

Metarrhizium anisopliae (Metschn.) Sorok이 생산하는 Biopolymer YU-122의 물리, 화학적 특성

최용석 · 옥승호 · 유주현 · 배동훈*

연세대학교 식품생물공학과 및 생물산업소재연구센터
*단국대학교 식품공학과 및 생물산업소재연구센터

Properties of Biopolymer YU-122 from *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok

Yong-Suk, Choi, Seung-Ho Ohk, Ju-Hyun Yu and Dong-Hoon Bai*

Department of Food and Biotechnology, and Bioproduct Research Center, Yonsei University

*Department of Food Engineering, Dankook University and Bioproduct Research Center, Yonsei University

Abstract

A new biopolymer YU-122 from *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok consisting of glucose and galactose was tested for its physical properties and flow behavior characteristics. Xanthan gum showed slightly higher viscosity than biopolymer YU-122. Viscosity of biopolymer YU-122 at various pHs and temperatures was also tested. The viscosity of biopolymer YU-122 was very stable up to pH 11 and 60°C, indicating that it has a great possibility for the application such as food additives, emulsifier, and drug release agents. Flow behavior index (n) from Power Law equation is 0.173. Biopolymer YU-122 solution was a pseudoplastic non-Newtonian fluid, which indicated that it had one or more side chains. When biopolymer YU-122 was used as a emulsifier, it stabilized the emulsion up to 120 hours, which was much better than xanthan gum. The biopolymer YU-122 could form an excellent but less clear film compared with xanthan and pullulan.

Key words: biopolymer, *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok, viscosity

서 론

다당류를 생산하는 미생물은 *Leuconostoc mesenteroides*⁽¹⁾, *Azotobacter vinelandii*⁽²⁾, *Aureobaculum fulvulans*⁽³⁾, *Acetobacter suboxydans*⁽⁴⁾, *Rhizobium*⁽⁵⁾, *Bacillus polymixa*^(6,7), *Bacillus subtilis*⁽⁸⁾, *Zymomonas mobilis*⁽⁹⁾, *Glomerella cingulata*⁽¹⁰⁾, *Arthrobacter* sp.⁽¹¹⁾ 등이 있으며, 미생물의 종류에 따라 생산되는 biopolymer의 성분과 물리, 화학적 성질이 다르고, 생산 조건이 각기 다르다. 이들 미생물 다당에 관한 연구는 1942년 *Leuconostoc mesenteroides*라는 유산균을 배양하여 생산한 dextran이 의료용으로 사용되기 시작한 이래 많은 연구가 이루어 졌으며, 특히 이런 다당류를 식품에 이용하고자 하는 연구도 많이 이루어져 왔다⁽¹⁾. 최초로 상업화된 미생물 다당류는 dextran이지만 그 이후 발견된 xanthan gum도 산업적 생산에 성공하여

식품공업에서의 안정제 및 유전에서의 2차 oil회수 등 여러 분야에서 널리 사용되고 있다.

Yum 등⁽¹²⁾과 Kim 등⁽¹³⁾은 토양으로부터 미생물을 분리하여 이로부터 새로운 물질을 탐색, 개발하였고, 이를 산업화한 바 있다. 또한 최 등⁽¹⁴⁾은 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는, 용액상태에서도 높은 점도를 나타내며, 주로 glucose와 galactose로 구성되어 있는 biopolymer YU-122를 정제하고 그의 구성성분을 분석하여 보고하였다. 따라서, 본 연구에서는 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122를 식품산업 또는 석유탐색 등에 사용하기 위하여 biopolymer YU-122의 물리, 화학적 성질에 관하여 연구하였다.

재료 및 방법

Biopolymer YU-122의 제조

연구에 사용한 biopolymer YU-122는 최 등⁽¹⁴⁾의 방

Corresponding author: Bai, Dong-Hoon, Department of Food Engineering, Dankook University, San 29 Anseo-dong, Chunan 330-174, Korea

법에 따라 배양, 정제하여 사용하였다. PDA medium (Difco) 사면배지에 균체를 접종한 후 30°C에서 7일간 배양하여 포자가 충분히 형성되도록 한 후 살균된 포자 현탁액(0.7% NaCl, 0.07% Tween80)을 첨가한 다음 포자의 수가 2×10^5 CFU/ml가 되도록 포자 현탁액을 제조하고, 경제성을 고려하여 최적화된 기본배지 (glucose 1.0%, sucrose 2.0%, starch 1.0%, yeast extract 0.5%, polypeptone 0.5%, K_2HPO_4 0.1%, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.02%, pH 6.6)에 1%가 되도록 접종하였다.

위의 배지에서 8일간 배양한 배양액을 2배 희석한 후 9,000 g에서 20분간 원심분리 하여 균체를 제거하고, 상등액에 3배 부피의 methanol을 첨가하여 교반용으로 휘저으면서 침상상의 biopolymer를 얻었다. 이를 수 차례에 걸쳐 메탄올로 세척한 후 물에 녹이고, 다시 메탄올을 첨가하여 침전시키는 처리를 3회 반복한 후 biopolymer를 얻었다. 이것을 다시 물에 녹인 후, SK-1B (三養社) column chromatography, SA-20AP (三養社) column chromatography, HP-20 (三養社) column chromatography를 행하여 불순물을 제거하고 동결건조 하여 정제된 biopolymer를 얻었다.

Biopolymer YU-122의 물성연구

위의 방법에 의하여 정제된 biopolymer YU-122를 증류수에 각각 0.5%, 1% (w/v)가 되도록 현탁하고, 1 N HCl과 1 N NaOH로 pH를 조절하여 각 실험에 사용하였다.

점도측정은 viscometer (LV, Brookfield)를 사용하였고 spindle은 SC4-34형을 사용하였으며 물성특성값의 산출은 Power Law식 ($\tau=kD^n$)으로 계산하였다(τ =shear stress, D =shear rate, k =consistency index, n =flow behavior index).

Polymer의 유화안정성에 미치는 영향

유화안정성에 대한 실험을 위하여는 Rosenberg 등⁽¹⁵⁾과 Neu 등⁽¹⁶⁾의 방법을 변형하여 사용하였다. 대두유와 옥수수유 40 mL에 증류수를 각각 60 mL씩 첨가하고 각 polymer의 농도를 0.5% (w/v)가 되도록 조절하여, vortex mixer를 사용하여 20분간 균질화시킨 후 투명한 tube에 옮겨 상온에 방치하고, 시간에 따라 유지의 층분리를 관찰하였다.

Polymer의 필름 형성능

각 polymer의 film 형성능력을 검토하기 위하여 투명한 유리판(2.5×5 cm)을 세척 후 105°C에서 10분간 가열하여 건조한 후, 그 위에 증류수에 1%가 되도록

현탁된 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122와 pullulan, xanthan gum을 펼쳐 놓고 실온에서 24시간 건조시켰다. 실온에서 건조 후 desiccator에 옮겨서 24시간 건조하여 film 형성 정도를 육안으로 관찰하였다.

해빙에 미치는 polymer의 영향

Polymer의 첨가에 따른 물의 해빙에 대한 영향을 검토하기 위하여 biopolymer YU-122와 xanthan을 각각 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1.0%의 농도로 증류수에 현탁하여 시험관에 넣고, -20°C에서 사면으로 동결한 다음 시험관을 수직으로 세워 상온에 방치하여 수평이 될 때까지의 시간을 측정하였다.

결 과

Biopolymer YU-122의 유동특성

Biopolymer YU-122의 유동특성을 검토하기 위하여 0.5% biopolymer YU-122 수용액을 조제하여 전단속도 1~100 sec⁻¹에 따른 전단응력의 변화를 40°C에서 측정 한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Power Law식으로부터 flow behavior index (n)를 구한 결과 0.173으로 나타났다. 따라서, biopolymer YU-122는 pseudoplastic한 성질을 갖는 non-Newtonian용액일 때의 특성을 보이므로 side chain이 존재할 경우에는 non-Newtonian의 거동을 보인다는 보고⁽¹⁷⁾에 따라 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122는 side chain이 존재하는 것으로 추정 되었다.

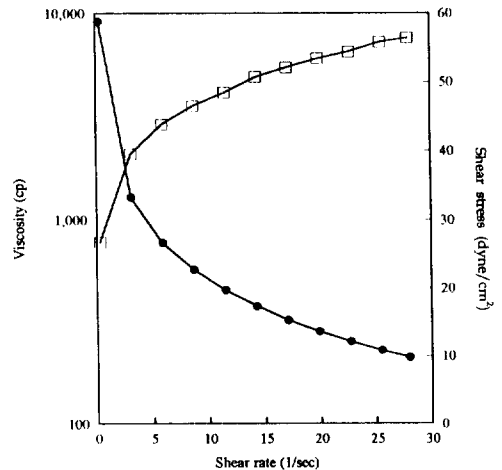


Fig. 1. Viscosity and flow property of biopolymer YU-122. 0.5% of biopolymer solution was measured at 40°C ●—●: Viscosity, □—□: Shear stress.

농도에 따른 점도 변화

Metarrhizium anisopliae (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122를 각농도별로 증류수에 현탁하여 농도변화에 따른 점도의 변화를 비교하였다(Fig. 2). 대조구로서 xanthan gum을 사용하여 실험한 결과 xanthan gum의 경우는 0.1%에서부터 1%까지 농도에 따라 비교적 일정한 점도의 상승을 나타냈으나, biopolymer YU-122의 경우는 0.3%에서부터 점성을 나타내기 시작하여 0.5%부터 점도가 급격히 상승하는 것을 볼 수 있었다.

온도에 따른 점도 변화

대부분의 많은 polymer용액의 경우 온도의 증가에 따라 점도가 낮아진다는 것이 보고되어져 있다⁽¹¹⁾. 그러나 polymer zanflo⁽¹⁸⁾에서는 넓은 온도 범위에서도 안정하다고 보고되고 있기도 하다.

온도에 따른 물성의 변화는 polymer의 용도개발을 위한 중요한 성질 중의 하나이다. Biopolymer YU-122의 경우 0.5%와 1%의 수용액상태에서 모두 60°C까지는 온도변화에 대해 점도의 변화가 없이 매우 안정한 특성을 나타내었고 70°C 이상의 온도에서는 온도가 증가함에 따라 점도가 급격히 저하되는 것으로 나타났다(Fig. 3).

pH에 따른 점도 변화

또한 pH의 변화에 따른 biopolymer YU-122의 점도 변화를 살펴본 결과 pH 12.0와 pH 13.0에서는 pH가 증가함에 따라 급격한 점도의 증가를 나타냈으나, pH

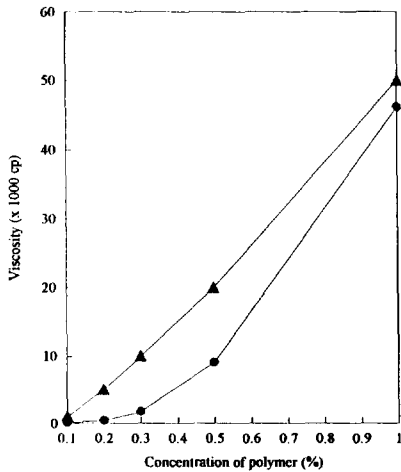


Fig. 2. Effect of concentration on the viscosity of biopolymer YU-122. ●—●: Biopolymer YU-122, ▲—▲: xanthan gum.

2.0에서 pH 11.0에 이르기까지 pH의 변화에 관계없이 일정하게 안정된 점도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4). Xanthan gum의 경우와 같이, *Erwinia tahitica*가 생산하는 polymer인 zanflo⁽¹⁸⁾와 *Arthrobacter* sp.에 의해 생산되는 polymer⁽¹¹⁾의 경우에서도 넓은 pH범위에서 안정한 물성을 갖는다고 보고되었다. 이와 같이 넓은 범위에 걸친 pH안정성으로 볼 때 biopolymer YU-122는 다른 다당류들보다 광범위한 pH영역에서 안정한 성질을 갖고 있으므로 식품에서 뿐만 아니라 의약품 및 다른 산업용도로 응용이 될 수

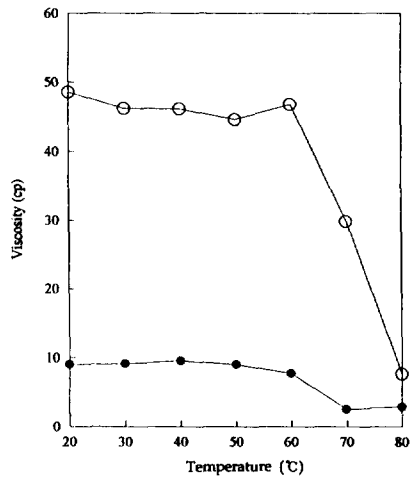


Fig. 3. Effect of temperature on the viscosity of biopolymer YU-122. ●—●: 0.5% solution of biopolymer YU-122, ○—○: 1.0% solution of Biopolymer YU-122.

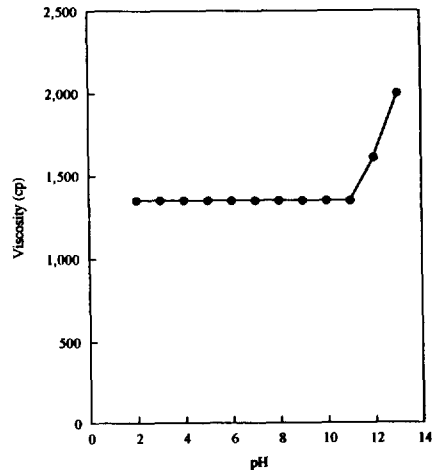


Fig. 4. Effect of pH on the viscosity of biopolymer YU-122.

있는 충분한 가능성이 있다는 것을 알 수 있다.

NaCl, CaCl₂ 첨가에 따른 점도 변화

Polymer는 용액상태에서 염의 첨가에 의해 점도의 변화^(11,19), 침전⁽²⁰⁾ 및 gel화 현상⁽²⁰⁾ 등이 일어나는 것으로 보고되어지고 있다. 기존에 보고되어진 polymer에서와는 달리 biopolymer YU-122는 1가 양이온인 NaCl의 경우 30% (w/v)까지, 2가 양이온인 CaCl₂의 경우 50% (w/v)까지의 농도에서도 점도의 변화가 거의 없이 안정한 성질을 나타내었다(Fig. 5).

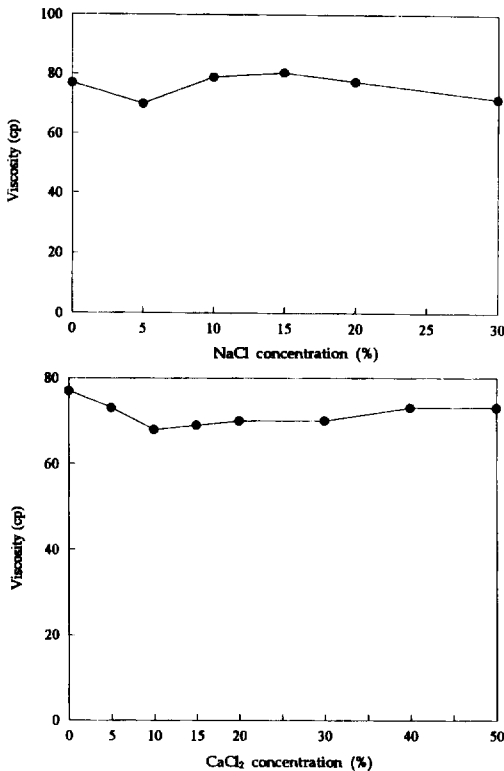


Fig. 5. Effect of NaCl and CaCl₂ concentration on the viscosity of biopolymer YU-122.

Biopolymer YU-122의 응용연구

유화안정성에 미치는 biopolymer YU-122의 영향: Rosenberg 등⁽¹⁵⁾과 Neu 등⁽¹⁶⁾은 미생물 유래의 polymer를 사용하여 유화안정제로서의 응용 가능성에 대하여 보고한 바 있다. 따라서 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 유화안정제로서의 성질을 알아보기 위하여 이들의 방법을 변형하여 검토하였다(Table 1).

Xanthan gum의 경우 대두유와 옥수수유를 사용한 경우 모두 36시간 이후부터 층이 분리되기 시작하였으며, Na-alginate와 Tween 80은 4시간만에 층이 완전히 분리되었다. 그러나, biopolymer YU-122의 경우 옥수수유에서는 120시간이 되었을 때 층이 분리되지 않았고, 대두유에서는 12시간이 되었을 때 층이 분리되기 시작하여 biopolymer YU-122의 유화안정제로서의 역할이 유지의 종류에 따라 다르다는 것을 알 수 있었다. 이는 각 유지가 가지고 있는 성분과 물성의 차이에 기인한 것이라 생각된다. 따라서 polymer를 이용한 유화안정제로서의 용도 개발을 위해서는 유지의 물성 및 그 작용기작이 충분히 고려되어야 할 것이다.

필름 형성능

다당류가 가지고있는 특징중의 하나는 film 형성능이라 하겠다. 따라서 pullulan과 xanthan gum을 대조구로 하여 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 film 형성능을 알아보았다(Fig. 6). *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 경우 불투명한 백색의 film이 형성되었으나, film 형성능력이 뛰어난 것으로 알려진 pullulan은 투명하고 표면이 매끄러운 film을 형성하였고, xanthan gum은 불균질의 표면을 갖는 투명한 film을 형성하였다. 이로서 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122가 식품공업 등에 있어서 수분, 형

Table 1. Emulsion stability test of the biopolymer YU-122 and other polymer

Emulsifier	Emulsion stability (hr) ¹⁾						
	10 (min)	1	4	12	24	36	120
Biopolymer YU-122	+++ (+++)	+++ (+++)	+++ (++)	+++ (+)	+++ (-)	++ (-)	++ (-)
Xanthan	+++ (+++)	+++ (+++)	+++ (+++)	+++ (+++)	++ (++)	- (-)	- (-)
Na-alginate	++ (++)	+ (+)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
Tween 80	+++ (+++)	++ (++)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
Broth	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
Water	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

¹⁾Corn oil (Soybean oil).

+++ : complete emulsion, + : partially separated emulsion, - : complete separation.

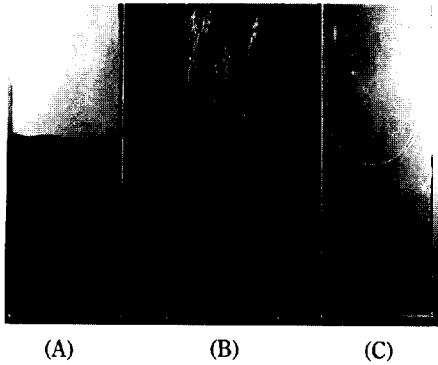


Fig. 6. The formation of film by biopolymer YU-122. A: biopolymer YU-122, B: xanthan gum, C: pullulan.

Table 2. Effect of concentration of biopolymer YU-122 on the melting of ice

	Melting start (min)	Melting end (min)
Biopolymer YU-122 0.25%	4.5	19
Biopolymer YU-122 0.5%	4.5	20
Biopolymer YU-122 0.75%	11	45
Biopolymer YU-122 1.0%	15	50
Water	4	19
Xanthan 0.25%	14	35
Xanthan 0.5%	19	40
Xanthan 0.75%	19	55
Xanthan 1.0%	20	55

태유지에 이용될 수 있는 충분한 가능성을 갖고 있다고 하겠다.

해빙에 미치는 biopolymer YU-122의 영향

Polymer는 또한 아이스크림과 빙과 등의 안정제로 많이 사용되고 있다. 따라서 xanthan gum과 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122가 각각 물의 해빙에 미치는 영향을 알아보았다. 0.5% 이하의 농도에서는 xanthan gum의 경우와는 달리 해빙시간에 커다란 영향을 미치지 못하였으나, 0.75%와 1%의 농도에서는 2배에서 4배까지 해빙시간(melting start)이 연장되었으며 (Table 2), 40분이 지난 후 살펴본 결과는 Fig. 7과 같았다.

고 찰

Yum 등⁽¹²⁾과 Kim 등⁽¹³⁾은 산업적 효용성을 갖는 새로운 물질을 탐색, 개발하기 위하여 토양으로부터 미생물을 분리하여 새로운 용균효소 등 많은 신규 물질

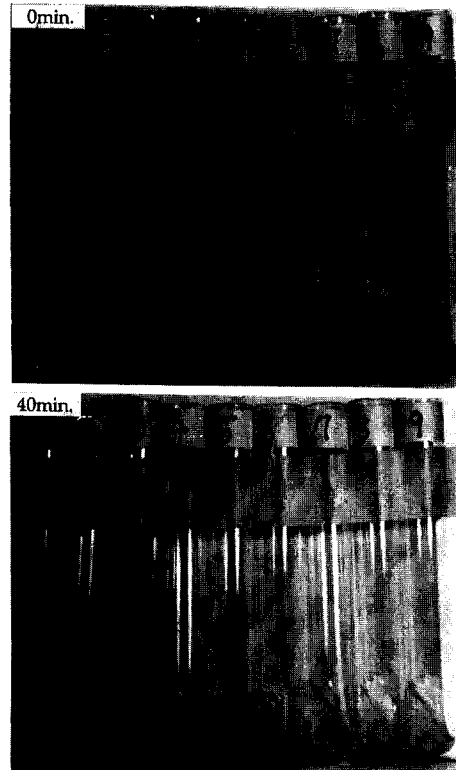


Fig. 7. Effect of concentration of biopolymer YU-122 on the melting of ice. 1: 0.25% solution of biopolymer YU-122, 2: 0.5% solution of biopolymer YU-122, 3: 0.75% solution of biopolymer YU-122, 4: 1.0% solution of biopolymer YU-122, 5 : water, 6: 0.25% solution of xanthan gum, 7: 0.5% solution of xanthan gum, 8: 0.75% solution of xanthan gum, 9: 1.0% solution of xanthan gum.

을 분리하였다. 그 중 *Lactobacillus plantarum*을 용해하는 용균효소를 생산하며, 동시에 세포의 다당체를 생산하는 균주를 분리하여 이를 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok으로 동정한 바 있다⁽²¹⁾. 따라서, 본 연구에서는 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 물리, 화학적 특성을 알아보고, 그의 식품 및 생물산업에의 응용 가능성을 검토하여 보았다.

Metarrhizium anisopliae (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 flow behavior index (n)는 0.173으로서 pseudoplastic한 non-Newtonian용액 특성을 보였으며, 농도, 온도 및 pH의 변화에 따른 점도의 변화를 검토한 결과 0.3% 이상의 농도에서부터 농도의 증가에 따라 급격한 점도의 증가를 나타냈으며, 60°C, pH 11.0까지 점도의 변화 없이 안정한 성질을 갖는 것으로 나타났다. 또한 기존에 보고된 다른 poly-

mer와는 달리 NaCl, CaCl₂ 등의 무기염의 첨가에 대하여서도 점도의 변화를 나타내지 않았다. 따라서, 본 biopolymer YU-122는 농도에 따라 우수한 점도를 나타내고, 온도, pH의 변화, 무기염 등에 대하여 안정한 점도를 나타내어 다양한 산업적 응용 가능성을 갖고 있다고 하겠다.

Metarrhizium anisopliae (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 산업적 응용성을 검토하기 위하여 유화안정제로서의 성질 및 film 형성능, 해빙 시간에 미치는 영향 등을 검토한 결과 옥수수유를 사용한 경우 xanthan gum보다 4배인 120시간동안 안정한 유화 효과를 나타내었고, 또한 xanthan gum보다 우수한 film 형성능을 나타내었으며, 1% biopolymer YU-122 용액에서 해빙시간이 3배까지 연장되어 해빙에 미치는 영향도 매우 우수한 것으로 나타났다. 따라서 본 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122는 NaCl에 영향을 받지 않으므로 석유탐색에 사용할 수 있을 뿐만 아니라 film 형성능이 좋으므로 산업적으로 응용이 가능하며, 독성연구를 통하여, 위생상 안정할 경우 액체식품의 점도향상과, 유화제로서 사용할 수 있을 것이다. 그 외에도 빙과 또는 아이스크림 등의 안정제에 응용될 수 있을 것이다.

요 약

토양으로부터 분리한 *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 물리, 화학적 특성을 알아보고, 그의 식품 및 생물산업에의 응용 가능성을 검토하여보았다. Biopolymer YU-122의 flow behavior index (n)는 0.173이므로 pseudoplastic한 non-Newtonian용액 특성을 보였으며, 농도, 온도 및 pH의 변화에 따른 점도의 변화를 검토한 결과 0.3% 이상의 농도에서부터 농도의 증가에 따라 급격한 점도의 증가를 나타냈으며, 60°C, pH 11.0까지 점도의 변화 없이 안정한 성질을 갖는 것으로 나타났다. 또한 기존에 보고된 다른 polymer와는 달리 NaCl, CaCl₂ 등의 무기염의 첨가에 대하여서도 점도의 변화를 나타내지 않았다.

Metarrhizium anisopliae (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 산업적 응용성을 검토하기 위하여 유화안정제로서의 성질 및 film 형성능, 해빙 시간에 미치는 영향 등을 검토한 결과 옥수수유를 사용한 경우 xanthan gum보다 4배인 120시간동안 유화 효과를 나타내었다. 또한 xanthan gum보다 우수한

film 형성능을 나타내었으며, 1% biopolymer YU-122 용액에서 해빙시간이 3배까지 연장되어 해빙에 미치는 영향도 매우 우수한 것으로 나타났다.

감사의 글

이 연구는 연세대학교 생물산업소재연구센터의 연구비(과제번호 94-01-01-1)지원에 의해 수행된 결과입니다.

문 헌

- Aspinall, G. O.: *The Polysaccharides*, 3, Academic Press, New York (1985)
- Jarman, T. R., Deavin, L., Slocombe, S. and Righelato, R. C.: Investigation of the effect of environmental conditions on the rate of exopolysaccharide synthesis in *Azotobacter vinelandii*. *J. Gen. Microbiol.*, **107**, 59-64 (1978)
- Auer, D. P. F. and Seviour, R. J.: Influence of varying nitrogen sources on polysaccharide production by *Aureobasidium pullulans* in batch culture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **32**, 637-644 (1990)
- Currie, A. L., Ramanathan N. and Colvin, J. R.: Helical, noncellulosic microfibrils from *Acetobacter xylium* and *Acetobacter suboxydans*, *Biochim. Biophys. ACTA*, **60**, 163 (1962)
- Ghai, S.K., Hisamatus, M. Amemura A. and Harada, T.: Production and chemical composition of extracellular polysaccharides of *Rhizobium*. *J. Gen. Microbiol.*, **122**, 33 (1981)
- Mitsuda, S., Miyata, M., Hirota T. and Kikuchi, T.: High viscosity polysaccharide by *Bacillus polymyxa*. *Hakkokogaku Kaishi*, **59**(4), 303 (1981)
- Murphy, D.: Structure of a levan produced by *Bacillus polymyxa*, *Can. J. Chem.*, **30**, 872-878 (1952)
- Murao, S., Morita, M. and Takahara, Y.: Sugar component of the polysaccharide produced by *Bacillus subtilis* FT-3. *J. Ferment. Technol.*, **51**(9), 653 (1973)
- Viikari, L.: Fromation of levan and sorbitol from sucrose by *Zymomonas mobilis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **19**, 252 (1984)
- Sarkar, J. M., Hennebert, G. L. and Mayaudon, J.: Optimization and characterization of an extracellular polysaccharide produced by *Glomerella cingulata*. *Biotechnol. Letters.*, **7**(9), 631 (1985)
- Bodie, E. A., Schwartz, R. D. and Catena, A.: Production and characterization of a polymer from *Arthrobacter* sp. *Appl. Environ. Microbiol.*, **50**, 629 (1985)
- Yum, D. Y., Chung, H. C., Bai, D. H., Oh, D. H. and Yu, J. H.: Purification and characterization of alkaline serine protease from an alkaliphilic *Streptomyces* sp.. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**, 470 (1994)
- Kim, J. M., Park, H. K., Park, Y. S., Yum, D. Y., Bai, D. H. and Yu, J. H.: Structure and regulation of a complex promoter region from an alkali-tolerant *Bacillus* sp.

- J. Microbiol. Biotech.*, **3**(3), 146 (1993)
14. 최용석, 옥승호, 유주현, 배동훈 : *Metarrhizium anisopliae* (Metschn.) Sorok이 생산하는 biopolymer YU-122의 생산과 그 특성. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, in press.
 15. Rosenberg, E., Zuckerberg, A. Rubinovitz, C. and Guttnick, D. L.: Emulsifier of *Arthrobacter* RAG-1: Isolation and emulsifying properties. *Appl. Environ. Microbiol.*, **37**, 402 (1979)
 16. Neu, T. R. and Poralla, K.: Emulsifying agents from bacteria isolated during screenig for cells with hydrophobic surfaces. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **32**, 521 (1990)
 17. Sandford, P. A. and Laskin, A.: *Extracellular Microbial Polysaccharides*. American Chemical Society, Washington, D.C., p.144 (1977)
 18. Sandford, P. A.: *Food Hydrocolloids*. Glicksman, M. (Ed.), CRC Press., 1, p.167 (1982)
 19. Saito, H., Misaki, A. and Harada, T.: A comparison of the structure of curdlan and pachyman. *Agri. Biol. Chem.*, **32**, 1261 (1968)
 20. Pettitt, D. J. : *Food Hydrocolloids*, Glicksman, M. (Ed.), 1, p.127, CRC Press (1982)
 21. 정희철, 함병권, 배동훈, 하세가와 토루, 유주현 : *Dicyma* sp. YCH-37이 생산하는 효모세포벽 용해효소 I. 생산균주의 분리 및 효소의 정제. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **24**, 445 (1996)

(1996년 8월 16일 접수)