 산업의 소재로 이용되고 있다 (Micheel, 1979). 다당류의 다양성은 이들의 분자량, 구성당의 조성, 결합순서, 결합위치 및 가지의 형태에 따라 다양하며, 다당류의 고유점도 및 분산능, 점착능, 유희능 및 필립형성능에 의하여 다양한 물성을 가진다. 따라서 세포외다당류를 생산하는 미생물을 공업적으로 중요한 고분자 중합체의 생산에 이용하려는 연구가 진행되고 있다 (Philips *et al.*, 1989; Sinsky *et al.*, 1989). 미세조류에서 생산되는 세포외다당류의 구조연구 및 유변학적 연구에 대하여 보고된 예는 많지 않으나 이들이 생산하는 다당류의 특성은 다양하여 산업적 소재로 이용될 가능성이 높다 (Sutherland, 1996). *Gyrodinium impudicum*은 적조 미세조류로 이들이 생산하는 세포외다당류를 산업적 소재로 이용하고자 이들의 물성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**균주배양 :** *Gyrodinium impudicum* strain KG03의 세포외다당류인 p-KG03의 생산은 1 l ALBTPR을 이용하여 최적배지인 M-KG03 액체배지 800 ml에 시료농도를  $1 \times 10^3$  cells/ml의 농도로 접종한 후 22°C, 16L : 8 D로 CO<sub>2</sub> 1%, 50 cc/min, 150  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$  광도로 유지하여 21일간 배양하였다.

**세포외다당류의 분리 및 정제 :** p-KG03의 분리 및 정제는 배양액을 연속 원심분리기를 이용, 12,000  $\times g$ , 4°C로 원심분리하여 균체를 제거한 후 상등액을 2 배의 100% cold ethanol을 첨가하고 4°C에서 24시간 냉침하여 p-KG03을 침전시키고, 침전된 p-KG03은 70% cold ethanol로 2회 세척하고 이를 다시 증류수에 녹인 후 4°C에서 배양액 3 배의 3차 증류수를 연속적으로 첨가하여 연속 투석기(Pellicon 2, Millipore, USA)로 투석한 다음, 이를 다시 2 배의 100% cold ethanol을 첨가하여 4°C에서 24시간 냉침하고 침전된 p-KG03을 회수하였다. 투석이 완료된 p-KG03은 동결 건조하여 조다당으로 분리하였고 이를 물성시험에 사용하였다.

**고유점도 조사 :** 고유점도의 측정을 위하여 Capillary viscometer (525 13 /Ic, Schott. Germany)를 사용하였다. 시료를 유입한 후 25°C로 유지시키고 점도를 측정하였다.

**유변학적 특성조사 :** p-KG03의 물성을 조사하기 위하여 점도계(Brookfield model: LVDV- $\Pi^+$ , U.S.A.)를 이용하여 spindle No. SV-18을 사용하여 p-KG03의 물성을 측정하였다. 물성학적 성질에 대한 분석은 Power-Low의 공식에 의하여 조사하였다. 물성 변화는 농도의 경우, 0.1, 0.25, 0.5% (w/v)의 수용액이 되도록 증류수로 녹여 25°C에서 물성변화를 측정하였고, 염농도는 0.5% p-KG03 수용액에 일가 양이온인 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 및 5.0%의 농도로 처리하고, 이가 양이온인 CaCl<sub>2</sub>는 0.25, 0.5, 1.0 및 2.0%의 농도로 처리하여 처리구별 물성변화를 측정하였다. pH는 0.5% 다당류 수용액 처리구를 pH 4, 5, 7, 9 및 10으로 변화를 주어 처리구별 물성변화를 측정하였고, 열처리는 25°C에서의 물성을 기준으로 하여 40, 60, 80 및 100°C에서 각 30분씩, 그리고 121°C에서 15분간 열처리를 한 후 25°C로 다시 냉각시켜 처리구별 물성의 변화를 25°C에서 나타내는 물성과 비교 조사하였다. 온도변화에 의한 물성 변화는 25°C에서부터 연속적으로 30, 40, 50 및 60°C까지 온도를 올리면서 물성의 변화를 조사하였으며 다시 25°C로 냉각시켜 원래 고유물성과의 차이를 비교 조사하였다. 혼합 적합성은 0.5% p-KG03 수용액의 물성을 조사하고 gellan gum 과 xanthan gum을 0.5% 수용액으로 혼합하여 물성변화를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

**p-KG03의 고유점성:** p-KG03의 Huggins 및 Kramer equations 방정식에 의한 고유점도

는 65.22 및 50.75 dℓ/g (xanthan gum 24.41 and 24.03)으로 조사되었다 (Fig. 1). p-KG03의 사슬강도성은 0.170이었고, 특성화 농도는 0.114 g/ℓ로 p-KG03은 이 농도에서 영킴이 일어난다.

**p-KG03의 물성계수:** p-KG03은 non-Newtonic fluid로 Power-Low Model에 의한 pseudoplastic한 물성을 갖는 것으로 조사되었으며(Fig. 2), 유체성으로 p-KG03 1%의 constancy index ( $K$ )는 2,172 cp, flow behavior index ( $n$ )는 0.52였다 (Fig.A)

**농도에 의한 물성변화:** p-KG03의 농도의 증가에 따라 비례적으로 전단응력도 증가하였는데, 이는 높은 점도로 인하여 다당류 자체를 절단하는데 많은 힘이 요구된다는 것을 보여준다 (Fig. B).

**염처리에 의한 물성변화:** NaCl 및 CaCl<sub>2</sub>의 경우, 모든 처리구에서 약간의 전단응력의 차이를 보였을 뿐 급격한 전단응력의 차이는 없었다. p-KG03은 NaCl 및 CaCl<sub>2</sub>의 첨가에 의한 분자간의 side chain과 backbone 사이의 결합이나 수소결합이

민감하게 반응하지 않는 것으로 생각된다 (Fig. C, D).

**pH에 의한 물성변화:** p-KG03은 다른 다당류에 비해 광범위한 pH 영역에서 안정한 물성을 가지는 것으로 조사되었다 (Fig. E).

**온도에 의한 물성변화:** p-KG03은 온도가 올라감에 따라 전단속도에 대한 전단응력이 감소하였고, 다시 25℃로 온도를 저하시켰을 때 전단속도에 대한 전단응력이 다시 증가하여 가역용액(reversible fluid)의 특징을 가지고 있었다 (Fig. F).

**열처리에 의한 물성변화:** 열처리에 의한 p-KG03의 물성은 열 처리 온도가 증가함에 따라 전단응력이 감소하였으나, 100℃ 이상의 처리에서도 점성을 유지하여 전단응력의 변화 폭이 적어 비교적 열처리에 안정한 것으로 보인다 (Fig. G).

**다당류 혼합에 의한 물성변화:** gellan gum의 경우, p-KG03의 혼합에 의하여 전단속도에 따른 전단응력이 증가하였고, xanthan의 경우, p-KG03의 혼합에 의하여 전단속도에 따른 전단응력이 감소하였다. 따라서 p-KG03은 xanthan 및 gellan gum의 용도개발에 혼합제로 이용이 가능할 것으로 보인다 (Fig. H, I).

## 요 약

p-KG03의 고유점도는 65.22 및 50.75 dℓ/g 이며, 사슬강도성은 0.170이었고, 특성화 농도는 0.114 g/ℓ이었다. p-KG03은 non-Newtonic fluid로 Power-Low Model에 의한 pseudoplastic한 물성을 갖으며, 유체성으로 p-KG03 1%의 constancy index ( $K$ )는 2,172 cp, flow behavior index ( $n$ )는 0.52이었다. 특히 pH, 염 및 열에 안정하며 기존 다당류와의 혼합이용 가능성이 있을 것으로 생각된다.

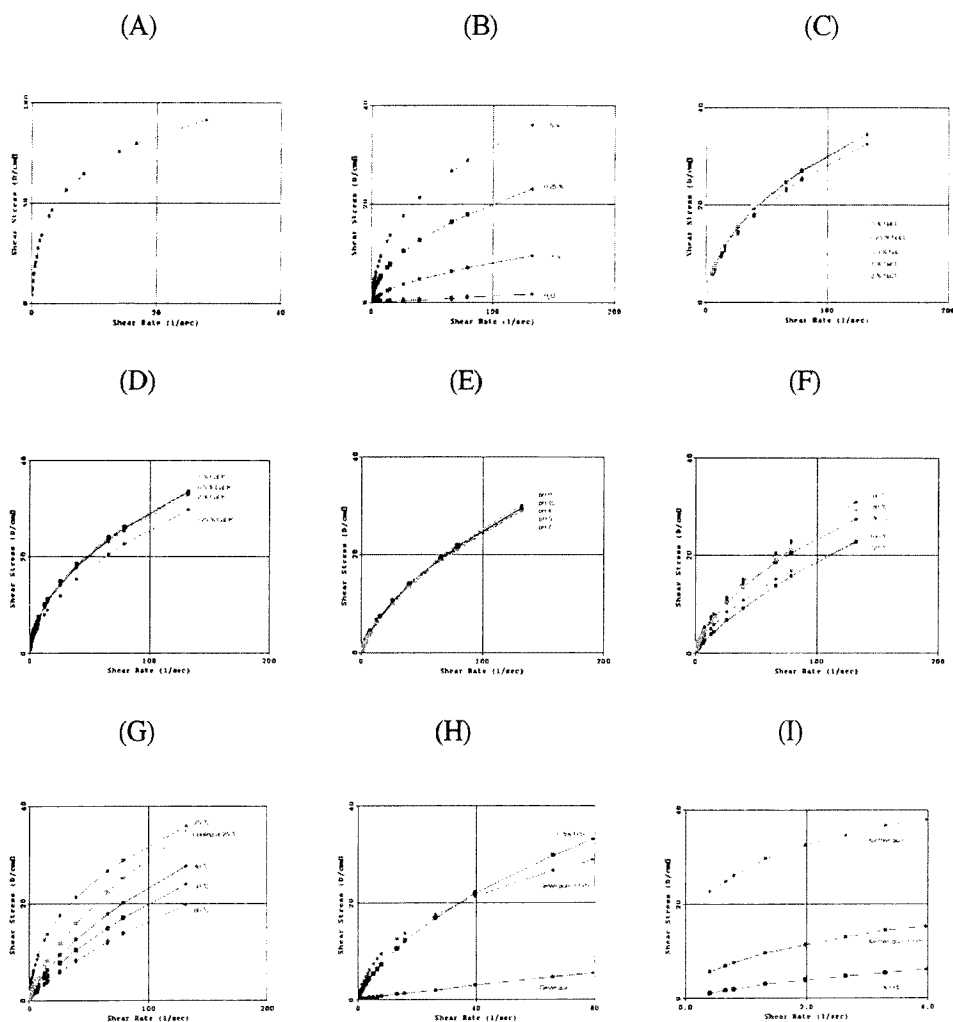


Fig. Relationship between shear stress and shear rate of p-KG03  
 (A) p-KG03 1.0 %, (B) Different concentration, (C) NaCl, (D) CaCl<sub>2</sub>, (E) pH, (F) Temperature, (G) Heat treatment of high temperatures, (H) mixture with gellan gum, (I) mixture with xanthan gum.

### 참고문헌

1. Micheel, J. R. 1979. In : *Polysaccharides in Food*. J. R. Michell (ed). London. p. 51.
2. Philips, G. O., P. A. Williams and D. J. Wedlock. 1989. *Gummed stabilizer for the food industry* 3, 4, Elsevier, New York. pp. 223-245.
3. Sinskey, A., Jamas, S. Easson, and C. K. Rha. 1986. In : *Biotechnology in Food Progressingx*. S. H. Harlender and T. P. Labuza U.K. (ed). pp. 73-173.
4. Sutherland, I. W. 1996. Extracellular polysaccharides. In : *Biotechnology* Rehm, H. J. and R. Reed (ed). 6, 615-657.