

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT CHIẾU XẠ CHùm TIA ĐIỆN TỬ KẾT HỢP MỘT SỐ KỸ THUẬT HÓA SINH ĐỂ CẢI THIỆN VÀ NÂNG CAO HIỆU SUẤT SẢN XUẤT CỒN SINH HỌC TỪ Rơm Rạ

Phan Phước Hiền¹⁷, Đoàn Bình¹⁸, Đoàn Thị Thế¹⁹, Nguyễn Văn Giàu²⁰

Tóm tắt: Hiện nay nhiên liệu sinh học được sử dụng ngày càng nhiều nhằm thay thế dần các nguồn nhiên liệu hóa thạch đang ngày một khan hiếm để tích cực góp phần tiết kiệm năng lượng và bảo vệ môi trường. Việt Nam là nước có nguồn phế thải nông nghiệp dồi dào có thể sử dụng để sản xuất cồn sinh học (bioethanol). Chính vì vậy, việc sản xuất Bioethanol từ rơm rạ ngày càng được quan tâm nghiên cứu. Bài báo này trình bày kết quả bước đầu về nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật chiếu xạ chùm tia điện tử (EB) kết hợp với một số kỹ thuật hóa sinh để cải thiện hiệu suất chuyển hóa cellulose và lignocellulose từ rơm rạ thành bioethanol. Thí nghiệm được tiến hành bằng cách tiền xử lý rơm rạ bởi bức xạ EB, sau đó được thủy phân bằng acid sulfuric, rồi được tiếp tục thủy phân bằng chủng nấm *Trichoderma spp.*, sau cùng là lên men bằng *Saccharomyces cerevisiae*. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm thủy phân và lên men cho thấy sản phẩm sau lên men rượu có độ cồn 4% (v/v) với hiệu suất chuyển hóa 62%. Với quy trình này, để sản xuất một (01) lít ethanol 100% cần 6,9 kg rơm. Tuy nhiên, để có thể ứng dụng quy mô công nghiệp, cạnh tranh được các loại nhiên liệu hóa thạch, hướng nghiên cứu này cần được quan tâm đầu tư tiếp tục nghiên cứu nâng cao hơn nữa khả năng phân giải polysacharide của chùm tia điện tử và các loại bức xạ khác, phân lập các chủng vi sinh có hiệu suất đường hóa và lên men cao để hoàn thiện quy trình.

Từ khóa: Cellulose, cồn sinh học, công nghệ bức xạ, công nghệ hóa sinh, đường hóa, lên men rượu, lignocellulose, phế thải nông nghiệp, rơm rạ, thủy phân, *Trichoderma spp.*

Abstract: Nowadays, the biofuel has gained increasing use as an alternative to scarce fossil fuel in order to contribute to energy conservation and environment protection. Besides, as an agricultural country, Vietnam has abundance of agricultural waste containing rich cellulose and lignocellulose which can be used for bioethanol production. Therefore, the research of bioethanol production from rice straw has gained increasing attention. This paper introduces preliminary results of the research of the application of combined electron beam (EB) irradiation technique with biochemical technology to improve the conversion efficiency of cellulose and lignocellulose from rice straw into bioethanol. In the research process, straw

¹⁷ Phó Giáo sư. Tiến sĩ - Trường Đại học Nam Cần Thơ

¹⁸ Trung tâm nghiên cứu ứng dụng công nghệ bức xạ Vinagamma Tp. Hồ Chí Minh

¹⁹ Trung tâm nghiên cứu ứng dụng công nghệ bức xạ Vinagamma Tp. Hồ Chí Minh

²⁰ Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

was firstly pre-treated using EB irradiation technique, then hydrolyzed by sulfuric acid, continuingly hydrolyzed by Trichoderma spp., and finally fermented by Saccharomyces cerevisiae. Preliminary results showed that products after fermentation reaching 4% bio-ethanol (v/v) with 62% transformation efficiency. According to the research, it needs 6.9 kilograms of dried rice straw to produce one liter of 100% bio-ethanol. However, to produce in industrial large-scale and well compete against current fossil fuels price, this research should be continued improving the inversion process of polysaccharide from rice straw using the of the pretreatment of EB and other adaptive radiation sources, and isolating suitable microorganisms from natural sources as well to perform higher saccharification and bioethanol fermentation process.

Keywords: *Agricultural wastes, Biochemistry Techniques, bioethanol, bioethanol production, lignocellulose, radiation technique, rice straw, saccharification, Trichoderma spp.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khoa học công nghệ ngày càng phát triển, nhu cầu về năng lượng ngày càng tăng. Trong khi đó các nguồn nhiên liệu dự trữ như than đá, dầu mỏ, khí thiên nhiên thì có hạn khiến nhân loại đứng trước nguy cơ thiếu hụt năng lượng [9]. Theo báo cáo của Cơ quan Năng lượng Quốc tế IEA, đến năm 2050 nguồn nhiên liệu hóa thạch sẽ không đáp ứng đủ nhu cầu tiêu dùng và nhanh chóng cạn kiệt, trong khi đó theo tính toán của các chuyên gia năng lượng, các nguồn thay thế cho dầu mỏ chỉ có thể có sớm nhất vào năm 2140 [11]. Do vậy, bên cạnh việc tìm kiếm và khai thác các nguồn năng lượng mới để thay thế cho nhiên liệu dầu mỏ như năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng hạt nhân.... thì năng lượng sinh học đang là xu thế phát triển tất yếu, nhất là ở các nước nông nghiệp và nhập khẩu nhiên liệu và đang được chú trọng nghiên cứu [1, 3, 6, 7, 8].

Hiện nay nguồn nhiên liệu sinh học đang được nghiên cứu sử dụng khá rộng rãi là bioethanol. Có nhiều nguồn nguyên liệu để sản xuất bioethanol như ngô, mía, khoai mì, gạo,... [2, 3, 6, 9] Tuy nhiên việc sử dụng những nguồn nguyên liệu trên đã gây không ít những tranh cãi vì ảnh hưởng đến an ninh lương thực trên thế giới [9]. Vì vậy hướng nghiên cứu đã bắt đầu chuyển sang rơm rạ như là một ứng cử viên tiềm năng cho nhu cầu năng lượng trong tương lai. Điều này có ý nghĩa to lớn trong việc vừa tận dụng được nguồn phế phẩm trong nông nghiệp lại giảm thiểu ô nhiễm môi trường do việc đốt rơm rạ, đặc biệt là không ảnh hưởng đến an ninh lương thực. Rơm rạ lại là nguồn phế liệu từ sản xuất nông nghiệp có sản lượng vô cùng lớn và phổ biến ở hầu hết các nước nông nghiệp trên thế giới, trong đó có Việt Nam vốn là nước xuất khẩu gạo đứng hàng thứ hai trên thế giới [7, 8]. Theo số liệu năm 2015 của Tổng cục thống kê, tổng diện tích trồng lúa của nước ta khoảng 7,8 triệu ha với sản lượng đạt 45,1 triệu tấn lúa [10], trong khi trung bình 1 tấn lúa cho ra 1,2 tấn rơm rạ khô. Do đó rất thuận lợi cho việc triển khai ứng dụng các quy trình công nghệ để sản xuất Bioethanol.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giống vi sinh vật

Giống *Trichoderma spp.* do phòng Thí nghiệm Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh cung cấp và giống *Saccharomyces cerevisiae* do Phòng Vi sinh Trung tâm Nghiên cứu và Triển Khai Công Nghệ Bức Xạ, Viện Năng lượng Nguyên Tử Việt Nam cung cấp. *Trichoderma spp.* được nuôi trên môi trường Glucose Agar Khoai Tây (PGA) và nấm *Saccharomyces cerevisiae* được nuôi trên môi trường Hansen. Cả hai giống nấm trên được bảo quản ở 5°C.

2.2. Chuẩn bị nguyên liệu

Rơm rạ được thu thập tại ruộng lúa ở Tiền Giang, được phơi khô đến ẩm độ 12%, cắt nhỏ, nghiền mịn thành dạng bột qua rây 0,25mm, sau đó được chiếu xạ ở các liều 50; 100; 150; 200 kGy có bổ sung H₂O₂ với các nồng độ 0,5; 1; 1,5%. Rơm sau khi được chiếu xạ sẽ được xử lý bằng NaOH với các nồng độ lần lượt là 1; 5; 10%, rồi được đun trong 1 giờ ở nhiệt độ 100°C. Sau đó tiến hành lọc và rửa bã để đưa về pH trung tính. Bã sau đó được sấy ở 60°C trong 12 giờ. Phần bã sau sấy được dùng làm nguyên liệu cho quá trình thủy phân.

2.3. Chuẩn bị giống nấm *Trichoderma spp*

Nấm *Trichoderma spp* được nuôi cấy trên môi trường PGA trên đĩa petri trong 72 giờ ở nhiệt độ phòng. Sau đó tiến hành tăng sinh mẫu trên môi trường lỏng PG (potato - glucose) trong 24 giờ ở nhiệt độ phòng và lắc mẫu với tốc độ 120 rpm. Mẫu nấm sau tăng sinh được dùng cho quá trình thủy phân.

2.4. Chuẩn bị giống nấm *Saccharomyces cerevisiae*

Nấm *Saccharomyces cerevisiae* được nuôi cấy trên môi trường Hansen rắn trong đĩa Petri trong 72 giờ ở điều kiện phòng thí nghiệm. Sau đó tiến hành tăng sinh mẫu trên môi trường Hansen lỏng trong 24 giờ cùng điều kiện. Mẫu nấm sau tăng sinh được dùng cho quá trình lên men.

2.5. Ảnh hưởng của tiền xử lý bức xạ đến hàm lượng đường khử và hàm lượng chất xơ

Rơm rạ sau khi nghiền mịn được tiến hành chiếu xạ bằng chùm tia điện từ EB ở các liều chiếu lần lượt là 50; 100; 150; 200 kGy. Mẫu rơm sau chiếu xạ sẽ được phân tích hàm lượng đường khử theo phương pháp Miler và phân tích lại thành phần xơ sợi.

2.6. Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến khả năng tạo đường khử khi chiếu xạ

Cân 100g rơm đã qua nghiền mịn sau đó bổ sung 210ml H₂O₂ với các nồng độ 0,5; 1; 1,5%. Mẫu rơm sau khi tắm H₂O₂ được sấy ở 60°C để đưa mẫu về ẩm độ 12% sau đó đem mẫu đi chiếu xạ ở liều chiếu tối ưu. Sau khi chiếu xạ sẽ tiến hành phân tích hàm lượng đường khử theo phương pháp Miler.

2.7. Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến hàm lượng chất xơ

Mẫu rơm được xử lý bằng NaOH với các nồng độ lần lượt là 1; 5; 10% với tỉ lệ nguyên liệu: dung dịch NaOH là 1:10 (w/v): được đun ở 100°C trong 1 giờ để tạo dạng paste. Sau đó lọc, rửa bã để đưa về pH trung tính. Sau đó tiến hành phân tích lại hàm lượng xơ sợi.

2.8. Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng lên sự thủy phân tạo đường của *Trichoderma spp.*

2.8.1 Nồng độ NaOH

Cách tiến hành: Cân 10g rơm đã qua chiếu xạ có bổ sung H₂O₂ sau đó xử lý mẫu rơm bằng NaOH với các nồng độ 1; 5; 10%. Phần bã sau xử lý NaOH được cho vào Bình tam giác có thể tích 250 ml, sau đó tiến hành ủ bã với chủng nấm *Trichoderma spp* trong 5 ngày, pH 4,8; 5ml dịch tăng sinh nấm *Trichoderma spp.* ($6,7 \times 10^8$ tế bào/ml); bổ sung môi trường dinh dưỡng Mandels với tỉ lệ dinh dưỡng: cơ chất là 3:1 (v/w) ở nhiệt độ phòng. Sau 5 ngày ủ tiến hành lọc để thu dịch thủy phân và xác định hàm lượng đường khử theo phương pháp Miler.

2.8.2 Tỉ lệ dinh dưỡng - cơ chất

Cách tiến hành tương tự như mục 2.8.1. Yếu tố cố định: pH 4,8; thời gian 5 ngày; nhiệt độ phòng; 5ml dịch tăng sinh nấm *Trichoderma spp* ($6,7 \times 10^8$ tế bào/ml); xử lý mẫu với nồng độ NaOH tối ưu. Yếu tố thay đổi: tỉ lệ dinh dưỡng: cơ chất 2:1; 3:1; 4:1 (v/w).

2.8.3 Nồng độ nấm *Trichoderma spp*

Cách tiến hành tương tự như mục 2.8.1. Yếu tố cố định: pH 4,8; thời gian 5 ngày; nhiệt độ phòng; tỉ lệ dinh dưỡng - cơ chất tối ưu; xử lý mẫu với nồng độ NaOH tối ưu.

Yếu tố thay đổi: thể tích dịch nuôi cấy nấm lần lượt là 1; 5; 10ml ($6,7 \times 10^8$ tế bào/ml).

2.8.4 pH dịch thủy phân

Cách tiến hành tương tự như mục 2.8.1. Yếu tố cố định: thể tích dịch nuôi cấy nấm tối ưu; thời gian 5 ngày; nhiệt độ phòng; tỉ lệ dinh dưỡng - cơ chất tối ưu; xử lý mẫu với nồng độ NaOH tối ưu.

Yếu tố thay đổi: pH: 4; 4,8; 5,2.

2.8.5 Thời gian thủy phân

Cách tiến hành tương tự như mục 2.8.1. Yếu tố cố định: thể tích dịch nuôi cấy nấm tối ưu; pH tối ưu; nhiệt độ phòng; tỉ lệ dinh dưỡng - cơ chất tối ưu; xử lý mẫu với nồng độ NaOH tối ưu.

Yếu tố thay đổi: thời gian: 3; 5; 7 ngày

2.9 Thủy phân mẫu rơm bằng H₂SO₄ và chủng nấm *Trichoderma spp*

Cách tiến hành: Cân 10g mẫu rơm đã qua chiếu xạ và mẫu đối chứng lần lượt cho vào bình cầu 500ml, sau đó bổ sung H₂SO₄ 5% vào theo tỉ lệ nguyên liệu: thể tích H₂SO₄ 5% là 1:10 (w/v), tiến hành đun ở 100°C trong 3 giờ, sau đó lọc để thu dịch lọc và chất rắn.

Đối với dịch lọc tiến hành trung hòa bằng NaOH 5%, rồi đo hàm lượng đường khử được tạo thành. Phần bã được sấy ở 60°C trong 12 giờ, sau đó tiến hành thủy phân tiếp bằng *Trichoderma spp.* với các điều kiện khảo sát như trên.

2.10 Lên men dịch thủy phân

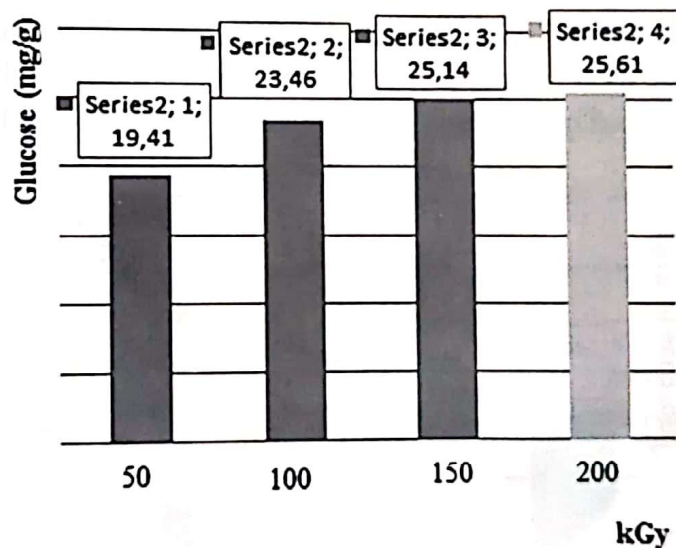
Dịch thủy phân được tiến hành lọc, ly tâm và cô đặc về nồng độ khoảng 10% (w/v). Sau đó cho lên men bằng *Saccharomyces cerevisiae* ở điều kiện pH 4,5; thời gian 3 ngày ở nhiệt độ phòng; lượng nấm men bổ sung vào là 5% (v/v) ($2,5 \times 10^7$ tế bào/ml); bổ sung 0,02% (w/v) cao nấm men và 0,5% (w/v) pepton. Tiến hành lên men trong bình tam giác 250ml.

3. KẾT QUẢ

3.1. Ảnh hưởng của tiền xử lý bức xạ lên hàm lượng đường khử và chất xơ

3.1.1 Hàm lượng đường khử

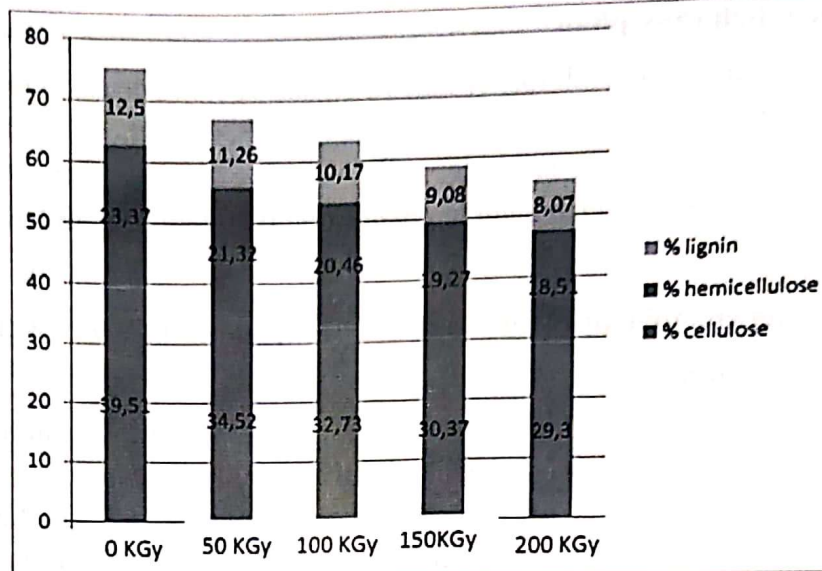
Ảnh hưởng của tiền xử lý bức xạ đến hàm lượng đường khử được trình bày trong hình 1. Hàm lượng đường khử thu được cao nhất với mẫu có liều 200 kGy (25,61 mg/g), tiếp theo 150 kGy (25,14 mg/g); 100 kGy (23,46 mg/g) và thấp nhất là 50 kGy (19,41 mg/g). Hàm lượng đường khử tăng dần khi tăng liều chiếu xạ nhưng đến liều 150 kGy và 200 kGy thì hàm lượng đường tăng nhẹ và kết quả phân tích ANOVA cho thấy không có sự khác biệt về hàm lượng đường khử ở hai mẫu có liều chiếu 150 kGy và 200 kGy. Do đó có thể kết luận rằng kết quả thu được hàm lượng đường khử tốt nhất là ở liều chiếu xạ 150 kGy.



Hình 1: Ảnh hưởng của tiền xử lý bức xạ đến hàm lượng đường khử

3.1.2 Hàm lượng chất xơ

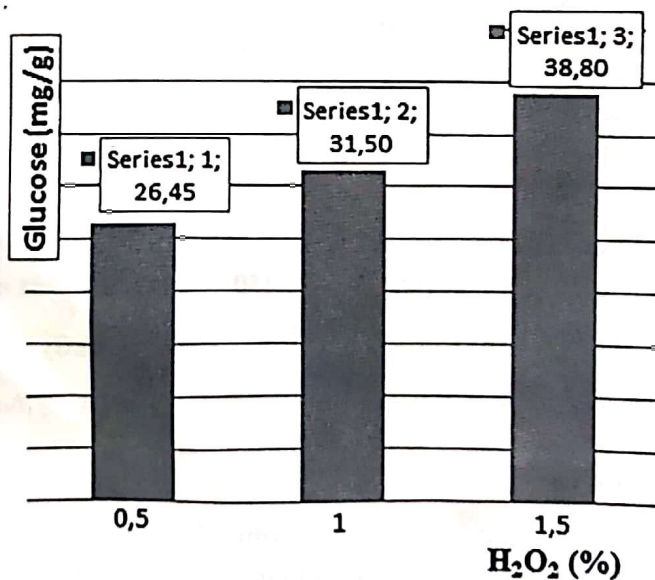
Ảnh hưởng của tiền xử lý bức xạ đến hàm lượng chất xơ được trình bày trong hình 2. Lượng chất xơ thu được cao nhất đối với mẫu có liều 50 kGy (67,09%), tiếp theo là 100 kGy (63,36%), 150 kGy (58,72%) và thấp nhất là 200 kGy (55,88%).



Hình 2: Ảnh hưởng của tiền xử lý bức xạ đến hàm lượng chất xơ

3.2 Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến khả năng tạo đường khử trong khi chiếu xạ

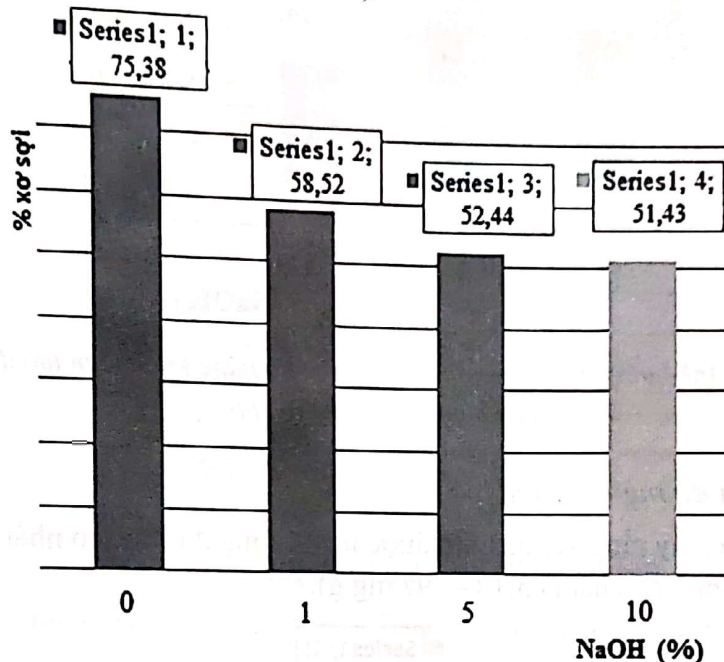
Ảnh hưởng khác nhau của nồng độ H₂O₂ đến hàm lượng đường khử khi tiến hành chiếu xạ ở liều 150 KGy được trình bày trong hình 3. Hàm lượng đường khử thu được cao nhất đối với mẫu có nồng độ H₂O₂ 1,5% (38,80 mg/g), tiếp theo là 1% (31,50 mg/g) và thấp nhất là 0,5% (26,45 mg/g).



Hình 3: Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến hàm lượng đường khử

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến hàm lượng chất xơ

Ảnh hưởng khác nhau của nồng độ NaOH đến hàm lượng chất xơ được trình bày trong hình 3. Lượng chất xơ thu được cao nhất đối với mẫu có nồng độ NaOH 1% (58,52%), tiếp theo là 5% (52,44%) và thấp nhất là 10% (51,43%).

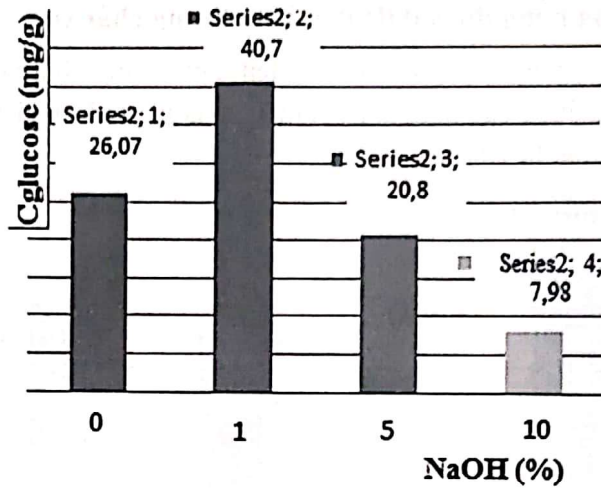


Hình 4: Ảnh hưởng của nồng độ NaOH đến hàm lượng chất xơ

3.4. Ảnh hưởng của các yếu tố lên sự thủy phân tạo đường của nấm *Trichoderma spp.*

3.4.1 Nồng độ NaOH

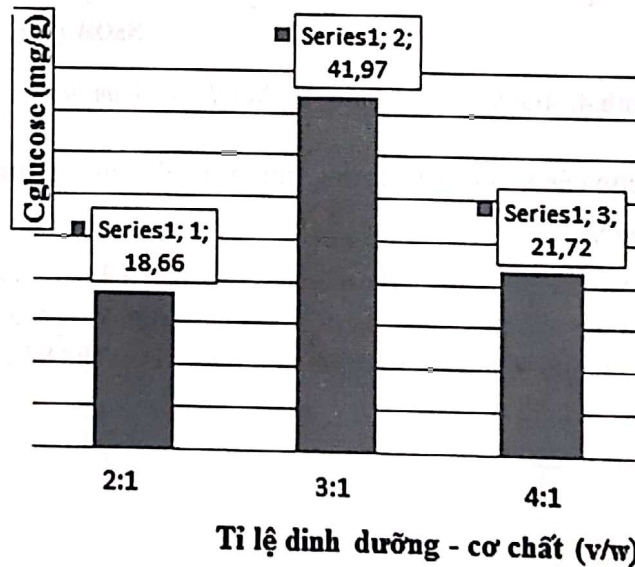
Từ đồ thị hình 5 cho thấy mẫu rơm được xử lý với NaOH 1% thì nấm *Trichoderma spp.* thủy phân cho hàm lượng đường cao nhất là 40,70 (mg/g), còn với NaOH 10% thì thu được hàm lượng đường thấp nhất là 7,98 (mg/g). Ở mẫu không xử lý NaOH cho hàm lượng đường là 26,07 (mg/g).



Hình 5: Ảnh hưởng của nồng độ NaOH lên khả năng thủy phân tạo đường của nấm *Trichoderma spp*

3.4.2 Tỷ lệ dinh dưỡng - cơ chất

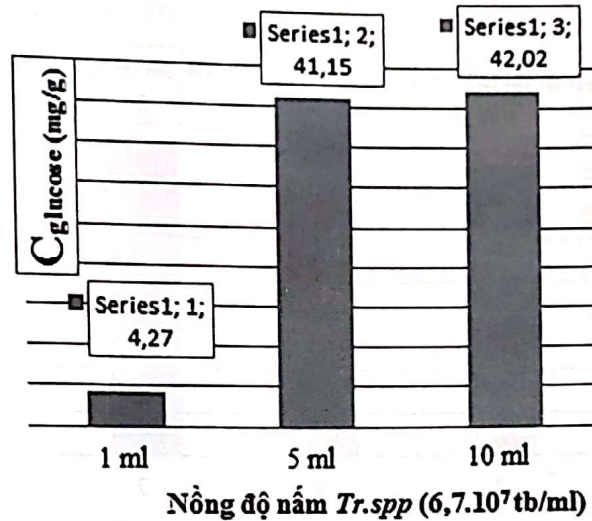
Từ đồ thị 6 cho thấy rằng kết quả thu được hàm lượng đường cao nhất đối với mẫu thủy phân có tỷ lệ dinh dưỡng: cơ chất là 3:1 (41,97 mg/g).



Hình 6: Ảnh hưởng của tỷ lệ dinh dưỡng - cơ chất đến khả năng thủy phân tạo đường của nấm *Trichoderma spp*.

3.4.3 Nồng độ nấm *Trichoderma spp.*

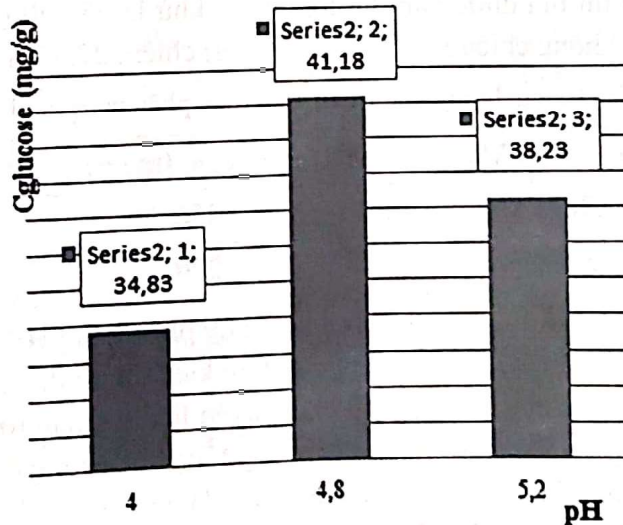
Từ đồ thị hình 7 cho thấy rằng kết quả thu được hàm lượng đường cao nhất khi mẫu có nồng độ nấm là 10 ml ($6,7 \times 10^8$ tế bào/ml) (42,02 mg/g), tiếp theo là 5ml (41,15 mg/g) và thấp nhất là 1ml (4,27 mg/g). Khi phân tích thống kê thì không có sự khác biệt đáng kể giữa 2 nghiệm thức 5ml và 10 ml ở độ tin cậy 95%. Do đó kết quả 5ml là tối ưu.



Hình 7: Ảnh hưởng của nồng độ nấm *Trichoderma spp* lên hiệu suất đường hóa

3.4.4 Ảnh hưởng của pH

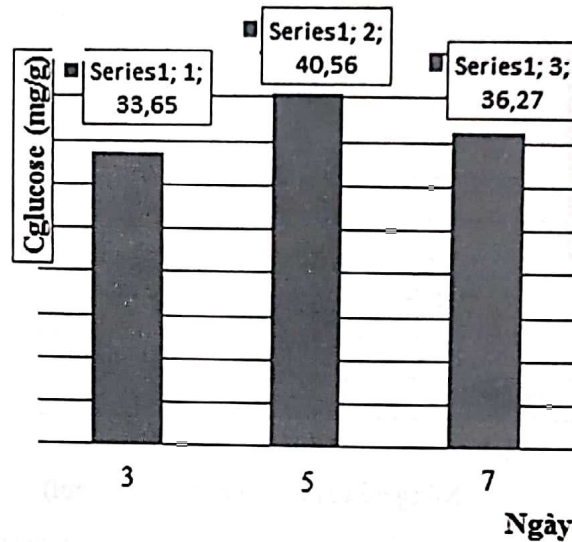
Từ đồ thị 8 cho thấy rằng khi thủy phân mẫu rom bằng *Trichoderma spp* ở pH 4,8 sẽ tạo ra lượng đường cao nhất (41,18 mg/g) và thấp nhất là pH 4 (34,83mg/g). Do đó ở pH tối ưu cho sự thủy phân tạo đường của nấm *Trichoderma spp* là 4,8.



Hình 8: Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất đường hóa của nấm *Trichoderma spp*

3.4.5 Thời gian thủy phân

Từ đồ thị 9 cho thấy hàm lượng đường thu được cao nhất đối với mẫu thủy phân trong 5 ngày (40,56 mg/g), tiếp theo là 7 ngày (36,27 mg/g) và thấp nhất là 3 ngày (33,65 mg/g). Như vậy quá trình thủy phân của nấm *Trichoderma spp* diễn ra trong 5 ngày cho hàm lượng đường cao nhất.



Hình 9: Ảnh hưởng của thời gian đến khả năng thủy phân tạo đường của *Trichoderma spp*

3.5 Thủy phân mẫu rơm bằng H₂SO₄ và thủy phân tiếp bằng chủng nấm *Trichoderma spp*

Số liệu trong bảng 1 sau đây cho thấy khi thủy phân mẫu rơm đã qua chiếu xạ bằng H₂SO₄ 5% ở 100°C trong 3 giờ thì thu được hàm lượng đường khử là 356,90 (mg/g) chiếm 35,69% nguyên liệu và mẫu rơm không chiếu xạ là 279,43 (mg/g) chiếm 27,94%.

Bảng 1: Hàm lượng đường khử trong dịch thủy phân bằng acid sulfuric

Mẫu	C _{glucose} (mg/g)
Chiếu xạ	356,90
Đối chứng	279,43

Từ bảng 2 cho thấy phân bã rơm chiếu xạ sau thủy phân bằng H₂SO₄ và cho thủy phân tiếp bằng chủng nấm *Trichoderma spp* áp dụng các điều kiện tối ưu đã khảo sát thu được hàm lượng đường là 3,66 (mg/g) chiếm khoảng 0,37% nguyên liệu và mẫu rơm không chiếu xạ là 1,76 (mg/g) chiếm khoảng 0,18% nguyên liệu. Như vậy tổng hợp lượng đường từ sự thủy phân mẫu bằng acid và bằng nấm thu được kết quả cuối cùng là 360,56 (mg/g) chiếm khoảng 36% đối với mẫu chiếu xạ và 281,19 (mg/g) chiếm khoảng 28% đối với mẫu đối chứng.

Bảng 2: Hàm lượng đường khử trong phần bã sau khi thủy phân bằng *Trichoderma spp*

Mẫu	C _{glucose} (mg/g)
Chiều xạ	3,66
Đối chứng	1,76

3.6 Lên men dịch thủy phân

Từ bảng 3 cho thấy rằng dịch sau lên men bằng nấm *Saccharomyces cerevisiae* có độ cồn là 4% (v/v) với hiệu suất chuyển hóa khoảng 62%, pH dịch sau lên men giảm từ 4,5 xuống còn khoảng 3,6.

Bảng 3: Hiệu suất chuyển hóa đường khử sau quá trình lên men.

	Lượng đường khử (mg/ml)		Hiệu suất chuyển hóa (%) ((a-b)/a)*100	Độ cồn % (v/v)
	Trước lên men (a)	Sau lên men (b)		
Phần 1	101,00	37,38	62,99	4
Phần 2	100,17	37,29	62,77	4
Phần 3	100,04	37,70	62,32	4

4. KẾT LUẬN

4.1 Kết luận bước đầu về quy trình kỹ thuật sản xuất cồn sinh học từ rơm rạ:

- Đối với quá trình tiền xử lý: tiền xử lý nguyên liệu bằng EB ở liều chiếu 150kGy có bổ sung H₂O₂ 1,5% với ẩm độ nguyên liệu 12% thì lượng đường khử thu được cao nhất (39,60 mg/g) chiếm khoảng 4% nguyên liệu.

- Đối với quá trình thủy phân tạo đường của nấm *Trichoderma spp* đạt hiệu quả cao nhất ở các điều kiện sau: cơ chất xử lý với NaOH 1%; pH 4,8; tỉ lệ dinh dưỡng - cơ chất là 3:1 (v/v) và tỷ lệ dịch nấm *Trichoderma spp* cơ chất là 1:2 (v/w) ($6,7 \times 10^7$ tế bào/ml) ủ 5 ngày trong điều kiện phòng thí nghiệm thì hiệu suất thu đường đạt được 41,20 (mg/g) chiếm 4,12% nguyên liệu.

- Rơm rạ đã qua chiếu xạ ở liều 150kGy EB có bổ sung H₂O₂ 1,5% nguyên liệu đạt ẩm độ 12% tiến hành thủy phân bằng acid sulfuric 5% ở 100°C trong 3 giờ thu được lượng đường 356,90 (mg/g) chiếm khoảng 35,69%. Sau đó thủy phân tiếp bằng chủng nấm *Trichoderma spp*. thu được lượng đường 3,70 (mg/g) chiếm 0,37%. Như vậy thu được lượng đường là 360,60 (mg/g), 36% nguyên liệu.

- Đối với quy trình lên men ethanol: với 5% lượng nấm men ($2,5 \times 10^7$ tế bào/ml) sau 3 ngày ủ với dịch đường hóa đã xử lý trên, độ cồn sản phẩm là 4% (v/v), đạt hiệu suất chuyển hóa 62%. Như vậy, từ 6,9 kg rơm đã tạo ra được 01 lít cồn 100% (v/v).

Trên đây là những kết quả nghiên cứu bước đầu, để có thể ứng dụng sản xuất quy mô công nghiệp, cạnh tranh được các loại nhiên liệu hóa thạch hiện hành, hướng nghiên cứu này cần được quan tâm đầu tư để tiếp tục nghiên cứu nâng cao hơn nữa khả năng phân giải polyssacharids của các loại tia bức xạ thích hợp kết hợp với hỗ trợ biện pháp hóa lý đồng thời phân lập các chủng vi sinh có hiệu suất đường hóa và lên men ethanol cao để hoàn thiện quy trình.

4.2. Nhận định về triển vọng sản xuất bioethanol từ rơm rạ ở Việt Nam

Theo báo cáo của Tổng cục Thống kê, dự báo sản lượng lúa cả năm của Việt Nam năm 2017 đạt 43,5 triệu tấn. Nếu trung bình một tấn lúa cho ra 1-1,2 tấn rơm rạ thì với sản lượng lúa hiện nay, ước tính lượng rơm rạ thải ra lên đến 48 - 50 triệu tấn/năm.

Nếu áp dụng kết quả nghiên cứu bước đầu này, từ 50 triệu tấn rơm rạ sẽ sản xuất được 7 tỷ lít bioethanol mỗi năm (theo tỉ lệ 6,9 kg rơm rạ được 01 lít bioethanol). Với sản lượng bioethanol này có thể sản xuất được xăng E5, E10 hoặc E 85 như Brazil hoặc sản xuất sản lượng điện rất lớn phục vụ cho sản xuất và tiêu dùng là rất triển vọng ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Fatma, H.Abd El-Zaher and Fadel (2010). "Production of Bioethanol Via Enzymatic Sacchrification of Rice Straw by Cellulase Produced by *Trichoderma Reesei* Under Solid State Fermentation (Cung cấp thêm thông tin tạp chí)
- [2] Ngô Thị Phương Dung, Bùi Duy Nhân và Huỳnh Xuân Phong (2012): "Sản xuất men rượu từ *Saccharomyces cerevisiae* và enzyme amylase trong mầm lúa". Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ (pp11-18)
- [3] Phan Phước Hiền, Tu Thi Anh (2013): *Preliminary research on process of Bio-ethanol production from bagasse and prosperity of biofuel production from rich-cellulosic waste source*, Science and Technology Journal of Agriculture and Rural Development, Vietnam ISSN 1859-4589 số 12/2013.
- [4] Kenneth C. Ehrlich and Youn W. Han (2005) "Pretreatment of lignocellulose Irradiation". Food, Feed and Fuel from Biomass Chapter 7 (pp: 85-94).
- [5] Trần Đại Nghiệp (2004): Giáo trình "Xử lý bức xạ và cơ sở của công nghệ bức xạ", NXB Đại học Quốc Gia Hà Nội.
- [6] Peter L.Rogers (2005): *Ethanol production by Zymomonas mobilis* Food, Feed and Fuel from Biomass Chapter 20 (pp: 361-370)
- [7] Trần Diệu Lý (2008). "Nghiên cứu sản xuất ethanol nhiên liệu từ rơm rạ". Luận văn Thạc sĩ, Khoa Kỹ thuật Hóa học - Trường ĐH Bách Khoa TP Hồ Chí Minh.
- [8] Nguyễn Thị Hằng Nga (2009) "Nghiên cứu sản xuất ethanol từ phụ phẩm nông nghiệp", Luận văn thạc sĩ Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội.
- [9] T.P. Lyons and D.R.Kelsall (2005): *Conversion of Biomass into Fuels - Ethanol, Food, Feed and Fuel from Biomass*, Chapter 21 (pp: 371-397).
- [10] Tổng cục thống kê: <https://www.gso.gov.vn/Default.aspx?tabid=217>
- [11] Nataliya M. and Deb N. (2010). "Future Sustainability Forecasting by Exchange Markets: Basic Theory and an Application", *Environ. Sci. Technol.*, 2010, 44 (23), pp 9134-9142.