

KHẢO SÁT TÍNH CHẤT LƯU BIẾN CỦA DUNG DỊCH XANTHAN GUM

Vũ Bá Minh

Trường Đại học Kỹ thuật
(Bài nhận ngày 14/04/2000)

TÓM TẮT : *Khảo sát tính chất lưu biến của dung dịch Xanthan gum, một loại đường đa chức có nhiều ứng dụng trong công nghiệp, và thiết lập biểu thức độ nhớt của dung dịch theo nồng độ và nhiệt độ tại suất biến dạng không đổi.*

1. GIỚI THIỆU

Đường đa được sản xuất từ quá trình lên men ngày càng tăng trở thành nguồn vật liệu mới và có nhiều ứng dụng khác nhau. Xanthan gum là một trong những đường đa có phân tử rất lớn thu được bằng quá trình lên men hiếu khí các nguồn cacbon (đường) khác nhau do tác động của vi khuẩn thuộc họ *Xanthomonas*, thường là *X. Campestris*. Điều kiện cho môi trường lên men là có chứa các chất dinh dưỡng khác nhau, nhiệt độ 28 °C, pH bằng 7 và sự thích hợp. Một yếu tố quan trọng của quá trình sản xuất xanthan gum là tính ổn định của chủng men. Ngoài ra, khâu thu hồi sản phẩm cũng có ý nghĩa kinh tế quan trọng vì 50% tổng chi phí sản xuất thuộc về khâu này.

Xanthan gum là một polymer sinh học có phân tử lượng rất lớn từ $2 \cdot 10^6$ đến $20 \cdot 10^6$. Phân tử gồm mạch chính là (1-4) β -D-glucopyranose. Các nhánh là trisaccharide tạo nên bởi glucose, mannose và acid glucuronic. Phân tử được thể một phần bằng các gốc acetyl và pyruvate. Cấu trúc bậc ba này của xanthan gum được công nhận có dạng xoắn ốc. Phân tử lượng cao và cấu trúc bậc ba của xanthan gum tạo cho đường đa này có độ hòa tan tương đối cao trong nước và dung dịch có độ nhớt rất cao. Hơn nữa độ nhớt biểu kiến của dung dịch còn ổn định trong một khoảng rộng điều kiện như nhiệt độ, pH. Đây là lý do chủ yếu khiến cho xanthan gum có nhiều ứng dụng đa dạng trong các ngành công nghiệp khác nhau. Ứng dụng thương mại chủ yếu là trong thực phẩm làm tác nhân tạo huyền phù, độ sệt và ổn định của sản phẩm, trong công nghiệp khai thác dầu khí xanthan gum được sử dụng nhiều để tăng độ nhớt của dung dịch khoan, trong công nghiệp hóa nông và mỹ phẩm được dùng làm tác nhân tạo huyền phù cho các hoạt chất khác nhau.

Mục đích của báo cáo này là khảo sát tính lưu biến của dung dịch xanthan gum có nồng độ từ 1% đến 2,25% trong khoảng nhiệt độ từ 10 đến 50°C và sử dụng mô hình Rao, Vitalli và Castaldo[1] để thiết lập biểu thức độ nhớt của dung dịch theo

nồng độ và nhiệt độ tại suất biến dạng không đổi.

2. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM :

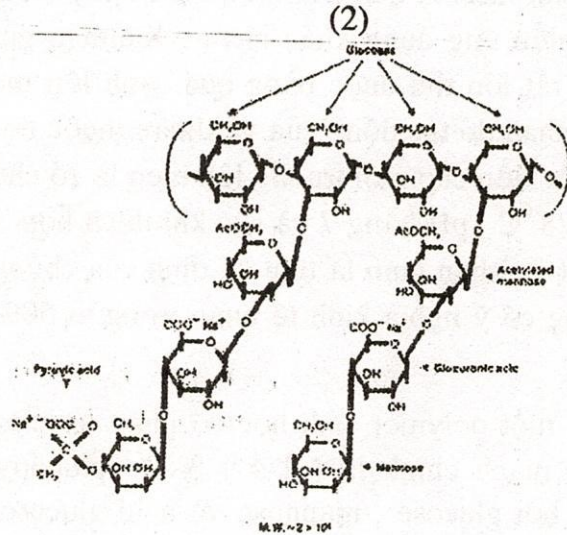
Thiết bị thí nghiệm là máy đo độ nhớt Haake RV100. Bột Xanthan gum sử dụng là loại thương mại dùng cho thực phẩm. Xanthan gum được hòa tan với nước cất thành các dung dịch lần lượt có nồng độ là 1 ; 1,5 ; 1,75 ; 2 ; 2,25 và 3% . Vì độ nhớt của dung dịch thay đổi theo thời gian cho đến khi ổn định do tương tác giữa các phân tử nên các dung dịch đã pha được để trong tủ lạnh 48 giờ trước khi đem đo .

Để xác định biểu thức độ nhớt biểu kiến theo nhiệt , nồng độ sử dụng mô hình Vitalli , Rao , Castaldo

$$\mu = f(T,C) = K_{T,C} \exp (E_a / R) C^n \quad (1)$$

Và mô hình Herschel-Bulkley để biểu diễn ứng suất theo suất biến dạng

$$\tau = \tau_0 + K_{HB} \cdot \gamma^n \quad (2)$$



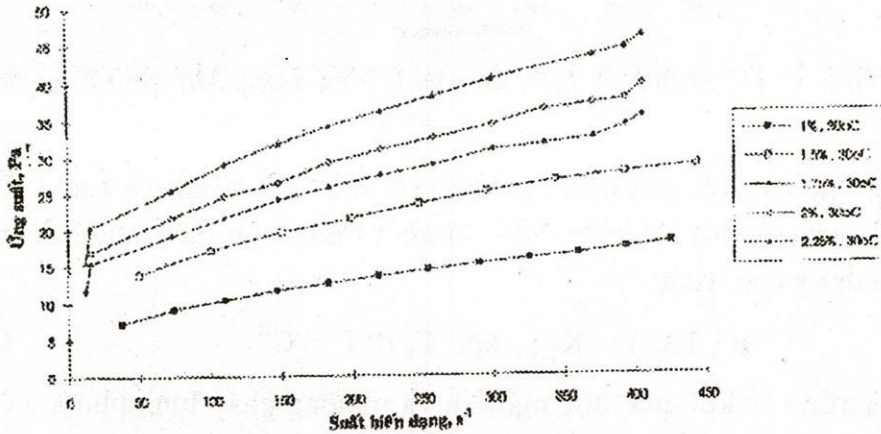
Hình 1: Cấu trúc của xanthan gum

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN.

Các dung dịch trên lần lượt được đem đo trên nhớt kế Haake RV100 ở nhiệt độ 30°C . Các phép đo với xylanh quay MVI , thời gian đo là 1 phút . Ứng với năm dung dịch có nồng độ trên ta thực hiện năm thí nghiệm , mỗi thí nghiệm sẽ thay đổi số vòng quay của xylanh từ 5 vòng/phút đến 180 vòng/phút . Kết quả thô sẽ được đưa vào xử lý bằng chương trình máy tính để vẽ được hai giản đồ lưu biến cho dung dịch xanthan gum theo nồng độ trong khoảng suất biến dạng từ 13 s^{-1} đến 450 s^{-1} (hình 2).

Sử dụng mô hình Herschel – Bulkley với các giá trị của các thông số mô hình K_{HB} , n , τ_0 được xác định gián tiếp từ giản đồ hình 2 và giản đồ logarit $\tau - \tau_0$ theo suất biến dạng γ . Ta được kết quả cho ở bảng 1.

Qua các kết quả trên cho thấy dung dịch càng đậm đặc, tính chất giả dẻo càng cao. Kết quả cũng cho thấy mô hình Herschel – Bulkley phù hợp với thực nghiệm, sai số do xác định gián tiếp ứng suất dư của dung dịch. Kết quả tính theo mô hình bảng 2 cho thấy có sai số tối đa 8% so với kết quả thực nghiệm. Để hiệu chỉnh kết quả tốt hơn ta có thể sử dụng phương pháp Vane [1] để xác định trực tiếp ứng suất dư trước khi thực hiện thí nghiệm.



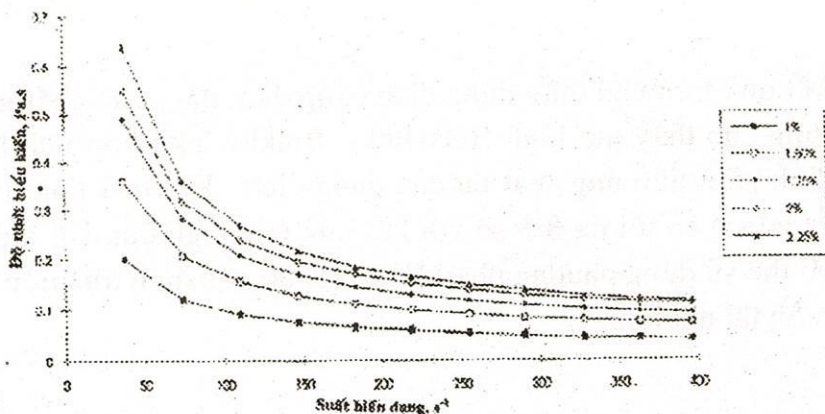
Hình 2: Giảm độ lưu biến cho dung dịch xanthan gum ở 30°C.

Bảng 1 : Giá trị các thông số mô hình lưu biến cho dung dịch xanthan gum ở 30°C.

Nồng độ, % khối lượng	τ_0 , Pa	K, Pa.s ⁿ	n
1	5	0,20	0,68
1,5	10	0,25	0,71
1,75	14,5	0,27	0,73
2	16	0,30	0,75
2,25	19	0,35	0,76

Bảng 2 : Mô hình đặc trưng lưu biến và độ nhớt biểu kiến cho dung dịch xanthan gum ở 30°C

Nồng độ, % khối lượng	$\tau = K_{HB}(\dot{\gamma})^n + \tau_0$, Pa	$\mu_a = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} + \tau_0/\dot{\gamma}$, Pa.s
1	$0,20 \cdot \dot{\gamma}^{0,68} + 5$	$0,20 \cdot \dot{\gamma}^{-0,32} + 5/\dot{\gamma}$
1,5	$0,25 \cdot \dot{\gamma}^{0,71} + 10$	$0,25 \cdot \dot{\gamma}^{-0,29} + 10/\dot{\gamma}$
1,75	$0,27 \cdot \dot{\gamma}^{0,73} + 14,5$	$0,27 \cdot \dot{\gamma}^{-0,27} + 14,5/\dot{\gamma}$
2	$0,30 \cdot \dot{\gamma}^{0,75} + 16$	$0,30 \cdot \dot{\gamma}^{-0,25} + 16/\dot{\gamma}$
2,25	$0,35 \cdot \dot{\gamma}^{0,76} + 19$	$0,35 \cdot \dot{\gamma}^{-0,24} + 19/\dot{\gamma}$



Hình 3: Độ nhớt biểu kiến theo suất biến dạng. Mô hình Herschel Bulkley ở 30°C

Dựa vào các kết quả trên, ta khảo sát mô hình Vitali và Rao (1984), Castaldo và các tác giả (1990) [1] biểu diễn độ nhớt biểu kiến theo nhiệt độ và nồng độ tại suất biến dạng cho trước.

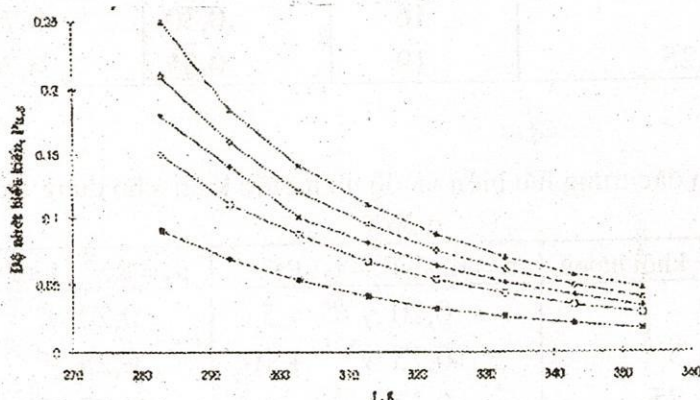
$$\mu(T, C) = K_{T,C} \exp(E_a/RT) C^B \quad (3)$$

Dựa trên các kết quả thực nghiệm và phương pháp bình phương cực tiểu, ta xác định được các giá trị hằng số của mô hình tại suất biến dạng 290 s⁻¹.

$$E/R = 2370 \text{ K}; B = 1,405; \text{ và } K_{T,C} = 1,27 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}^n.$$

Như vậy, mô hình Vitali & Rao và Castaldo cho dung dịch xanthan gum ở suất biến dạng 290 s⁻¹ là $\mu_a = 1,27 \cdot 10^{-6} e^{2370/T} (C)^{1,405}$, Pa.s

Mô hình được biểu diễn trên hình 4.



Hình 4: Độ nhớt biểu kiến theo nhiệt độ. Mô hình Vitali Rao và Castaldo ở suất biến dạng 290s⁻¹.

Qua các kết quả trên cho thấy hệ số K_{HB} của mô hình Herschel – Bulkley thay đổi (tăng) chậm theo nồng độ xanthan gum tại nhiệt độ không đổi, trong khi đó ảnh hưởng của nồng độ lên ứng suất dư của dung dịch rất nhiều. Ngoài ra, trong một thí nghiệm khác cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng lớn khi suất biến dạng lớn.

Để xác định có sự thay đổi hình dạng của phân tử trong dung dịch hay không cần phải đo góc quay quang học và tính lưỡng hướng sắc (dichroism).

4. KẾT LUẬN

Ứng suất dư biểu kiến có thể được xem như là một thông số lưu biến quan trọng của dung dịch xanthan gum . Ở khoảng nồng độ xanthan gum trung bình phương pháp gián tiếp để xác định ứng suất dư đã được sử dụng bằng cách đưa số liệu thực nghiệm vào mô hình Herschel – Bulkley . Sự biến đổi của các thông số mô hình cho thấy nồng độ , nhiệt độ ảnh hưởng lên đặc trưng lưu biến của dung dịch xanthan gum, chủ yếu do sự biến đổi hình dạng phân tử trong dung dịch. Điều này cần phải quan tâm khi thiết kế quá trình và thiết bị .

SURVEY THE RHEOLOGICAL PROPERTY OF XANTHAN GUM SOLUTION.

Vu Ba Minh

ABSTRACT: *Survey the rheological property of Xanthan gum solution, a multi function sugar having many applications in industry, and propose the solution viscosity being the function of concentration and temperature at a constant shear rate.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Steffe, “*Rheological Methods in Food Processing Engineering*“, Freeman Press, 1992.
- [2]. Dennis Laba, “*Rheological Properties of Cosmetics and Toiletries*“, Marcel Dekker, 1993.