

## THU NHẬN XENLULOZƠ TỪ BÃ MÍA CHO SẢN XUẤT ETANOL SINH HỌC THEO PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ VỚI AXIT AXETIC

Lê Quang Diễm<sup>1\*</sup>, Phạm Tuấn Anh<sup>1</sup>, Tô Kim Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Minh Nguyệt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Lâm nghiệp

Đến Tòa soạn 12-9-2014; Chấp nhận đăng 12-02-2015

### Abstract

Sugarcane bagasse contains more than 40 % of cellulose; this material presents a potential feedstock for bioethanol production. In this study, the two-stage treatment of bagasse was used for preparation of cellulosic pulp. Firstly, sugarcane bagasse was treated by mixture of acetic acid and hydrochloric acid (99/1 v/v) in conditions of liquor-tobagasse ratio (10:1) l/kg, temperature (80-90 °C) and 60-90 mins of cooking. Secondary, pretreated bagasse was submerged in sodium hydroxide solution (0.75-1.0 % w/w), at temperature of 80-90 °C, for 30 mins. The yield of cellulosic pulp, which presents 80-85 % purity, was 51-53% of over dry bagasse. Enzymatic saccharification of pretreated bagasse by Novozymes commercial enzyme Cellic®CTec2 with dosage of 45 FPU/g of pretreated bagasse achieved the reduce sugar yield an average 36.2-38.0 % of over dry bagasse. Fermentation of sugars has been successful. Study on chemical recovery showed that at laboratory conditions more than 75 % of consumed acetic acid and hydrochloric acid can be recovered by vacuum distillation and can be reused for obtaining of cellulose.

**Keywords.** Bagasse, acetic acid treatment, enzymatic saccharification, bioethanol, reduce sugars

### 1. MỞ ĐẦU

Những năm gần đây, các dạng sinh khối chứa xơ sợi (lignoxenlulozơ) là phế thải, phế phụ phẩm công, nông, lâm nghiệp, đã thu hút sự quan tâm của nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước, bởi ngoài giá trị là nguồn nguyên liệu tái sinh để chế biến, việc tận dụng triệt để cây công nghiệp, nông nghiệp sẽ mang lại những lợi ích lớn về bảo vệ môi trường và nâng cao giá trị sản xuất.

Một trong số những dạng phế phụ phẩm cây công nghiệp gần đây, có tiềm năng trữ lượng lớn ở nước ta, là bã mía, nhưng hiện nay mới chỉ có một vài phương thức tận dụng, như làm chất đốt lò hơi, phân bón vi sinh, sản xuất bột giấy.

Với xu hướng tăng cường sử dụng và nghiên cứu công nghệ sản xuất nhiên liệu sinh học thế hệ hai từ nguồn sinh khối lignoxenlulozơ, bã mía cũng đã được nghiên cứu tận dụng theo những phương pháp khác nhau [5-10, 12], trong đó các nghiên cứu với các quy trình công nghệ được đề xuất chủ yếu tập trung vào công đoạn tiền xử lý cho quá trình đường hóa xenlulozơ, vốn là công đoạn quan trọng của quá trình sản xuất etanol từ vật liệu lignoxenlulozơ [11]. Trong nước mới chỉ có một số nghiên cứu được

công bố, như sử dụng phế thải gỗ [1, 2] hay rơm rạ [3], chưa có nghiên cứu nào về vấn đề này. Ở quy mô công nghiệp, xenlulozơ được thu nhận từ bã mía theo các phương pháp truyền thống là nấu kiềm hay nấu sunfit [14]. Tuy nhiên các phương pháp này không phù hợp lắm với các dạng nguyên liệu như bã mía và để sản xuất ở quy mô vừa và nhỏ, bởi khó có thể đáp ứng được những yêu cầu về công nghệ, như ngăn ngừa được khí có mùi sinh ra trong quá trình sản xuất, xenlulozơ có hàm lượng cao và ít bị phân hủy, điều kiện nhiệt độ và áp suất không cao (chỉ khoảng 100°C), tiết kiệm được năng lượng và không đòi hỏi cao về thiết bị chuyên dụng, đồng thời vận hành ít phức tạp, có thể thu hồi hóa chất và tái sử dụng, đồng thời quy trình công nghệ cho phép sản xuất nhiều sản phẩm phụ song song với sản phẩm chính là xenlulozơ [15].

Thu nhận xenlulozơ và vật liệu xơ sợi tương đương, theo phương pháp nấu sử dụng dung dịch các hợp chất hữu cơ làm tác nhân tách loại lignin, là một trong những phương pháp triển vọng, đáp ứng được các yêu cầu nêu trên, đã được triển khai nghiên cứu ứng dụng từ lâu [4], trong đó axit axetic là tác nhân tách loại lignin hiệu quả đối với nguyên liệu thân thảo gần đây [3, 4, 13]. Vấn đề còn lại chỉ là cần nghiên cứu áp dụng cho từng loại nguyên liệu cụ

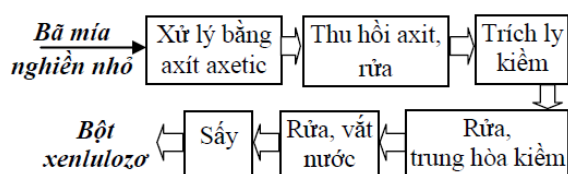
thê, để có được quy trình công nghệ thích hợp, khả thi.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu thu nhận xenlulozơ từ bã mía, theo phương pháp nấu sử dụng axit axetic có bổ sung axit clohydric, trong một số nghiên cứu sử dụng bã mía cho sản xuất etanol sinh học.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Bã mía khô gió được lấy mẫu tại Công ty cổ phần đường Lam Sơn, Thanh Hóa, được nghiền bằng máy nghiền búa với sàng lỗ 7,0 mm, sau đó được sàng chọn với sàng 0,5 mm để tách bỏ phần mùn vụn. Nguyên liệu thu được để đều ẩm và sử dụng cho nghiên cứu.

Thành phần hóa học cơ bản của nguyên liệu được phân tích theo các phương pháp tiêu chuẩn hóa TAPPI. Thu nhận xenlulozơ được tiến hành theo quy trình nhiều công đoạn với sơ đồ sau:



Xử lý bã mía (mỗi mẻ 20 g) được tiến hành ở điều kiện áp suất thường. Thành phần dịch nấu, tỉ dịch (rắn:lỏng), nhiệt độ và thời gian xử lý, được điều chỉnh tùy theo mục tiêu của từng thực nghiệm.

Hiệu suất bột được xác định bằng phương pháp sấy khô (TAPPIT207 cm-99). Hàm lượng các thành phần hóa học cơ bản của bã mía được xác định theo các phương pháp tiêu chuẩn hóa: xenlulozơ (TAPPI T17); lignin (TAPPI T222); pentozan (TAPPI T223); các chất tan trong nước nóng (TAPPI T207) và độ tro (TAPPI T211).

Đường hóa bột bã mía sau tiên xử lý bằng enzyme Cellic® CTec2 được tiến hành với mức sử dụng 45 FPU/g bột khô gió. Hàm lượng đường khử được xác định theo phương pháp đo mật độ quang học bằng máy đo quang Optima-sp 300.

## 3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Đặc thù cấu tạo của bã mía là vật liệu xơ sợi có kích thước không lớn, không đồng đều, xốp, dễ mùn, dễ phân hủy sinh học ngay trong điều kiện tự nhiên khi tồn trữ. Để có thể chế biến đạt hiệu quả, cần nghiền sơ bộ. Đã xác định được, phần nguyên liệu phù hợp cho chế biến (trên sàng 0,5 mm, tương đương với lưới 50 mesh) chiếm 87 %, còn lại là mùn vụn, chứa cả cát sạn, tạp chất bản, trong thực tế sản xuất có thể tách bằng các thiết bị sàng chọn phổ biến

có năng suất cao. Thành phần hóa học cơ bản của nguyên liệu bã mía, sử dụng cho nghiên cứu đã được xác định bao gồm: xenlulozơ (44,02 %); lignin (25,49 %); pentozan (18,70 %); các chất tan trong nước nóng (5,01 %); các chất tan trong dung dịch NaOH 1% (39,84 %) và độ tro (5,19 %). Hàm lượng xơ sợi chiếm > 60 %, trong đó xenlulozơ chiếm > 40 %, là nguyên liệu phù hợp cho sản xuất etanol.

Như đã biết về mặt hóa học, bản chất của quá trình thu nhận xenlulozơ từ sinh khối lignoxenlulozơ là tách loại lignin, sử dụng các tác nhân khác nhau. Ưu điểm của sử dụng axit axetic hay axit fomic để tách loại lignin là có thể tiến hành quá trình ở nhiệt độ thấp, các axit dễ bay hơi có thể thu hồi và tái sử dụng, xenlulozơ thu được có độ bền cơ học cao, do ít bị phân hủy hơn so với ở nhiệt độ cao như trong quá trình nấu sunfit hay nấu sunfat [4, 14].

Nhiệm vụ của nghiên cứu là xác lập được các giá trị thích hợp, của các thông số công nghệ quá trình nấu nguyên liệu bã mía bằng dung dịch axit axetic, bao gồm mức sử dụng hóa chất, nhiệt độ và thời gian, tỉ dịch, để thu được bột xenlulozơ có hàm lượng xenlulozơ  $\geq 80$  %. Qua một số nghiên cứu sơ bộ, đã xác định được, đây là mức chất lượng của bột bã mía sau tiên xử lý có thể đường hóa hiệu quả bằng các chế phẩm enzym cellulase khác nhau.

Bằng một loạt khảo sát sơ bộ, đã xác định được tỉ dịch (tỉ lệ rắn:lỏng) thích hợp là 1:10, đảm bảo khi xử lý nguyên liệu bã mía phải được “ngập” trong chất lỏng ở mức tối thiểu.

Các nghiên cứu thu nhận xenlulozơ từ gỗ và nguyên liệu phi gỗ khác cho thấy, với phương diện là một dung môi hữu cơ, ở những điều kiện nhất định (nhiệt độ, thời gian thích hợp) axit axetic có khả năng hòa tan lignin. Tuy nhiên khả năng “trích ly” lignin từ nguyên liệu thực vật của axit axetic rất hạn chế, phụ thuộc vào kích thước nguyên liệu, điều kiện xử lý. Với vai trò là tác nhân tách loại lignin, khả năng tham gia vào phản ứng với lignin của axit axetic cũng không cao, kể cả khi sử dụng các dạng nguyên liệu dễ tách loại lignin, như mùn vụn gỗ hay cây thân thảo. Mặc dù cơ chế hóa học của quá trình tách loại lignin bằng axit axetic còn chưa được nghiên cứu sâu, nhưng vấn đề sử dụng các axit vô cơ mạnh ( $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ ) làm chất trợ nấu, để tăng cường khả năng tách loại lignin của axit axetic, đã chứng tỏ hiệu quả rõ rệt [4, 13]. Bên cạnh đó, cho dù dưới tác dụng của axit axetic và các chất trợ nấu, lignin có thể bị phân hủy, tạo thành các hợp chất thấp phân tử, nhưng khả năng hòa tan của chúng trong dung dịch axit axetic rất hạn chế, vì vậy để có thể tách chúng ra khỏi xơ sợi, cần phải có công đoạn trích ly kiềm. Do đó quá trình thu nhận xenlulozơ từ bã mía, cũng như các dạng nguyên liệu khác, cần phải tiến hành hai công đoạn: nấu bằng dung dịch

axit axetic và trích ly kiềm. Các nghiên cứu được công bố chưa đề cập nhiều đến khía cạnh này.

Trong số ba loại axit vô cơ nêu trên, axit nitric, được sử dụng trong phương pháp xác định hàm lượng xenlulozo của nguyên liệu thực vật, là axit dễ dàng tác dụng với lignin, tạo thành các hợp chất của nitơ (các oxit) độc hại, mức sử dụng cao và bị tiêu hao trong quá trình xử lý, vì vậy trong nghiên cứu này không sử dụng.

Kết quả nấu thử nghiệm bã mía với axit axetic bổ sung axit sunfuric và axit clohydric cho thấy, hiệu quả của axit clohydric cao hơn nhiều, so với axit sunfuric, vì vậy đã chọn axit clohydric làm chất trợ nấu cho các nghiên cứu tiếp theo.

### 3.1. Ảnh hưởng của mức sử dụng hóa chất

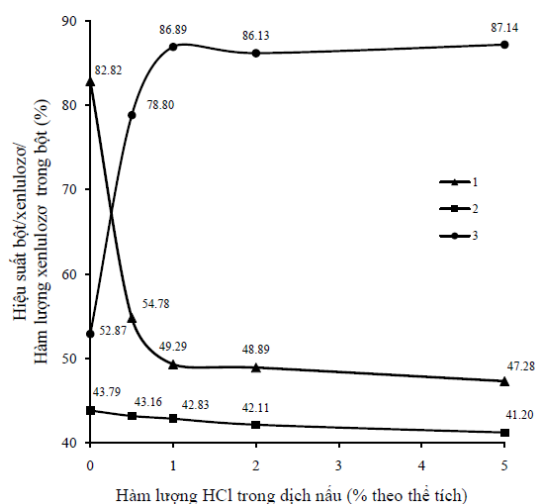
Để xác định được mức sử dụng hóa chất nấu thích hợp, đã tiến hành các mẻ nấu với tỉ dịch 1:10, ở nhiệt độ sôi của dung dịch (khoảng 115 °C), với thời gian xử lý kéo dài 2 giờ. Tỉ lệ  $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{HCl}$  được điều chỉnh ở các mức, từ 99:1; 98:2; 96:4 và 90:10 (% theo thể tích). Bột sau nấu được tách thu hồi axit, rửa nhiều lần rồi trích ly kiềm bằng dung dịch NaOH 1% (pH = 12), với nồng độ bột 10% trong 30 phút, sau đó rửa và trung hòa kiềm, vắt nước và sấy khô để xác định hiệu suất bột và phân tích hàm lượng xenlulozo trong bột.

Kết quả thu được (hình 1) cho thấy, hiệu quả phân đoạn bã mía của axit axetic khi sử dụng độc lập rất thấp. Sự phân hủy nguyên liệu diễn ra không nhiều lắm. Ở điều kiện này, hiệu suất bột thu được sau nấu tương đối cao (82,82 % so với nguyên liệu ban đầu), sau xử lý bã mía gần như vẫn giữ nguyên hình dạng ban đầu, chưa phân sợi. Trong khi đó, ở cùng một điều kiện xử lý, sử dụng kết hợp axit axetic với axit clohydric, đã tăng cường khả năng phân hủy của nguyên liệu, bột sau nấu bị phân sợi mạnh, dịch nấu thu được có màu đen sẫm.

Quan sát sự thay đổi của hiệu suất bột và hiệu suất xenlulozo so với nguyên liệu ban đầu (hình 1) có thể thấy, sự phân hủy bã mía diễn ra nhanh trong khoảng nồng độ HCl 0,5-1,0 % (theo thể tích), sau đó giảm dần. Song song đó, hiệu suất xenlulozo so với nguyên liệu khô giảm nhẹ, từ mức khoảng 43 % xuống khoảng 41 %. Điều đó cho thấy, trong điều kiện xử lý này, các axit có ảnh hưởng đến thủy phân xenlulozo và hemixenlulozo. Trong trường hợp không có axit clohydric, thủy phân xenlulozo diễn ra không đáng kể (chỉ khoảng 0,5 % xenlulozo bị phân hủy), còn khi có mặt HCl, mức phân hủy xenlulozo có thể đạt từ 1,9 % (với nồng độ HCl 1,0 %) tới gần 6,5 % (khi nồng độ HCl 5,0 %) so với khối lượng trong bã mía ban đầu.

Nhờ thúc đẩy tách loại lignin của HCl, mà có thể

thu được bột sau nấu có hàm lượng xenlulozo cao hơn nhiều, so với trường hợp không sử dụng HCl ở cùng nhiệt độ và thời gian nấu. Khi không bổ sung HCl, ta thu được bột hiệu suất trên 80 %, với hàm lượng xenlulozo chỉ đạt khoảng 52 %. Để thu được bột có hàm lượng xenlulozo khoảng 80 %, cần bổ sung HCl với nồng độ khoảng 0,5 % trong dịch nấu, tương ứng tỉ lệ  $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{HCl}$  là 99,5 %:0,5 % theo thể tích. Qua kết quả thu được có thể thấy, nồng độ HCl thích hợp nhất là khoảng 0,5-1 % (theo thể tích) hay tỉ lệ  $\text{CH}_3\text{COOH}:\text{HCl}$  thích hợp nhất là khoảng (99-99,5) %:(1:0,5) %.



Hình 1: Ảnh hưởng của mức sử dụng HCl tới hiệu suất và tính chất của bột xenlulozo (1-Hiệu suất bột sau xử lý; 2-Hiệu suất xenlulozo; 3-Hàm lượng xenlulozo trong bột)

### 3.2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý

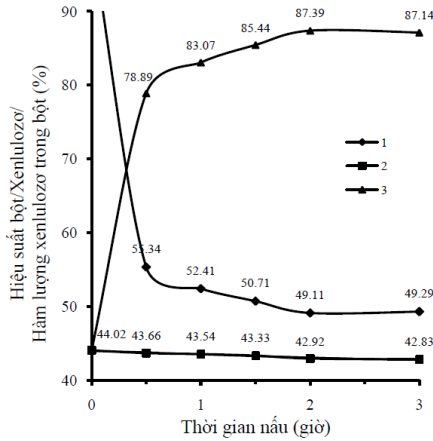
Khi tiến hành xử lý bã mía với dung dịch axit axetic có hàm lượng HCl là 1 %, ở các mức thời gian xử lý từ 30 phút đến 3 giờ, đã xác định được, trong khoảng 1 giờ nấu, nguyên liệu bị phân hủy mạnh, kết quả là hiệu suất bột giảm tương đối, kéo theo hiệu suất xenlulozo so với nguyên liệu cũng giảm, còn hàm lượng xenlulozo trong bột thì tăng dần (hình 2).

Để thu được bột có hàm lượng xenlulozo đạt trên 80%, chỉ cần thời gian nấu khoảng trên 30 phút, còn thời gian nấu kéo dài quá 2 giờ sẽ không hiệu quả, do xenlulozo sẽ bị phân hủy mạnh. Vì vậy, để thu được bột có hàm lượng xenlulozo 80-85 %, thời gian nấu thích hợp trong khoảng 0,5-1,5 giờ, tùy theo yêu cầu về chất lượng bột.

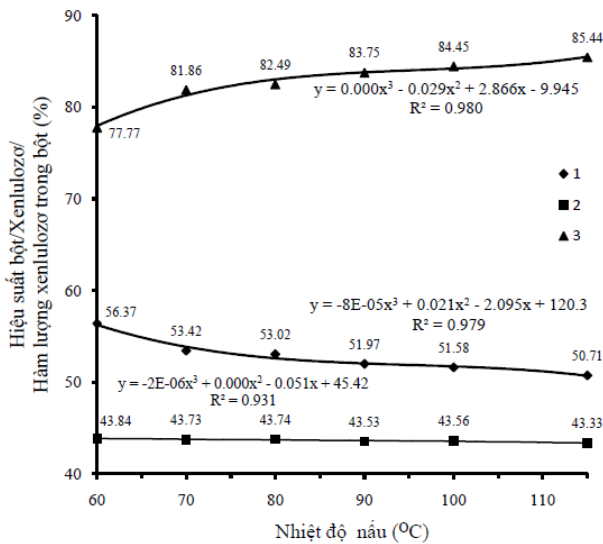
### 3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ xử lý

Kết quả thu được (hình 3) từ một loạt mẻ nấu với tỉ lệ axit và thời gian nấu như nhau, ở các chế độ

nhiệt khác nhau cho thấy, tương quan giữa hiệu suất bột, hàm lượng xenlulozơ trong bột và hiệu suất xenlulozơ so với nguyên liệu, có thể mô tả bằng phương trình hàm bậc 3. Nhìn chung, ở nhiệt độ dưới 100 °C, sự phân hủy xenlulozơ là không đáng kể. Để thu được bột có hàm lượng xenlulozơ khoảng 80-85 %, nhiệt độ nấu thích hợp là 80-90 °C.



Hình 2: Ảnh hưởng của thời gian nấu tới hiệu suất và tính chất của bột xenlulozơ (1-Hiệu suất bột sau xử lý; 2-Hiệu suất xenlulozơ; 3-Hàm lượng xenlulozơ trong bột)



Hình 3: Ảnh hưởng của nhiệt độ nấu tới hiệu suất và tính chất của bột xenlulozơ (1-Hiệu suất bột sau xử lý; 2-Hiệu suất xenlulozơ; 3-Hàm lượng xenlulozơ trong bột)

Từ các kết quả thu được có thể thấy, với chế độ công nghệ trích ly kiềm sau nấu cố định (xử lý bằng dung dịch NaOH 1 % có pH = 12 với nồng độ bột 10 %, ở nhiệt độ sôi trong 30 phút), chế độ công nghệ nấu thích hợp (công đoạn 1) như sau: tỉ lệ

nấu:1:10; tỉ lệ CH<sub>3</sub>COOH:HCl (% thể tích): 99:1; nhiệt độ nấu: 80-90 °C và thời gian nấu: 60-120 phút. Bột xenlulozơ thu được có hiệu suất 51-53 % so với nguyên liệu, với hàm lượng xenlulozơ trong bột đạt 80-85 %.

Xác định hiệu suất của bột sau công đoạn 1 và sau trích ly kiềm (công đoạn 2) đối với một vài mẻ nấu cho thấy, hiệu suất bột sau công đoạn 1 đạt khoảng 56-58 %, còn sau trích ly kiềm trung bình 51-53 % so với khối lượng bã mía ban đầu. Như vậy có thể thấy, trong công đoạn trích ly kiềm có khoảng vài phần trăm các thành phần của bột, chủ yếu là lignin bị hòa tan, nhờ đó tính chất của bột đã được cải thiện đáng kể. Đã xác định được, ở công đoạn 1 có khoảng 73-74 % tổng lượng lignin ban đầu có trong bã mía bị hòa vào dung dịch axit, tức lượng lignin còn lại trong bột sau công đoạn xử lý bằng axit vào khoảng 26-27 %. Trong công đoạn trích ly kiềm, lượng lignin được hòa tan tương ứng là 17-19 %, lượng lignin còn lại trong bột chiếm 8-9 % tổng lượng có trong bã mía ban đầu.

### 3.4. Tối ưu hóa công đoạn trích ly kiềm

Để hòa tan khoảng 1/5 lượng lignin có trong bã mía ban đầu, tiêu hao NaOH cho công đoạn 2 tương đương gần 5 % so với nguyên liệu. Với mục tiêu giảm tiêu hao hóa chất, nhiệt độ và thời gian công đoạn trích ly kiềm, đã tiến hành nấu mẻ lớn bột trong thiết bị nấu dung tích 5 lít, theo chế độ công nghệ thích hợp, thu được kết quả trên bảng 1.

Bảng 1: Kết quả nấu bột trong thiết bị pilot

TT	Thông số	Mẻ nấu	
		1	2
1	Khối lượng nguyên liệu (g)	107,2	85,0
2	CH <sub>3</sub> COOH (lít)	4,95	3,90
3	HCl (ml)	50	40
4	Hiệu suất bột (%)	56,8	55,5
5	Dịch đen thu được (lít)	4,1	3,2

Bột thu được có hàm lượng lignin 12,3 %, hàm lượng xenlulozơ 71,4 %, đã được sử dụng cho nghiên cứu trích ly kiềm: tiến hành xử lý bột (mỗi lần với khoảng 5 g bột khô gió) ở nhiệt độ sôi, trong 30 phút, với nồng độ bột 10 %. Nồng độ dung dịch NaOH được thay đổi ở các mức 0,25 %; 0,5 %; 0,75 % và 1,0 %. Kết quả (bảng 2) cho thấy, để thu được bột có hàm lượng xenlulozơ đạt ≥ 80 % như mục tiêu, có thể sử dụng dung dịch NaOH nồng độ 0,75-1,0 %, tương đương mức sử dụng 6,7-9,0 % NaOH so với bột hay khoảng 3,8-5,0 % so với bã mía chưa xử lý.

Bảng 2: Kết quả trích ly kiềm bột sau nấu bằng dung dịch NaOH nồng độ khác nhau

1	Nồng độ NaOH (%)	0,25	0,5	0,75	1,0
2	Hiệu suất bột (%)	57,16	54,91	53,02	52,10
3	Hàm lượng xenlulozo trong bột (%)	72,11	76,76	80,06	82,44
4	Hiệu suất xenlulozo (%)	41,21	42,14	42,45	42,95

Các mẫu bột bã mía đã qua tiền xử lý được thử nghiệm đường hóa bằng enzym thương phẩm Cellic®CTec2, cho hiệu suất đường khử tương ứng lần lượt là 20,6; 27,2; 36,2 và 38,0 % so với bã mía. Ở chế độ trích ly kiềm thích hợp, hiệu suất đường khử đạt 82-86 % so với xenlulozo. Phân tích bã còn lại cho thấy, gần 100 % xenlulozo đã bị đường hóa.

Tương tự, khảo sát quá trình trích ly kiềm ở nhiệt độ trong khoảng 60-100 °C cũng cho thấy nhiệt độ thích hợp có thể duy trì trong khoảng 80-90 °C.

Như vậy, chế độ công nghệ trích ly kiềm thích hợp như sau: nồng độ NaOH: 0,75-1,0 %; nồng độ bột: ~10 %; nhiệt độ xử lý: 80-90 °C; thời gian xử lý: 30 phút.

Đáng chú ý là dung dịch NaOH sau trích ly vẫn có pH xấp xỉ 10, vì vậy có khả năng tái sử dụng để giảm tiêu hao hóa chất.

Về khả năng thu hồi và tái sử dụng axit, đã nghiên cứu thu hồi axit bằng phương pháp chưng cất chân không, sơ bộ ở điều kiện phòng thí nghiệm có thể thu hồi được > 76,5 % axit đã tiêu hao, có thể tái sử dụng và cho hiệu quả quá trình đạt tương đương. Bên cạnh đó, sau khi chưng bốc thu hồi axit, còn thu được một lượng lignin tương đối, có thể tận dụng.

#### 4. KẾT LUẬN

1. Xử lý bã mía bằng axit axetic có bổ sung axit clohydric ở nhiệt độ thấp, là phương pháp phù hợp để thu nhận xenlulozo, cho sản xuất etanol sinh học.

2. Chế độ công nghệ thích hợp để thu bột xơ sợi hiệu suất 51-53 %, có hàm lượng xenlulozo 80-85 % bao gồm hai công đoạn xử lý:

- Công đoạn 1: bằng axit axetic có bổ sung axit clohydric với tỉ lệ axit tương ứng 99:1 theo thể tích; tỉ dịch 1:10; ở nhiệt độ 80-90 °C, trong 60-90 phút;

- Công đoạn 2: bằng dung dịch NaOH nồng độ 0,75-1,0 %, ở nhiệt độ 80-90 °C, trong 30 phút.

3. Ngoài xenlulozo ra, còn có thể thu hồi và tận dụng lignin.

**Lời cảm ơn.** Nghiên cứu được thực hiện bằng hỗ trợ kinh phí từ Đề tài KHCN 05.HĐ-ĐT.05.13/NLSH “Nghiên cứu công nghệ tiền xử lý bã mía thân thiện

môi trường ứng dụng trong sản xuất etanol”, thực hiện năm 2013-2014.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Mai Oanh, Doãn Thái Hòa. *Nghiên cứu ảnh hưởng của xử lý sơ bộ phế liệu gỗ bạch đàn urô trong môi trường kiềm tới thủy phân bằng enzym cho sản xuất etanol nhiên liệu*, Tạp chí KH& CN Các Trường Đại học Kỹ thuật, Số 80, tr. 89-92 (2010).
2. Lê Quang Diễn, Doãn Thái Hòa, Nguyễn Thị Minh Nguyệt. *Ảnh hưởng của xử lý phế liệu gỗ keo tai tượng và bạch đàn bằng natri hydroxit tới hiệu quả thủy phân bằng enzym cho sản xuất etanol sinh học*, Tạp chí NN&PTNT, số 9, kỳ 1, 90-94 (2012).
3. Nguyễn Thị Minh Phương, Lê Quang Diễn, Doãn Thái Hòa. *Tiền xử lý rom rạ bằng axit axetic bổ sung axit clohydric và đường hóa bằng enzyme cho sản xuất etanol sinh học*, Tạp chí KH&CN các Trường Đại học Kỹ thuật, số 98, 130-134 (2010).
4. Muurinen, *Organosolv Pulping. A review and distillation study related to peroxyacid*, Oulun Yliopisto, Oulu, Finland (2000).
5. Letha Dawson, Rạ Boopathy. *Cellulosic ethanol production from sugarcane bagasse without enzymatic saccharification*, BioResources, **3(2)**, 452-460 (2008).
6. Marina O. S. Diasa, Adriano V. Ensinasa, Silvia A. Nebrac, Rubens Maciel Filho, Carlos E.V. Rossella, Maria Regina Wolf Maciel. *Production of bioethanol and other bio-based materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process, chemical engineering research and design*, N8, 1206-1216 (2009).
7. 7.C.A. Cardona, J.A. Quintero, I.C. Paz, *Production of bioethanol from sugarcane bagasse: Status and perspectives*, Bioresource Technology, **101(13)**, 4754-4766 (2010).
8. Benchaporn Buaban, Hiroyuki Inoue, Shinichi Yano, Sutipa Tanapongpipat, Vasimon Ruanglek, Verawat Champreda, Rath Pichyangkura, Sirirat Rengpipat, Lily Eurwilaichitr, Velmurugan R, Muthukumar K., *Utilization of sugarcane bagasse for bioethanol production: sono-assisted acid hydrolysis approach*, Bioresour Technol., **2(14)**, 7119-23 (2011).
9. Firoz Md. Ahmed1, Sabita Rezwana Rahman, Donald James Gomes, *Saccharification of Sugarcane Bagasse by Enzymatic Treatment for bioethanol Production*, Malaysian Journal of Microbiology, **8(2)**, 97-103 (2012).
10. Stefano Macrelli1, Johan Mogensen, Guido Zacchi. *Techno-economic evaluation of 2nd generation bioethanol production from sugar cane bagasse and leaves integrated with the sugar-based ethanol process*, Biotechnology for Biofuels, 5-22 (2012).
11. Amrita Verma, Santosh Kumar, K. Jain, *Key Pretreatment technologies on cellulosic ethanol*

- production*, Journal of Scientific Research of Banaras Hindu University, Varanasi, **55**, 57-6 (2011).
12. L. Mesaa, E. González, C. Carab, M. González, E. Castro, S. I. Mussatto. *The effect of organosolv pretreatment variables on enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse*, Chemical Engineering Journal, **168**, 1157-1162 (2011).
  13. Pan, X. -J., Y. Sano, H. Nakashima and Y. Uraki. *Atmospheric acetic acid pulping of rice straw I: Pulping conditions and properties of pulp*, Japan Tappi Journal, **52**, 408-415 (1998).
  14. Monica Ek, Goran Gellerstedt, Gunnar Henriksson, *Pulp and Paper Chemistry and Technology*, **1-2**, Walter de Gruyter GmbH&Co, Berlin (2009).
  15. Suiming Cheng, Shengdong Zhu, *Lignocellulosic feedstock biorefinery-The future of chemical and energy industry*, BioResources, **4(2)**, 456-457 (2009).

**Liên hệ: Lê Quang Diễn**

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội  
Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội  
E-mail: dien.lequang@hust.edu.vn  
Điện thoại: 0438684955, 0914300930.