



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0023425

(51)⁷ C12P 19/02; C13K 1/02; D21C 5/00; (13) B
C12P 19/04

-
- (21) 1-2011-02958 (22) 31/03/2010
(86) PCT/IB2010/051412 31/03/2010 (87) WO2010/113129A3 07/10/2010
(30) PCT/IT2009/000125 31/03/2009 IT; PCT/IT2009/000130 31/03/2009 IT;
PCT/IT2009/000129 31/03/2009 IT
(45) 27/04/2020 385 (43) 25/06/2012 291A
(73) Beta Renewables S.p.A. (IT)
Strada Ribrocca 11 I-15057 Tortona (Alessandria), Italy
(72) GARBERO, Mirko (IT); OTTONELLO, Piero (IT); COTTI COMETTINI, Marco
(IT); FERRERO, Simone (IT); TORRE, Paolo (IT); CHERCHI, Francesco (IT);
BONANNI, Andrea (IT)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)
-

(54) QUY TRÌNH XỬ LÝ SINH KHỐI LIGNO-XENLULOZA

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình xử lý sinh khối ligno-xenluloza bao gồm các bước:

A) ngâm nguyên liệu sinh khối ligno-xenluloza trong hơi nước hoặc nước lỏng hoặc hỗn hợp của chúng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 210°C, trong từ 1 phút đến 24 giờ để tạo ra sinh khối được ngâm chứa thành phần khô và thành phần lỏng thứ nhất;

B) tách ít nhất một phần thành phần lỏng thứ nhất ra khỏi sinh khối được ngâm để tạo ra dòng thành phần lỏng thứ nhất và dòng thành phần rắn thứ nhất; trong đó dòng thành phần rắn thứ nhất chứa sinh khối được ngâm; và

C) bung hơi nước dòng thành phần rắn thứ nhất để tạo ra dòng được làm bung hơi nước chứa thành phần rắn và thành phần lỏng thứ hai.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình xử lý sinh khối ligno-xenluloza và chế phẩm sinh khối ligno-xenluloza.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong lĩnh vực sinh khối, việc chuyển hóa sinh khối lignoxenluloza thành etanol là một thực tiễn phổ biến. Nếu sinh khối là sinh khối chứa polysacarit và đó là lignoxenluloza, phương pháp tiền xử lý thường được sử dụng để đảm bảo rằng cấu trúc của lignoxenluloza có thể dễ dàng tiếp xúc với các enzym hơn, và khi đó, nồng độ của các sản phẩm phụ ức chế bất lợi như axit axetic, furfural và hydroxymetyl furfural thường là cao và là trở ngại cho quá trình xử lý sau đó.

Trong những điều kiện nói chung, càng xử lý kỹ, hàm lượng xenluloza của vật liệu càng cao. Tính nghiêm ngặt của phương pháp bung hơi nước là đã biết trong tài liệu khoa học, dưới dạng Ro, và một hàm của thời gian và nhiệt độ được biểu thị dưới dạng:

$$Ro = t \cdot e^{[(T-100)/14,75]}$$

Với nhiệt độ, T, biểu thị dưới dạng độ C và thời gian, t, biểu thị dưới dạng các đơn vị phổ biến. Công thức này cũng được biểu thị dưới dạng Log (Ro), có nghĩa là:

$$\text{Log (Ro)} = \text{Ln}(t) + [(T-100)/14,75].$$

Thường cho rằng, trị số Ro cao là có liên quan đến nhiều các sản phẩm phụ không mong muốn mà ức chế quá trình thủy phân và lên men của sinh khối như, như furfural.

Ấn phẩm NREL Report No. TP-421-4978, November 1992, McMillan J.D., “Processes for Pretreating lignocellulosic biomass: Review” thậm chí đã khẳng định trong kết luận của nó rằng “các quy trình trên cơ sở phương pháp bung hơi nước...là không được ưa dùng trong thời gian dài do sự hình thành các sản phẩm in phân hủy là giảm hiệu suất” và đã thúc đẩy để nghiên cứu tìm ra các quy trình thay thế, như phương pháp bung sợi amoniac và các phương pháp xử lý trên cơ sở dòng siêu tới hạn.

Do đó vẫn tồn tại nhu cầu cần có quy trình cải tiến với Ro cao mà trong cùng thời điểm tạo ra sản phẩm với hàm lượng furfural thấp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất quy trình tiên xử lý sinh khối được cải tiến bao gồm các bước ngâm nguyên liệu sinh khối trong nước dạng hơi hoặc nước lỏng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 210°C, tốt hơn là từ 140 đến 210°C, trong từ 1 phút đến 24 giờ, tốt hơn là từ 1 phút đến 16 giờ, tốt hơn nữa là từ 1 phút đến 2,5 giờ, và tốt nhất là từ 1 phút đến 2 giờ, để tạo ra sinh khối được ngâm chứa thành phần khô và thành phần lỏng thứ nhất; tách ít nhất một phần thành phần lỏng thứ nhất ra khỏi sinh khối được ngâm để tạo ra dòng thành phần lỏng thứ nhất và dòng thành phần rắn thứ nhất, trong đó dòng thành phần rắn thứ nhất chứa sinh khối được ngâm; làm bung hơi nước dòng thành phần rắn thứ nhất để tạo ra dòng được làm bung hơi nước chứa thành phần rắn và thành phần lỏng thứ hai; tùy ý tách ít nhất một số thành phần lỏng thứ hai ra khỏi dòng được làm bung hơi nước để tạo ra dòng thành phần lỏng thứ hai và dòng thành phần rắn thứ hai. Sáng chế cũng bộc lộ quy trình có thể bao gồm hơn nữa bước kết hợp ít nhất một phần dịch lỏng của dòng thành phần lỏng thứ nhất với dòng thành phần rắn thứ hai.

Bước thứ ba tùy ý cũng được bộc lộ mà trong đó dòng được làm bung hơi nước được rửa bằng ít nhất thành phần lỏng thứ ba để tạo ra dòng thành phần lỏng thứ ba trước khi dẫn dòng được làm bung hơi nước vào bước tách.

Bước tinh chế tiếp theo cũng được bộc lộ trong đó dòng thành phần lỏng thứ nhất được tinh chế để tạo ra dòng thành phần lỏng thứ nhất được tinh chế trước khi kết hợp dòng thành phần lỏng thứ nhất với dòng thành phần rắn thứ hai.

Bước tiếp theo được bộc lộ trong đó dòng thành phần lỏng thứ hai được tinh chế để tạo ra dòng thành phần lỏng thứ hai được tinh chế và sau đó dòng thành phần lỏng thứ hai được tinh chế được kết hợp với dòng thành phần rắn thứ hai.

Được bộc lộ hơn nữa là tinh chế dòng thành phần lỏng thứ ba và sau đó kết hợp nó với dòng thành phần rắn thứ hai.

Ép là phương pháp được dùng để tách dịch lỏng ra khỏi sinh khối được ngâm.

Phương pháp làm bay hơi được dùng trong bước tinh chế dòng thành phần lỏng thứ nhất. Bước làm bay hơi này được tiến hành mà không cần làm giảm áp suất của dòng thành phần lỏng thứ nhất tới áp suất khí quyển trước khi làm bay hơi. Hơn nữa, bước làm bay hơi được tiến hành ở áp suất của dòng thành phần lỏng thứ nhất ở cuối công đoạn tách thành phần lỏng thứ nhất ra khỏi sinh khối được ngâm.

Bước tách hơi nước của bất kỳ hoặc toàn bộ các dòng thành phần lỏng kết hợp hay riêng rẽ cũng được mô tả. Sử dụng hơi nước từ bước bung hơi nước và/hoặc từ bước bung hơi nước và/hoặc bước ngâm cũng được mô tả.

Việc tinh chế dòng thành phần lỏng bất kỳ bằng than hoạt tính cũng được mô tả. Cũng mô tả hơn nước việc cô đặc các dòng để tách nước. Cũng được mô tả rằng các dòng có thể được kết hợp sau khi ít nhất một phần dòng thành phần rắn thứ hai được thủy phân.

Ngoài ra, phần mô tả cũng bộc lộ hỗn hợp thu được từ quy trình này bao gồm thành phần rắn, thành phần lỏng, lượng C5 trên cơ sở lượng arabinan và xylan và monome, dime, oligome và polyme của arabinoza và xyloza trong thành phần lỏng và rắn của hỗn hợp này, lượng C6 trên cơ sở hàm lượng glucan mà bao gồm monome, dime, oligome và polyme của glucan trong thành phần lỏng và rắn của hỗn hợp này và furfural trong đó tỷ lệ giữa lượng C5 so với lượng C6 là nhỏ hơn 0,50 và tỷ lệ giữa lượng furfural, mà luôn luôn có mặt trong hỗn hợp, so với lượng tổng C5 và C6 là nằm trong khoảng giữa 0 và 0,0140, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0140; là nằm trong khoảng giữa 0 và 0,0100, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0100; là nằm trong khoảng giữa 0 và 0,0060, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0060; là nằm trong khoảng giữa 0 và 0,0040, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0040; 0 và 0,0030, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0030; 0 và 0,0020, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0020; 0 và 0,0010, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0010; hoặc nằm trong khoảng giữa 0 và 0,0009, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0009. Sáng chế cũng mô tả hơn nữa rằng tỷ lệ giữa lượng C5 so với lượng C6 là nhỏ hơn 0,44.

Sáng chế cũng mô tả chế phẩm sinh khối chứa thành phần rắn, lỏng, lượng C5 trên cơ sở lượng arabinan và xylan và monome, dime, oligome và polyme của arabinoza và xyloza trong thành phần lỏng và rắn của hỗn hợp này, lượng C6 trên cơ sở hàm lượng glucan mà bao gồm monome, dime, oligome và polyme của glucan trong thành phần lỏng và rắn của hỗn hợp này và furfural trong đó tỷ lệ giữa lượng C5 so với lượng C6 là lớn hơn 0,50 và tỷ lệ giữa lượng furfural so với lượng tổng C5 và C6 là giá trị bất kỳ nằm trong khoảng giữa 0 và 0,09, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,09; giữa 0 và 0,0060, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0060; giữa 0 và 0,0050, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0050; giữa 0 và 0,0040; giữa 0 và 0,0030, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0030 và giữa 0 và 0,0016, cũng được biểu thị dưới dạng lớn hơn 0 và nhỏ hơn 0,0016.

Sáng chế cũng mô tả hơn nữa lượng chất rắn theo trọng lượng của chế phẩm mới là giá trị bất kỳ nằm trong khoảng từ 3 đến 85%, 3 đến 65%, 3 đến 20% 11 đến 99%; 14 đến 99%; 16 đến 99%; 19 đến 99%; 21 đến 99%; 24 đến 99%; 26 đến 99%; 29 đến 99%; 31 đến 99%; 36 đến 99%; và 41 đến 99%.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mô tả một phương án của quy trình.

Fig.2 là hình vẽ mô tả phương án thứ 2 của quy trình.

Fig.3 là hình vẽ mô tả phương án thứ 3 của quy trình.

Fig.4 là hình vẽ mô tả phương án thứ 4 của quy trình.

Fig.5 là hình vẽ mô tả phương án thứ 5 của quy trình.

Fig.6 là hình vẽ mô tả phương án thứ 6 của quy trình.

Fig.7 là hình vẽ mô tả phương án thứ 7 của quy trình.

Fig.8 là hình vẽ mô tả phương án thứ 8 của quy trình.

Fig.9 là hình vẽ mô tả phương án thứ 9 của quy trình.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong tất cả các trường hợp trong bản mô tả này, thuật ngữ “dòng” được sử dụng có nghĩa là nó bao gồm cả nguyên liệu. Ví dụ, dòng thành phần lỏng thứ hai sẽ bao gồm thành phần lỏng thứ hai, dòng thành phần lỏng thứ hai được tinh chế bao gồm thành phần lỏng thứ hai được tinh chế. Các dòng kết hợp có nghĩa là các nguyên liệu trong các dòng là được trộn.

Quy trình hoạt động dựa trên nguyên liệu trong dòng nguyên liệu. Dòng nguyên liệu chứa sinh khối có thành phần khô và nước. Thông thường nước không ở dạng tự do mà ở dạng được hấp thụ trong bản thân sinh khối đó. Sinh khối này thường được biểu thị theo thành phần khô của nó (không chứa nước). 20% hàm lượng sinh khối khô tương ứng với sinh khối có 80% nước và 20% thành phần không chứa nước, hoặc thành phần rắn khác. Thuật ngữ sinh khối và nước là thành phần khô của sinh khối cộng với nước được hấp thụ và nước tự do và nước mà có thể được bổ sung vào. Ví dụ, lượng của sinh khối cộng với nước cho 100 kg sinh khối với 20% thành phần khô là 100 kg. Lượng của sinh khối cộng với nước cho 100 kg sinh khối với 20% thành phần khô cộng với 10 kg nước là 110 kg.

Quy trình mô tả được cho là có khả năng sử dụng dòng nguyên liệu sinh khối và nước ở đó hàm lượng chất khô so với nước của dòng nguyên liệu tốt hơn là 20-80%, hoặc 21-80%, tốt hơn nữa là 25-70%, hoặc 26-70%, tốt hơn nữa là 25-60%, hoặc 26-60%, thậm chí tốt hơn nữa là 25-50%, hoặc 26-50% hoặc 25-40%, hoặc từ 26% đến 40% và tốt nhất là 25-35%, hoặc 26-35%, hoặc 26-34%, hoặc 31%-49%.

Sau khi xử lý, lượng chất rắn theo trọng lượng tổng của chế phẩm có thể là giá trị bất kỳ nằm trong khoảng từ 3 đến 85%, 3 đến 85%, 3 đến 65%, 3 đến 20%, 11 đến 99%; 14 đến 99%; 16 đến 99%; 19 đến 99%; 21 đến 99%; 24 đến 99%; 26 đến 99%; 29 đến 99%; 31 đến 99%; 36 đến 99%; và 41 đến 99%.

Lượng này có thể được biểu thị theo cách khác dưới dạng thành phần khô tối thiểu, tức là dưới dạng phần trăm trọng lượng của thành phần khô so với nước trong dòng nguyên liệu. Giá trị này có thể tương ứng với ít nhất 20 phần trăm trọng lượng thành phần khô, tốt hơn là ít nhất 25 phần trăm trọng lượng thành phần khô, tốt hơn nữa là ít nhất 30

phần trăm trọng lượng thành phần khô, và tốt nhất là ít nhất 40 phần trăm trọng lượng thành phần khô. Giới hạn trên của những hàm lượng này được xác định là 100%, nhưng trong thực tế 80 phần trăm trọng lượng sẽ là giới hạn trên của những hàm lượng này nếu chúng được biểu thị nằm trong khoảng.

Do đó, các khoảng thích hợp theo sáng chế là sinh khối có thành phần khô lớn hơn 3%, 15%, 20%, 21%, 25%, 26%, 30%, 31%, 35%, 36%, 40%, 50%, 60% và 80% với giới hạn trên 100% hoặc 90% đối với mỗi giới hạn dưới.

Sự phân bố kích thước sợi và hạt của sinh khối có thể nằm trong khoảng 0-150mm, tốt hơn là, 5-125mm, tốt hơn nữa là, 10-100mm, thậm chí tốt hơn nữa là từ 15-30 đến 90mm hoặc 20-80mm và tốt nhất là 26 đến 70mm.

Sự phân bố kích thước sợi và hạt được xác định ở ít nhất 20% (trọng lượng/trọng lượng) sinh khối nằm trong khoảng được ưu tiên.

Sinh khối thực vật là nguyên liệu được ưu tiên. Ngoại trừ tinh bột, ba thành phần cấu thành chính của sinh khối thực vật là xenluloza, hemixenluloza và lignin, chúng được đề cập đến một cách chung chung là lignoxenluloza. Sinh khối chứa các polysacarit dưới dạng thuật ngữ chung bao gồm cả tinh bột và sinh khối lignoxenluloza. Do đó, một vài nguyên liệu có thể là sinh khối thực vật, polysacarit chứa sinh khối, và sinh khối lignoxenluloza. Sinh khối lignoxenluloza thường chứa xenluloza, với lượng ít nhất 5 phần trăm trọng lượng của lượng tổng của sinh khối khô, với ít nhất là 10% và 20% trọng lượng tổng của sinh khối khô. Sinh khối ligno-xenluloza cũng có thể chứa tinh bột với lượng tốt hơn là nhỏ hơn 50% trọng lượng, thậm chí nhỏ hơn 45, 35 và 15 phần trăm trọng lượng là được ưu tiên hơn.

Nếu sinh khối là sinh khối chứa polysacarit và đó là lignoxenluloza, phương pháp tiền xử lý thường được sử dụng để đảm bảo rằng cấu trúc của lignoxenluloza có nhiều khả năng tiếp cận enzym hơn, và ở thời điểm đó, nồng độ của các sản phẩm phụ ức chế bất lợi như axit axetic, furfural và hydroxymetyl furfural còn lưu lại tương đối thấp.

Các lignoxenluloza chứa polysacarit theo sáng chế bao gồm nguyên liệu bất kỳ

chứa đường dạng polymer, ví dụ, ở dạng tinh bột cũng như tinh bột tinh chế, xenluloza và hemixenluloza.

Các loại liên quan của các sinh khối xenluloza và sinh khối polysaccharit ligno-xenlulosic để thủy phân và tiền xử lý theo sáng chế có thể bao gồm các sinh khối có nguồn gốc từ cây cỏ và cụ thể hơn là các sản phẩm nông nghiệp, ví dụ như: tinh bột, ví dụ, ngũ cốc chứa tinh bột và tinh bột tinh chế; thân ngô, bã mía, rơm, ví dụ, từ cây lúa, cây lúa mì, cây lúa mạch đen, cây yến mạch, cây lúa mạch, bã nho, cây lúa miến; cây gỗ thân mềm, ví dụ, *Pinus sylvestris*, *Pinus radiata*; cây gỗ thân cứng, ví dụ, *Salix* spp. *Eucalyptus* spp.; cây thân củ, ví dụ, củ cải đường, khoai tây; ngũ cốc từ, ví dụ, cây lúa, cây lúa mì, cây lúa mạch đen, cây yến mạch, cây lúa mạch, bã nho, cây lúa miến và ngô; giấy thải, các phân đoạn chứa sợi từ quy trình xử lý sinh học, phân bón, cặn thu được từ quy trình xử lý dầu cọ chất thải rắn đô thị hoặc các chất tương tự với hàm lượng chất khô tương tự.

Tốt hơn, nếu nguyên liệu sinh khối ligno-xenluloza là từ họ thường được gọi là cây cỏ. Tên riêng này là họ đã biết là *Poaceae* hoặc *Gramineae* thuộc lớp Liliopsida (monocot) của thực vật thuộc cây hoa. Thực vật thuộc họ này thường được gọi là cây cỏ, hoặc, để phân biệt chúng với các họ Hòa thảo khác, cỏ thực. Tre cũng được bao gồm. Có khoảng 600 giống và một số từ 9000 đến 10000 hoặc nhiều loài cỏ (Kew Index of World Grass Loài).

Poaceae bao gồm các loại hạt chính làm thực phẩm và cây trồng ngũ cốc được trồng khắp nơi trên thế giới, cỏ trồng trên bãi hoặc cỏ trồng cho gia súc, và tre. *Poaceae* có thân rỗng thường được gọi là gióng rỗng, mà được bịt (đặc) ở hai đầu, được gọi là đốt, các điểm dọc theo gióng rỗng này mà ở đó mọc lá. Lá cỏ thường xen kẽ, đối xứng (trên một mặt phẳng) hoặc ít khi ở dạng xoắn, và có gân là song song. Mỗi lá được phân chia thành bẹ lá ở đầu dưới mà ôm lấy một đoạn thân và phiến lá có mép lá. Phiến lá của nhiều loại cỏ là cứng với các hạt khoáng silic oxit, mà giúp chúng tránh xa động vật ăn cỏ.

Trong một số loại cỏ (như cỏ lá mác) có mép lá đủ sắc để cứa vào da người. Phần phụ dạng màng hoặc phần tua có lông, được gọi là phần lưỡi, nằm ở vị trí liên kết giữa bẹ và phiến lá, ngăn không cho nước hoặc côn trùng vào bên trong bẹ.

Phiến lá cỏ sinh trưởng trên cơ sở phiến lá và không phải là phần đầu của thân kéo dài ra. Điểm phát triển chậm này tiến hóa để phù hợp với động vật gặm cỏ và cho phép cỏ được gặm hoặc được cắt mà không gây hại nghiêm trọng đến cây.

Hoa của *Poaceae* được sắp xếp một cách đặc trưng ở dạng bông nhỏ, mỗi bông nhỏ này có một hoặc nhiều hoa nhỏ (các bông nhỏ được tạo thành cụm hoặc bông hoa). Một bông nhỏ bao gồm hai (hoặc đôi khi ít hơn) lá bắc ở phần thân, được gọi là mày, sau đó là một hoặc nhiều hoa nhỏ. Một hoa nhỏ bao gồm bông hoa được bao quanh bởi hai lá bắc được gọi là mày hoa ngoài (ở ngoài cùng) và mày hoa trong (bên trong). Cây hoa thường là lưỡng tính (ngô, hoa phân tính cùng gốc, là ngoại lệ) và sự thụ phấn luôn luôn nhờ gió. Bao hoa là nhỏ so với hai vảy, được gọi là mày cực nhỏ, mà mở rộng và chụm lại để mở rộng mày hoa ngoài và lá bắc nhỏ; thường được hiểu là đài hoa. Cấu trúc tổ hợp này có thể được thấy trong hình bên trái, mô tả bông lúa mỳ (*Triticum aestivum*).

Quả của *Poaceae* là hạt thóc mà trong đó lớp bao hạt được liên kết với thành của hạt và do đó, không thể tách rời nó (như ở hạt ngô).

Nhìn chung có ba cách phân loại theo thói tập quán sinh trưởng của; kiểu bó (cũng được gọi là cụm), thân bò và thân rễ.

Sự thành công ở các loại cỏ một phần nằm ở hình thái học và các quá trình sinh trưởng của chúng, và một phần ở sự đa dạng sinh lý của chúng. Hầu hết cỏ được phân chia thành hai nhóm sinh lý, sử dụng các quá trình quang hợp C3 và C4 để cố định cacbon. Cỏ C4 có quá trình quang hợp liên quan tới dạng lá Kranz đặc biệt mà làm cho chúng thích ứng một theo cách đặc biệt với khí hậu nóng và không khí với hàm lượng cacbon dioxit thấp.

Cỏ C3 được đề cập đến như là "cỏ của mùa lạnh" trong khi thực vật C4 được xem như "cỏ của mùa nóng". Cỏ có thể hoặc là sống theo năm hoặc sống lâu năm. Các ví dụ

về cỏ mùa mát sống theo năm là cây lúa mì, cây lúa mạch đen, cỏ lam sống theo năm (cỏ đồng sống theo năm, cỏ Poa và yến mạch). Các ví dụ về cỏ mùa mát sống lâu năm như cỏ nón (cỏ chân gà, *Dactylis glomerata*), cỏ đuôi trâu (*Festuca* spp), cỏ Poa Kentucky và lúa mạch đen sống lâu năm (*Lolium perenne*). Các ví dụ về cỏ mùa ấm sống theo năm là ngô, cỏ sudan và kê hồng. Các ví dụ về cỏ mùa ấm sống lâu năm là cỏ lam thân lớn, cỏ tía, cỏ gà và cỏ kê.

Một phân loại họ cỏ có 12 phân họ: Đó là 1) *anomochlooideae*, giống cỏ nhỏ có lá rộng bao gồm hai giống (*Anomochloa*, *Streptochaeta*); 2) *Pharoideae*, giống cỏ nhỏ mà bao gồm ba chi, bao gồm *Pharus* và *Leptaspis*; 3) *Puelioideae*, giống cỏ nhỏ mà bao gồm *Puelia* chi Châu phi; 4) *Pooideae* bao gồm cây lúa mì, lúa đại mạch, yến mạch, tước mạch (Bronnus) và cây sậy (*Calamagrostis*); 5) *Bambusoideae* bao gồm tre; 6) *Ehrhartioideae*, mà bao gồm cây lúa, và cây lúa hoang dã; 7) *Arundinoideae*, mà bao gồm cây sậy loại lớn và cây sậy phổ biến 8) *Centothecoideae*, phân họ nhỏ của 11 giống mà đôi khi được bao gồm trong *Panicoideae*; 9) *Chloridoideae* bao gồm cỏ may (*Eragrostis*, ca. 350 loài, bao gồm teff), cỏ lông công (*Sporobolus*, 160 loài), cây kê (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.), và muhly grasses (*Muhlenbergia*, khoảng 175 loài); 10) *Panicoideae* bao gồm cỏ kê, cây ngô cây lúa miến, cây mía, hầu hết họ kê, fonio và cỏ thân xanh. 11) *Micrairoideae*; 12) *Danthoniodieae* bao gồm cỏ bông bạc; với Poa mà là một trong 500 loài cỏ, mọc trong tự nhiên trong các vùng khí hậu ôn hòa ở cả hai bán cầu.

Cây trồng trong nông nghiệp sinh trưởng từ hạt có thể ăn được của nó được gọi là cây ngũ cốc. Ba cây ngũ cốc phổ biến là cây lúa, cây lúa mì và cây ngô (ngô). Tổng sản lượng, 70% cây trồng trong nông nghiệp.

Cây mía là nguồn chính để sản xuất đường. Cây cối được sử dụng cho lĩnh vực xây dựng. Giàn giáo được làm từ tre có thể chịu được sức gió bão mà có thể làm hư hỏng giàn giáo làm bằng thép. Cây tre lớn và *Arundo donax* có giống rộng cứng mà có thể được sử dụng theo cách tương tự với gỗ, và rễ cỏ làm ổn định mái của mái nhà lợp bằng cỏ. *Arundo* được sử dụng để chế tạo cây sáo làm dụng cụ âm nhạc, và tre được sử dụng làm nhiều dụng cụ khác.

Do đó, sinh khối lignoxenluloza được ưu tiên được chọn từ nhóm bao gồm cây cỏ. Theo cách khác, sinh khối lignoxenluloza được ưu tiên được chọn từ nhóm bao gồm thực vật thuộc họ *Poaceae* hoặc *Gramineae*.

Nếu sinh khối chứa các polysacarit là lignoxenluloza, vật liệu này có thể được cắt thành các mảnh nhỏ, trong đó tốt hơn nếu 20% (trọng lượng/trọng lượng) của sinh khối nằm trong khoảng 26-70mm, trước khi tiến xử lý. Tốt hơn, nếu nguyên liệu trước khi được tiến xử lý có hàm lượng nguyên liệu khô lớn hơn 20% trước khi mang vào quy trình xử lý. Ngoài việc giải phóng các carbohydrat từ sinh khối, phương pháp tiến xử lý này còn thanh lọc và hòa tan một phần sinh khối đó và ở cùng thời điểm đó rửa kali clorua ra khỏi phân đoạn lignin.

Sinh khối sẽ chứa một số hợp chất mà có thể thủy phân được thành các hợp chất tan trong nước có thể thu được từ quy trình thủy phân sinh khối. Ví dụ, xenluloza có thể được thủy phân thành glucoza, xenluloza, và các polyme glucoza cao hơn và bao gồm các dime và các oligome. Xenluloza được thủy phân thành glucoza bằng enzym phân giải xenlulaza. Cách hiểu thông thường về hệ phân giải xenluloza phân chia các xenlulaza thành ba loại; exo-1,4- β -D-glucanaza hoặc xenlobiohydrolaza (CBH) (EC 3,2,1,91), mà tách các đơn vị xenluloza units ra khỏi các đầu của chuỗi xenluloza; endo-1,4- β -D-glucanaza (EG) (EC 3,2,1,4), mà thủy phân ngẫu nhiên các liên kết β -1,4- glucosidic nội trong chuỗi xenluloza đó; 1,4- β -D-glucosidaza (EC 3,2,1,21), mà thủy phân xenluloza thành glucoza và cũng tách các đơn vị glucoza ra khỏi các xenlooligosacarit. Do đó, nếu sinh khối chứa xenluloza, sau đó glucoza là các hợp chất hòa tan trong nước, được tạo ra do thủy phân, có thể thu được từ quy trình thủy phân sinh khối.

Bằng phương pháp phân tích tương tự, các các sản phẩm thủy phân của hemixenluloza là các hợp chất tan trong nước, thu được từ quy trình thủy phân sinh khối, dĩ nhiên rằng, sinh khối đó chứa hemixenluloza. Hemixenluloza bao gồm xylan, glucuronoxylan, arabinoxylan, glucomannan, và xyloglucan. Các đường khác trong hemixenluloza được giải phóng bởi hemixenlulaza đó. Hệ bán phân giải xenluloza là phức tạp hơn hệ phân giải xenluloza do tính chất khác loài của hemixenluloza. Các hệ này

có thể bao gồm các dạng khác trong số, endo-1,4- β -D-xylanaza (EC 3,2,1,8), mà thủy phân các liên kết nội trong chuỗi xylan; 1,4- β -D-xylosidaza (EC 3,2,1,37), mà tấn công các xylooligosacarit từ đầu không được khử hóa và giải phóng xyloza; endo-1,4- β -D-mananaza (EC 3,2,1,78), mà tách các liên kết nội; 1,4- β -D-mannosidaza (EC 3,2,1,25), mà tách mannooligosacarit thành manosa. Các nhóm phụ được tách bằng nhiều enzym; như α -D-galactosidaza (EC 3,2,1,22), α -L-arabinofuranosidaza (EC 3,2,1,55), α -D-glucuronidaza (EC 3,2,1,139), xanamoyl esteraza (EC 3,1,1,-), axetyl xylan esteraza (EC 3,1,1,6) và feruloyl esteraza (EC 3,1,1,73).

Đề cập đến Fig.1, bước thứ nhất trong quy trình là bước ngâm dòng nguyên liệu sinh khối 1 trong các chất như nước ở dạng bay hơi, hơi nước hoặc dạng lỏng hoặc dạng hỗn hợp lỏng và hơi, dòng được dán nhãn 2, để tạo ra sản phẩm 3. Sản phẩm 3 is sinh khối được ngâm chứa thành phần lỏng thứ nhất, với thành phần lỏng thứ nhất thường là nước ở dạng lỏng hoặc dạng bay hơi hoặc hỗn hợp.

Việc ngâm này có thể được tiến hành bằng kỹ thuật bất kỳ sao cho có để các chất tiếp xúc nước, mà có thể là hơi nước hoặc nước lỏng hoặc hỗn hợp của hơi nước và nước lỏng, hoặc, phổ biến hơn, tiếp xúc với nước ở nhiệt độ cao và áp suất cao. Nhiệt độ thường nằm trong các khoảng sau đây: từ 145 đến 165°C, 120 đến 210°C, 140 đến 210°C, 150 đến 200°C, 155 đến 185°C, 160 đến 180°C. Mặc dù thời gian có thể kéo dài, như đến nhưng không quá 24 giờ, hoặc ít hơn 16 giờ, hoặc ít hơn 12 giờ, hoặc ít hơn 9 giờ hoặc ít hơn 6 giờ; thời gian tiếp xúc tốt hơn là khá ngắn, nằm trong khoảng từ 1 phút đến 6 giờ, từ 1 phút đến 4 giờ, từ 1 phút đến 3 giờ, từ 1 phút đến 2,5 giờ, tốt hơn nữa là từ 5 phút đến 1,5 giờ, 5 phút đến 1 giờ, 15 phút đến 1 giờ.

Nếu hơi nước được sử dụng, tốt hơn là nước được bão hòa, nhưng cũng có thể được đun quá sôi. Bước ngâm có thể theo mẻ hoặc liên tục, có hoặc không có khuấy. Phương án khác được chỉ ra trong Fig.9, mà được ngâm ở nhiệt độ thấp trước khi ngâm ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ ngâm ở nhiệt độ thấp là nằm trong khoảng từ 25 đến 90°C. Mặc dù thời gian có thể lâu, như lâu đến nhưng ít hơn 24 giờ, hoặc ít hơn 16 giờ, hoặc ít hơn 12 giờ, hoặc ít hơn 9 giờ hoặc ít hơn 6 giờ; tốt hơn nếu thời gian ngâm là khá ngắn, nằm

trong khoảng từ 1 phút đến 6 giờ, từ 1 phút đến 4 giờ, từ 1 phút đến 3 giờ, từ 1 phút đến 2,5 giờ, tốt hơn nữa là từ 5 phút đến 1,5 giờ, từ 5 phút đến 1 giờ, từ 15 phút đến 1 giờ.

Quá trình ngâm ở nhiệt độ thấp được chỉ ra trong Fig.9 với 31 là nguyên liệu sinh khối, 32 là nước hoặc chất lỏng, 33 là sinh khối được ngâm ở nhiệt độ thấp. 34 là chất lỏng, và sẽ là dòng chất lỏng thứ tư mà được tách từ sinh khối được ngâm ở nhiệt độ thấp với 1 là nguyên liệu sinh khối sau khi ngâm ở nhiệt độ thấp.

Hoặc bước ngâm cũng có thể bao gồm việc thêm các hợp chất khác, ví dụ, H_2SO_4 , NH_3 , để đạt được hiệu quả cao hơn cho quá trình xử lý sau đó.

Sau đó, sản phẩm 3 bao gồm thành phần lỏng thứ nhất được chuyển qua bước tách, ở đó thành phần lỏng thứ nhất được tách ra khỏi sinh khối được ngâm. Phần lỏng sẽ không được tách hoàn toàn để ít nhất một phần thành phần lỏng được tách, tốt hơn nếu nhiều thành phần lỏng thì càng có lợi về mặt kinh tế. Phần lỏng thu được từ bước tách này được biết đến như là dòng thành phần lỏng thứ nhất chứa thành phần lỏng thứ nhất, được đánh dấu là 5 trong Fig.1. Thành phần lỏng thứ nhất sẽ là dịch lỏng được sử dụng trong bước ngâm, thường là nước và các chất có thể hòa tan nguyên liệu. Như được chỉ ra trong các Bảng từ 1 đến 16, các hợp chất tan trong nước là glucan, xylan, galactan, arabinan, lucoglygom, xylooligome, galactoligome và arabinoligome. Sinh khối rắn, được đánh số 4, được gọi là dòng thành phần rắn thứ nhất khi mà nó chứa hầu hết, nhưng không phải là tất cả, toàn bộ chất rắn.

Quy trình tách thành phần lỏng có thể được tiến hành lặp lại bằng các kỹ thuật đã biết và có thể một số trong chúng là chưa được sáng chế ra. Ví dụ được ưu tiên về thiết bị là thiết bị nén, khi nén sẽ sinh ra dịch lỏng dưới áp suất cao, sẽ được mô tả dưới đây.

Sau đó, dòng thành phần rắn thứ nhất 4 được làm bung hơi nước để tạo ra dòng được làm bung hơi nước 6. Quy trình làm bung hơi nước là kỹ thuật đã được biết trong lĩnh vực sinh khối và hệ thống bất kỳ có mặt hiện này và trong tương lai được cho là thích hợp để sử dụng cho bước này. Tính nghiêm ngặt của quy trình bung hơi nước được biết đến trong tài liệu khoa học dưới dạng Ro , và là hàm chức năng của thời gian và nhiệt độ và được biểu thị dưới dạng:

$$Ro = te^{[(T-100)/14,75]}$$

Với nhiệt độ T được biểu thị ở đơn vị Celsius và thời gian t được biểu thị ở các đơn vị thông thường.

Công thức này cũng được biểu thị dưới dạng $\text{Log}(Ro)$, có nghĩa là:

$$\text{Log}(Ro) = \text{Ln}(t) + [(T-100)/14,75].$$

Như được bộc lộ trong các điều kiện hoạt động dưới đây, quy trình này sẽ tạo ra chế phẩm rắn dưới Ro cao, và đó là mới với hàm lượng furfural thấp. Như được chỉ ra trong các dữ liệu, furfural không phải là hợp chất có trong sinh khối một cách tự nhiên. Furfural được tạo ra khi sinh khối ở trong điều kiện nhiệt độ cao.

Tốt hơn, nếu $\text{Log}(Ro)$ là nằm trong các khoảng từ 2,8 đến 5,3, 3 đến 5,3, 3 đến 5,0 và 3 đến 4,3.

Dòng được làm bung hơi nước tùy ý có thể được rửa ít nhất bằng nước và cũng như nước có sử dụng các phụ gia khác. Có thể công nhận rằng chất lỏng khác có thể được sử dụng trong tương lai, do đó nước không thể được cho là cần thiết một cách tuyệt đối. Với quan điểm này, nước là chất lỏng được ưu tiên và nếu nước được sử dụng, nó được xem là thành phần lỏng thứ ba. Dịch lỏng chảy ra từ bước rửa tùy ý là dòng thành phần lỏng thứ ba 8. Mặc dù được chỉ ra trong hình vẽ kèm theo trong bản mô tả này, bước rửa này không được coi là không thể thiếu và nó là tùy ý.

Dòng được làm bung hơi nước được rửa chứa sinh khối được làm bung được rửa, được đánh dấu 7. Sau đó, dòng làm bung đã rửa được xử lý để loại bỏ ít nhất một phần dịch lỏng trong vật liệu làm bung đã rửa. Bước tách này cũng là tùy ý. Giới hạn ít nhất một phần được loại bỏ, để lưu ý rằng việc tách chất lỏng nhiều nhất có thể là mong muốn (ép), có thể là việc tách 100% là có thể. Trong trường hợp bất kỳ, tách 100% nước là không mong muốn do nước là cần thiết cho phản ứng thủy phân sau đó. Quy trình được ưu tiên cho bước này là ép, nhưng các kỹ thuật đã biết khác và cả những kỹ thuật chưa được sáng chế ra cũng được cho là thích hợp. thành phần rắn được tách ra khỏi quy trình

này là trong dòng thành phần rắn thứ hai 10. Dòng 9 được chú ý và là dòng thành phần lỏng thứ hai.

Phương án trong Fig.7 chỉ ra quy trình mà không cần rửa tùy ý và tách thành phần lỏng ra khỏi vật liệu đã được làm bung hơi nước.

Sau đó, thành phần lỏng của dòng thành phần lỏng thứ nhất được kết hợp với thành phần rắn của dòng thành phần rắn thứ hai để tạo ra dòng 20.

Sản phẩm của quy trình này là không được chú ý đặc biệt, ở chỗ một hoặc dạng kết hợp bất kỳ của các phương án sau đây là đạt được:

A) nồng độ chất ức chế và các sản phẩm mong muốn cho các bước tiếp theo (ví dụ, thủy phân bằng enzym, lên men, tách sản phẩm cuối cùng) với các nguyên liệu khác nhau trong sinh khối là thấp hơn nhiều so với các quy trình khác;

B) hiệu suất hòa tan hemixenluloza tổng thể là cao hơn các quy trình khác;

C) sự phá cấu trúc sinh khối được tăng cường so với quy trình khác.

Các chế phẩm mới thu được từ quy trình này có thể đặc trưng dựa trên lượng C5, C6 và furfural của chúng. Để tránh hiệu ứng làm loãng, việc biểu thị tỷ lệ C5/C6 và furfural so với C5 cộng C6, với furfural có mặt trong đó là đủ để đặc trưng cho các chế phẩm mới.

Tổng C5 trong chế phẩm là tổng của arabinan và xylan trong chế phẩm mà bao gồm monome, dime, oligome và polyme của arabinoza và xyloza trong thành phần lỏng và rắn của hỗn hợp này. Tổng C6 trong chế phẩm là hàm lượng glucan mà bao gồm monome, dime, oligome và polyme trong thành phần lỏng và rắn.

Như được biết trong các tài liệu khoa học, sinh khối được làm bung hơi nước thường có tỷ lệ furfural so với [C5 cộng với C6] x 10000 ít nhất là 50, với tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 0,55. như được chỉ ra trong dòng thực nghiệm từ các Bảng 13 và 14, quy trình được mô tả ở đây có thể sản xuất ra sản phẩm được làm bung hơi nước có hàm lượng furfural lớn hơn 0, nó luôn luôn có mặt, nhưng có với tỷ lệ của furfural so với (C5 cộng với C6) x 10000 là nhỏ hơn 60. Do đó, chế phẩm có tỷ lệ của C5 so với C6 nằm

trong khoảng từ 0,45 đến 0,54, và với tỷ lệ của furfural so với $[C5 \text{ cộng với } C6] \times 10000$ nằm giữa 0 và 60, hoặc tốt hơn nữa là 0 và 50, hoặc tốt hơn nữa là 0 và 30 là được dự tính. Cũng lưu ý rằng trong các Bảng 13 và 14, dấu hiệu mới khác mà là sản phẩm là có lượng C5 thấp mà cũng làm giảm hàm lượng furfural.

Như được chỉ ra trong các Bảng 13 và 14, các chế phẩm thu được từ quy trình bung hơi nước có thể được đặc trưng là luôn luôn có furfural và có tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,45 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ hấp hơn 40, hoặc tốt hơn nữa là, tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,45 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 15, hoặc tốt hơn nữa là tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,45 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 10; hoặc tốt hơn nữa là tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,40 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 40, hoặc thậm chí tốt hơn nữa là tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,40 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 9, tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,35 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 10, hoặc thậm chí tốt hơn nữa là, tỷ lệ của C5 so với C6 thấp hơn 0,30 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 7.

Cũng được chỉ ra trong Bảng 13 và 14, chế phẩm thu được từ dòng thành phần lỏng cũng là duy nhất và có thể được mô tả là luôn luôn có furfural và có tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 4,0 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 80, hoặc tốt hơn nữa là tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 4,0 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 60, hoặc thậm chí tốt hơn nữa là tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 4,0 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 30, hoặc khoảng rộng hơn của tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 3,0 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 160.

Cũng được dự định là chế phẩm của dòng thành phần lỏng luôn có furfural và có tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 1,0 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 800, hoặc tốt hơn nữa là tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 1,0 và với tỷ lệ của furfural so với $C5 \text{ cộng với } C6 \times 10000$ thấp hơn 700, hoặc thậm chí tốt hơn nữa là tỷ lệ

của C5 so với C6 lớn hơn 1,0 và với tỷ lệ của furfural so với C5 cộng với C6 x 10000 thấp hơn 400, hoặc narrower broad range of tỷ lệ của C5 so với C6 lớn hơn 1,0 và với tỷ lệ của furfural so với C5 cộng với C6 x 10000 thấp hơn 300.

Bước tiếp theo của quy trình, Fig.2, là tinh chế dòng thành phần lỏng thứ nhất để tách thậm chí nhiều chất ức chế như axit axetic, axit formic, axit levulinic, furfural, 5-HMF, các hợp chất phenolic và, phổ biến hơn, sản phẩm không mong muốn bất kỳ mà có thể được tạo ra trong các bước trước đó. Một số trong các hợp chất này có thể được loại bỏ bằng cách làm bay hơi, mà phương pháp ưu tiên để tận dụng được nhiệt độ và áp suất của dòng sau khi ép.

Ví dụ, dòng thành phần lỏng thứ nhất (nhiệt độ: 185°C, pha lỏng bão hòa) được làm bay hơi sử dụng điều kiện thông thường ở áp suất khí quyển. Đối với 100 gam dòng nguyên liệu, có 0,1 gam furfural, 2 gam axit axetic, 0,1 gam axit formic và 82 gam được làm bay hơi, 0,045 gam furfural, 0,024 gam axit axetic, 0,06 gam axit formic và 14,7 gam nước được tách loại. Điều này có nghĩa là 45% furfural, 12% axit axetic, 6% axit formic và 17% nước được tách loại mà không cần chi phí vận hành bổ sung và không làm thất thoát đường.

Lợi ích khác của bước làm bay hơi là ở chỗ đường trong dòng được tinh chế 11 được cô đặc.

Trong quy trình làm bay hơi này, tốt hơn nếu áp suất từ quy trình ép trong bước tách được bảo tồn cho đến khi nguyên liệu được chuyển đến bồn làm bay hơi và phân hóa hơi được tách loại. Quá trình tinh chế dòng thành phần lỏng thứ nhất có thể được lặp lại bằng các kỹ thuật đã biết khác bất kỳ (ví dụ, tách bằng hơi nước) và có thể một số chúng chưa được sáng chế ra. Nguyên liệu được tinh chế này có thể được tạo ra trong dòng nguyên liệu được tinh chế thứ nhất 11 và sau đó được kết hợp với dòng thành phần rắn thứ hai 10.

Thậm chí, bước tinh chế tiếp có thể được mô tả trong Fig.3, mà tinh chế dòng rửa tùy ý, dòng thành phần lỏng thứ ba 8, thành dòng thành phần lỏng thứ hai được tinh chế 12, và sau đó kết hợp nó với dòng thành phần rắn thứ hai 10. Do bản chất của quá trình

hóa hơi, việc tách bằng hơi nước sử dụng các phương pháp thông thường hoặc không thông thường được cho là hướng tiếp cận được ưu tiên, thậm chí nếu phương pháp khác hoặc kỹ thuật đã biết và có thể một số trong chúng chưa được sáng chế ra có thể được sử dụng.

Nếu có thể, trên cơ sở hỗn hợp của nó, tốt hơn nếu hơi nước đến từ quy trình bung hơi nước được sử dụng để tiến hành tách bằng hơi nước.

Tương tự, đề cập đến Fig.3, có thể tinh chế dòng thành phần lỏng thứ hai 9, để tạo ra thành phần lỏng thứ hai được tinh chế trong dòng thành phần lỏng thứ hai được tinh chế 13 và kết hợp nó với chất liệu trong dòng thành phần rắn thứ hai 10. Mặt khác, được cho là đã được biết đến, phương pháp tách bằng hơi nước được xem giải pháp được ưu tiên.

Vì phương pháp tách bằng hơi nước là phổ biến, được cho rằng phương án ưu tiên của quy trình tách bằng hơi nước tách dòng thành phần lỏng thứ hai và thứ ba trong cùng một bộ phận. Cũng được cho rằng phương pháp tách bằng hơi nước cũng được ưu tiên cho dòng thành phần lỏng thứ nhất được tinh chế, thường là sau khi làm bay hơi. Do đó, phương án khác được thể hiện tổng Fig.4, trong đó các dòng thành phần lỏng được tinh chế trong cùng một bộ phận, tốt hơn nếu phương pháp tách bằng hơi nước để tạo ra dòng được tinh chế 14 mà sau đó được kết hợp với dòng thành phần rắn thứ hai 10.

Nếu có thể, trên cơ sở thành phần của nó, hơi nước đến từ quy trình bung hơi nước có thể được sử dụng để tiến hành phương pháp tách bằng hơi nước.

Ví dụ, trong quy trình như được thể hiện trong Fig.2, trong đó bước tinh chế bao gồm bước làm bay hơi trong khí quyển của dòng thành phần lỏng thứ nhất 5 và bước tách bằng hơi nước sau đó của thành phần lỏng thu được, được tiến hành sử dụng toàn bộ hơi nước được tạo ra bằng quy trình bung hơi nước, thu được 30% nước, 80% axit axetic, 85% furfural và 65% axit formic chứa trong dòng thành phần lỏng thứ nhất 5 được tách loại.

Bước tinh chế tiếp theo nên cần thiết phụ thuộc vào nguyên liệu và loại sinh khối, dòng được tinh chế 14, có thể được tinh chế hơn nữa bằng quy trình nêu trong Fig.5, như than hoạt tính, cacbon hoạt hóa, rây phân tử hoặc màng để tạo ra dòng 15.

Vì dòng được tinh chế được mong đợi là có hàm lượng nước lớn, được mong muốn cô các chất phản ứng thủy phân và tách loại nước, do đó bước cô được cho là hữu ích đối với phương án được ưu tiên, Fig.6. Bước cô nước có thể là kỹ thuật bất kỳ như đun sôi, kết tinh, và phương pháp tương tự. Trong khi cô, có một số chất ức chế bay hơi được tách. Sau khi cô, dòng 16 được kết hợp với chất liệu trong dòng 10.

Như được chỉ ra trong dữ liệu dưới đây, các bước khác nhau của quy trình này được làm tăng cường hiệu quả của phản ứng thủy phân.

Thảo luận

Ưu điểm của quy trình tiền xử lý có thể được chỉ ra bằng cách so sánh các kết quả được thể hiện trong các ví dụ thực hiện sáng chế 5-6 so với các ví dụ đối chứng 1, 2, 3, và 4.

Lượng chất ức chế sinh ra từ phân đoạn xylan trong quy trình tiền xử lý là thấp hơn đáng kể so với lượng được sinh ra trong quy trình bung hơi nước liên tục.

Chỉ sử dụng Arundo 1,3% xylan có mặt trong nguyên liệu thô được thoái biến bởi các chất ức chế (Ví dụ 5) bằng quy trình tiền xử lý, trong khi đó trong quy trình bung hơi nước 19,3 % (Ví dụ 1) và 63,8 % (Ví dụ 2) được sử dụng để thoái biến các hợp chất ức chế.

Hiện tượng tương tự được quan sát thấy khi thoái hóa glucan sử dụng Arundo. Chỉ 0,1 % glucan có mặt trong nguyên liệu thô được thoái biến thành chất ức chế (Ví dụ 5) bằng quy trình tiền xử lý, trong khi đó trong quy trình bung hơi nước 1,9 % (Ví dụ 1) và 4,5 % (Ví dụ 2) được thoái biến thành chất ức chế.

Chỉ sử dụng cây lúa miến, 0,97 % xylan có mặt trong nguyên liệu thô được thoái biến thành chất ức chế (Ví dụ 6) bằng quy trình tiền xử lý, trong khi đó trong quy trình bung hơi nước 61,7 % (Ví dụ 3) và 94,9 % (Ví dụ 4) được thoái biến thành chất ức chế.

Hiện tượng tương tự cũng được quan sát khi thoái biến glucan sử dụng Arundo. Chỉ 0,1 % glucan có mặt trong nguyên liệu thô được thoái biến thành chất ức chế (Ví dụ 6) bằng quy trình tiền xử lý, trong khi đó trong quy trình bung hơi nước 8,0 % (Ví dụ 3) và 9,5 % (Ví dụ 4) được thoái biến thành chất ức chế.

Hiệu suất tổng của quy trình hòa tan đường lên men (tổng xylan và glucan được hòa tan) là ưu điểm của quy trình tiền xử lý.

Hiệu suất tổng của đường lên men (tổng xylan và glucan được hòa tan) 91,2 % thu được ở cây lúa miến sau khi thủy phân bằng enzym bằng quy trình tiền xử lý (Ví dụ 5) là cao hơn đáng kể so với trị số thu được bằng quy trình bung hơi nước cổ truyền (65,9 % trong ví dụ 1, và 69,0% trong ví dụ 2).

Hiệu suất tổng của đường lên men (tổng xylan và glucan được hòa tan) 91,3 % thu được bằng Arundo sau khi thủy phân bằng enzym bằng quy trình tiền xử lý (Ví dụ 6) là cao hơn đáng kể so với trị số thu được bằng quy trình bung hơi nước truyền thống (56,0 % trong ví dụ 3, và 50,6% trong ví dụ 4)

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tóm tắt thử nghiệm

Arundo và cây lúa miến được trải qua quy trình tiền xử lý khác nhau. Quy trình bung hơi nước liên tục truyền thống được so sánh với quy trình tiền xử lý bao gồm quy trình ngâm và quy trình bung hơi nước cuối cùng.

Trong quy trình tiền xử lý, phân đoạn thành phần lỏng sinh ra từ quy trình ngâm được tuần hoàn dưới dạng dòng duy nhất.

Trong quy trình ngâm, sự hòa tan xảy ra solubilisation xảy ra ở phần lớn phân đoạn hemi xenluloza. Lượng thấp chất ức chế được tạo ra trong quy trình này là do điều kiện hoạt động êm dịu.

Sau đó nguyên liệu được ngâm được trải qua quy trình ép để tách phân đoạn lỏng (khoảng 62%).

Sau đó phân đoạn rắn được trải qua quy trình xử lý bung hơi nước mà trong đó xảy ra quá trình hòa tan hemixenluloza còn lại và phá hủy cấu trúc của phân đoạn xenluloza.

Phân đoạn lỏng được tạo ra trong quy trình ngâm được trải qua quy trình tinh chế và sau đó được tuần hoàn tới nguyên liệu đã được bung hơi nước.

Quy trình tiền xử lý dẫn tới lượng chất ức chế giảm trong công đoạn tiền xử lý tách dòng với sự thất thoát thấp hợp lý của đường lên men khi so sánh với quy trình tiền xử lý bung hơi nước truyền thống, và làm tăng khả năng tiếp cận enzym của nguyên liệu đã được tiền xử lý.

Nguyên liệu đã được tiền xử lý từ quy trình bung hơi nước truyền thống và quy trình tiền xử lý được trải qua bước thủy phân bằng enzym để đánh giá khả năng tiếp cận enzym.

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên thô đầu vào của quy trình tiền xử lý, có xem xét đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym dựa trên glucan và xylan.

Ví dụ 1

Arundo có các thành phần sau đây: 37,5 % glucan, 19,3% xylan, 5,8 % nhóm axetyl, 22,6 % Klason lignin, 6,3% tro, 8,5 % dịch chiết.

Arundo được trải qua quy trình bung hơi nước liên tục (thiết bị phản ứng Stake Tech) ở 200°C trong 6 phút. Quy trình tiền xử lý này dẫn đến hoà tan 70,6% xylan và 8,6% glucan. 19,3 % xylan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (furfural và sản phẩm thoái biến khác), và 1,9 % glucan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (HMF và axit formic)

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể được tóm tắt thành dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đậm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng

7,5 %. Dung dịch chất xúc tác được tính toán để có sự hoạt hóa 60 FPU/g glucan và 109 FXU/g xylan đối với Arundo đã được tiền xử lý.

Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym được chỉ ra trong Bảng 1

Bảng 1. Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym

	Dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym (g)
	Arundo
Tổng	1000,0
Nước	925,0
Chất rắn tổng	75,0
Chất rắn không hòa tan	55,2
Glucan	25,7
Xylan	4,2
Nhóm axetyl	3,0
Lignin	18,9
Tro	3,3
Dịch chiết	0,0
Chất rắn hòa tan	19,8
Dịch chiết	6,43
Glucan	0,26
Xylan	0,75
Nhóm axetyl	2,96
Axit axetic	2,17
5-HMF	0,11
Furfural	0,22
Axit formic	0,00
Lucoglycome dưới dạng glucan	1,65
Xyloolygome dưới dạng xylan	6,74

Sau khi thủy phân bằng enzym, phân đoạn lỏng và rắn của quy trình được phân tích để xác định hiệu suất hòa tan của glucan và xylan. Trong quy trình thủy phân bằng enzym, hiệu suất hòa tan glucan là 71%, trong khi đó hiệu suất hòa tan xylan là 84%.

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên liệu đầu vào quy trình tiền xử lý, có tính đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất phản ứng thủy phân bằng enzym trên glucan và xylan.

Hiệu suất quy trình hòa tan 69,3% là được tính đối với glucan, trong khi đó hiệu suất hòa tan 59,3 % là được tính đối với xylan. Hiệu suất hòa tan tổng 65,9 %, đề cập đến tổng glucan và xylan có mặt trong nguyên liệu thô, là được tính trong quy trình này. Hiệu suất tổng đối với Arundo được chỉ ra trong Bảng 2

Bảng 2. Quy trình thủy phân bằng enzym và hiệu suất của glucan và xylan

Arundo	
	Quy trình bung hơi nước (200°C, 6 phút)
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym glucan (%)	71
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym xylan (%)	84
Hiệu suất xử lý glucan (%)	69,3
Hiệu suất xử lý xylan (%)	59,3
FPU/g _{xenluloza}	60
FPU/g _{xylan}	220

Ví dụ 2

Arundo có các thành phần sau đây: 37,5 % glucan, 19,3% xylan, 5,8 % nhóm axetyl, 22,6 % Klason lignin 6,3% tro, 8,5 % dịch chiết.

Arundo được trải qua quy trình bung hơi nước liên tục (thiết bị phản ứng Stake Tech) ở 215°C trong 6 phút. Quy trình tiền xử lý này dẫn tới hòa tan 90,8% xylan và 7,1% glucan. 63,8 % xylan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (furfural và sản phẩm thoái biến khác), và 4,5 % glucan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (HMF và axit formic).

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể bao gồm dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không hòa tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đậm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng 7,5 %. Dung dịch chất xúc tác được tính để có độ hoạt hóa là 60 FPU/g glucan và 248 FXU/g xylan đối với Arundo đã được tiền xử lý.

Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym được chỉ ra trong Bảng 3

Bảng 3. Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym

	Dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym (g)
	Arundo
Tổng	1000,0
Nước	925,0
Chất rắn tổng	75,0
Chất rắn không hòa tan	53,0
Glucan	26,1
Xylan	1,3
Nhóm axetyl	1,8
Lignin	20,2
Tro	3,6
Dịch chiết	0,0
Chất rắn hòa tan	22,0
Dịch chiết	6,4
Glucan	0,3
Xylan	0,8
Nhóm axetyl	1,6
Axit axetic	3,6
5-HMF	0,0
Furfural	0,3
Axit formic	0,1
Lucoglycome dưới dạng glucan	0,5
Xylooligome dưới dạng xylan	3,6

Sau khi thủy phân bằng enzym, phân đoạn lỏng và rắn của quy trình được phân tích để xác định hiệu suất hòa tan của glucan và xylan. Trong quy trình thủy phân bằng enzym, hiệu suất hòa tan glucan là 82%, trong khi đó hiệu suất hòa tan xylan là 99%.

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên liệu thô đầu vào quy trình tiền xử lý, có tính đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym trên glucan và xylan.

Hiệu suất hòa tan 87,8% là được tính đối với glucan, trong khi đó hiệu suất hòa tan 35 % là được tính đối với xylan. Hiệu suất hòa tan tổng 69,0 %, đề cập đến tổng glucan và xylan có mặt trong nguyên liệu thô, là được tính trong quy trình này.

Hiệu suất tổng đối với Arundo được chỉ ra trong Bảng 4.

Bảng 4. Quy trình thủy phân bằng enzym và hiệu suất của glucan và xylan

Arundo	
	Quy trình bung hơi nước (215°C, 6 phút)
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym glucan (%)	92
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym xylan (%)	99
Hiệu suất xử lý glucan (%)	87,8
Hiệu suất xử lý xylan (%)	35,0
FPU/g _{xenluloza}	60
FPU/g _{xylan}	220

Ví dụ 3

Sợi cây lúa miến có các thành phần sau đây: 35,8 % glucan, 20,0% xylan, 5,61 % nhóm axetyl, 17,3 % Klason lignin 6,4% tro, 14,8 % dịch chiết.

Cây lúa miến băng nhỏ được trải qua quy trình bung hơi nước liên tục (thiết bị phản ứng Stake Tech) ở 200°C trong 6 phút. Quy trình xử lý này dẫn đến hòa tan 86,6% xylan và 25,5% glucan. 61,7 % xylan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (furfural và sản phẩm thoái biến khác), và 8,0 % glucan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (HMF và axit formic)

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể bao gồm dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không hòa tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đậm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng 7,5 %. Dung dịch chất xúc tác được tính để có độ hoạt hóa là 60 FPU/g glucan và 220 FXU/g xylan đối với cây lúa miến được xử lý.

Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym được chỉ ra trong Bảng 5.

Bảng 5. Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym

	Dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym (g)
	Cây lúa miễn
Tổng	1000,0
Nước	925,0
Chất rắn tổng	75,0
Chất rắn không hòa tan	42
Glucan	20,0
Xylan	2,0
Nhóm axetyl	0,5
Lignin	17,1
Tro	2,4
Dịch chiết	0,0
Chất rắn hòa tan	33,0
Dịch chiết	11,1
Glucan	0,1
Xylan	0,5
Nhóm axetyl	0,2
Axit axetic	1,8
5-HMF	0,1
Furfural	0,2
Axit formic	0,6
Lucoglycome dưới dạng glucan	4,6
Xylooligome dưới dạng xylan	3,2

Sau khi thủy phân bằng enzym, phân đoạn lỏng và rắn của quy trình được phân tích để xác định hiệu suất hòa tan của glucan và xylan. Trong quy trình thủy phân bằng enzym hiệu suất hòa tan glucan là 77%, trong khi đó hiệu suất hòa tan xylan là 85%.

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên liệu thô (Bảng 1) đầu vào của quy trình xử lý, có tính đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym trên glucan và xylan.

Hiệu suất hòa tan 70,8% là được tính đối với glucan, trong khi đó hiệu suất hòa tan 32,1 % là được tính đối với xylan. Hiệu suất hòa tan tổng 56,0 %, đề cập đến tổng glucan và xylan có mặt trong nguyên liệu thô, là được tính trong quy trình này.

Hiệu suất tổng đối với cây lúa miến được chỉ ra trong Bảng 6.

Bảng 6. Quy trình thủy phân bằng enzym và hiệu suất của glucan và xylan

	Cây lúa miến
	Quy trình bung hơi nước (200°C, 6 phút)
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym glucan (%)	77
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym xylan (%)	85
Hiệu suất xử lý glucan (%)	70,8
Hiệu suất xử lý xylan (%)	32,1
FPU/g _{xenluloza}	60
FPU/g _{xylan}	220

Ví dụ 4

Sợi cây lúa miến có các thành phần sau đây: 35,8 % glucan, 20,0% xylan, 5,61 % nhóm axetyl, 17,3 % Klason lignin 6,4% tro, 14,8 % dịch chiết.

Cây lúa miến băng nhỏ được trải qua quy trình bung hơi nước liên tục (thiết bị phản ứng Stake Tech) at 207°C for 6 phút. Quy trình xử lý này dẫn đến hòa tan 94,9% xylan và 23,4% glucan. 86,3 % xylan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (furfural và sản phẩm thoái biến khác), và 9,5 % glucan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (HMF và axit formic).

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể bao gồm dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không hòa tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đậm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng 7,5 %. Dung

dịch chất xúc tác được tính để có độ hoạt hóa là 60 FPU/g glucan và 248 FXU/g xylan đối với cây lúa miến đã được tiền xử lý.

Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym được chỉ ra trong Bảng 7.

Bảng 7. Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym

	Dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym (g)
	Cây lúa miến
Tổng	1000,0
Nước	925,0
Chất rắn tổng	75,0
Chất rắn không hòa tan	42
Glucan	26,1
Xylan	1,3
Nhóm axetyl	1,8
Lignin	20,2
Ash	3,6
Dịch chiết	0,0
Chất rắn hòa tan	33,0
Dịch chiết	6,4
Glucan	0,3
Xylan	0,8
Nhóm axetyl	1,6
Axit axetic	3,6
5-HMF	0,0
Furfural	0,3
Axit formic	0,1
Lucoglycome dưới dạng glucan	0,5
Xylooligome dưới dạng xylan	3,6

Sau khi thủy phân bằng enzym, phân đoạn lỏng và rắn của quy trình được phân tích để xác định hiệu suất hòa tan của glucan và xylan. Trong quy trình thủy phân bằng enzym hiệu suất hòa tan glucan là 79%, trong khi đó hiệu suất hòa tan xylan là 99%.

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên liệu thô đầu vào của quy trình xử lý, có tính đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym trên glucan và xylan.

Hiệu suất hòa tan 71,5% là được tính đối với glucan, trong khi đó hiệu suất hòa tan 13,4 % là được tính đối với xylan. Hiệu suất hòa tan tổng 50,60 %, đề cập đến tổng glucan và xylan có mặt trong nguyên liệu thô, là được tính trong quy trình này.

Hiệu suất tổng đối với cây lúa miến được chỉ ra trong Bảng 8.

Bảng 8. Quy trình thủy phân bằng enzym và hiệu suất của glucan và xylan

	Cây lúa miến
	Quy trình bung hơi nước (207°C, 6 phút)
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym glucan (%)	79
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym xylan (%)	99
Hiệu suất xử lý glucan (%)	71,5
Hiệu suất xử lý xylan (%)	13,4
FPU/ $g_{\text{xenluloza}}$	60
FPU/ g_{xylan}	248

Ví dụ 5

Arundo có các thành phần sau đây: 37,5 % glucan, 19,3% xylan, 5,8 % nhóm axetyl, 22,6 % Klason lignin 6,3% tro, 8,5 % dịch chiết.

Arundo được ngâm trong bể trong 100 phút ở 160°C, ở đó đầu tiên xảy ra quá trình hòa tan nguyên liệu thô. Pha rắn và pha lỏng được tạo ra trong quy trình này. Pha rắn được trải qua quy trình tiền xử lý bung hơi nước trong bể ở 200°C trong 8 phút. Sau đó, pha lỏng tạo ra trong quy trình ngâm được tuần hoàn trở lại nguyên liệu đã được bung hơi nước.

Quy trình xử lý này dẫn đến hòa tan 81,2% xylan và 3,7% glucan. 1,3 % xylan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (furfural và sản phẩm thoái biến khác), và 0,1 % glucan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (HMF và axit formic).

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể bao gồm dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không hòa tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đệm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng 7,5 %. Dung dịch chất xúc tác được tính để có độ hoạt hóa là 34 FPU/g glucan và 68 FXU/g xylan for Arundo đã được tiền xử lý.

Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym được báo cáo trong Bảng 9.

Bảng 9. Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym

	Dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym (g)
	Arundo
Tổng	1000,0
Nước	925,0
Chất rắn tổng	75,0
Chất rắn không hòa tan	42,7
Glucan	26,7
Xylan	2,5
Galactan	0,4
Arabinan	0,2
Nhóm axetyl	0,8
Lignin	10,8
Tro	1,2
Dịch chiết	0,0
Chất rắn hòa tan	32,3
Glucan	0,1
Xylan	1,2
Galactan	0,1
Arabinan	0,3
Axit axetic	1,0
HMF	0,0
Furfural	0,1
Lucoglycome dưới dạng glucan	0,9

Xylooligome dưới dạng xylan	9,4
Galactoligome dưới dạng galactan	0,1
Arabinoligome dưới dạng arabinan	0,3
Nhóm axetyl	1,2
Dịch chiết	6,4

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên liệu thô (Bảng 1) đầu vào của quy trình xử lý, có tính đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym trên glucan và xylan.

Hiệu suất hòa tan 87,4% là được tính đối với glucan, trong khi đó hiệu suất hòa tan 97,5 % là được tính đối với xylan. Hiệu suất hòa tan tổng 91,2 %, đề cập đến tổng glucan và xylan có mặt trong nguyên liệu thô, là được tính trong quy trình này.

Hiệu suất tổng đối với Arundo được chỉ ra trong Bảng 10.

Bảng 10. Quy trình thủy phân bằng enzym và hiệu suất của glucan và xylan

	Arundo
	Ngâm (160°C, 100 phút) + Bung hơi nước (200°C, 8 phút)
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym glucan (%)	87,6
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym xylan (%)	98,8
Hiệu suất xử lý glucan (%)	87,4
Hiệu suất xử lý xylan (%)	97,5
FPU/g _{xenuloza}	34
FPU/g _{xylan}	68

Ví dụ 6

Sợi cây lúa miến có các thành phần sau đây: 35,8 % glucan, 20,0% xylan, 5,61 % nhóm axetyl, 17,3 % Klason lignin, 6,4% tro, 14,8 % dịch chiết

Sợi cây lúa miến được trải qua quy trình ngâm trong bể trong 25 phút ở 180°C, trong đó đầu tiên xảy ra sự hòa tan nguyên liệu thô. Pha rắn và pha lỏng được tạo ra trong

quy trình này. Pha rắn được trải qua quy trình tiền xử lý bung hơi nước trong bể ở 200°C trong 8 phút. Pha lỏng tạo ra trong quy trình ngâm được tuần hoàn trở lại nguyên liệu đã được bung hơi nước.

Quy trình xử lý này dẫn đến hòa tan 63,6% xylan và 6,3% glucan. 0,97 % xylan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (furfural và sản phẩm thoái biến khác), và 0,1 % glucan được thoái biến thành các hợp chất ức chế (HMF và axit formic).

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể bao gồm dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không hòa tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đậm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng 7,5 %. Dung dịch chất xúc tác được tính để có độ hoạt hóa là 34 FPU/g glucan và 59 FXU/g xylan đối với cây lúa miến đã được tiền xử lý.

Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym được báo cáo trong Bảng 11.

Bảng 11. Thành phần của dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym

	Dòng đầu vào quy trình thủy phân bằng enzym (g)
	Cây lúa miến
Tổng	1000,0
Nước	925,0
Chất rắn tổng	75,0
Chất rắn không hòa tan	42,4
Glucan	25,0
Xylan	5,9
Galactan	0,0
Arabinan	0,4
Nhóm axetyl	1,1
Lignin	8,9
Tro	1,1
Dịch chiết	0,0
Chất rắn hòa tan	32,6
Glucan	0,1
Xylan	0,3
Galactan	0,0

Arabinan	0,4
Axit axetic	0,9
HMF	0,0
Furfural	0,1
Lucoglycome dưới dạng glucan	1,3
Xylooligome dưới dạng xylan	7,1
Galactoligome dưới dạng galactan	0,3
Arabinoligome dưới dạng arabinan	0,5
Nhóm axetyl	0,8
Dịch chiết	11,1

Hiệu suất tổng của quy trình được tính xuất phát từ thành phần của nguyên liệu thô (Bảng 1) đầu vào của quy trình xử lý, có tính đến sự cân bằng nguyên liệu của quy trình và hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym trên glucan và xylan.

Hiệu suất hòa tan 87,8% là được tính đối với glucan, trong khi đó hiệu suất hòa tan 97,8 % là được tính đối với xylan. Hiệu suất hòa tan tổng 91,3 %, đề cập đến tổng glucan và xylan có mặt trong nguyên liệu thô, là được tính trong quy trình này.

Hiệu suất tổng đối với cây lúa miến được chỉ ra trong Bảng 12.

Bảng 12. Quy trình thủy phân bằng enzym và hiệu suất của glucan và xylan

	Cây lúa miến
	Ngâm (180°C, 25 phút) + Làm bung hơi nước (200°C, 8 phút)
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym glucan (%)	87,9
Hiệu suất quy trình thủy phân bằng enzym xylan (%)	98,9
Hiệu suất xử lý glucan (%)	87,8
Hiệu suất xử lý xylan (%)	97,8
FPU/g _{xenluloza}	34
FPU/g _{xylan}	59

Bảng 13 và 14 mô tả phép phân tích dòng của nguyên liệu cấp khi chúng được tiến hành qua nhiều bước khác nhau của quy trình được mô tả trong Fig.1, dưới điều kiện được mô tả trong các bảng sử dụng thiết bị trong bản mô tả này.

Bảng 13: Cây lúa miễn

	Đối chứng	Thử nghiệm 1	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3	Thử nghiệm 4	Thử nghiệm 5
	Cây lúa miễn	Cây lúa miễn	Cây lúa miễn	Cây lúa miễn	Cây lúa miễn	Cây lúa miễn
Nguyên liệu						
Ngâm (4 từ Fig.1)						
Thời gian (phút)	-	60	100	15	25	25
Nhiệt độ (°C)	-	160	160	180	180	180
Log(R ₀)	-	3,545	3,767	3,532	3,753	3,753
C5 (% trọng lượng chất khô)	20,0%	20,2%	17,4%	17,6%	17,5%	18,3%
C6 (% trọng lượng chất khô)	35,2%	44,9%	52,0%	43,3%	50,6%	47,5%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,000%	0,007%	0,005%	0,033%	0,058%	0,021%
Tỷ lệ C5/C6	0,570	0,450	0,335	0,407	0,346	0,385
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	0,000	1,092	0,698	5,401	8,487	3,190
Quy trình bung hơi nước (6 từ Fig.1)						
Thời gian (phút)		8	12	8	8	8
Nhiệt độ (°C)		200	200	200	200	200
Log(R ₀)		3,847	4,024	3,847	3,847	3,847
C5 (% trọng lượng chất khô)		19,9%	16,7%	17,4%	17,2%	18,3%
C6 (% trọng lượng chất khô)		44,8%	52,0%	43,3%	50,6%	47,5%
Furfural (% trọng lượng chất khô)		0,087%	0,060%	0,086%	0,047%	0,256%
Tỷ lệ C5/C6		0,444	0,321	0,402	0,340	0,386
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴		13,466	8,741	14,119	6,990	38,852
Dòng thành phần lỏng (5 từ Fig.1)						
C5 (% trọng lượng chất khô)		18,0%	24,1%	26,6%	23,2%	20,7%
C6 (% trọng lượng chất khô)		4,95%	3,56%	6,97%	4,22%	5,72%
Furfural (% trọng lượng chất khô)		0,069%	0,435%	0,326%	0,365%	0,378%
Tỷ lệ C5/C6		3,638	6,749	3,825	5,501	3,623
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴		30,091	157,376	97,113	132,866	142,787
Quy trình tổng (20 từ Fig.1)						
C5 (% trọng lượng chất khô)		19,5%	19,4%	19,5%	19,4%	19,3%
C6 (% trọng lượng chất khô)		35,2%	35,2%	35,2%	35,2%	35,1%
Furfural (% trọng lượng chất khô)		0,083%	0,190%	0,140%	0,153%	0,292%
Tỷ lệ C5/C6		0,553	0,552	0,554	0,552	0,548
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴		15,164	34,860	25,584	28,035	53,632

Bảng 14: Arundo

	Đối chứng	Thử nghiệm 1	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3	Thử nghiệm 4	Thử nghiệm 5
Nguyên liệu	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo
Ngâm (4 từ Fig.1)						
Thời gian (phút)	-	100	100	60	25	15
Nhiệt độ (°C)	-	160	160	160	180	180
Log(R ₀)	-	3,767	3,767	3,545	3,753	3,532
C5 (% trọng lượng chất khô)	19,3%	18,4%	18,4%	19,0%	15,5%	16,1%
C6 (% trọng lượng chất khô)	37,0%	47,3%	47,3%	45,0%	51,7%	49,3%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,000%	0,015%	0,015%	0,005%	0,015%	0,014%
Tỷ lệ C5/C6	0,521	0,390	0,390	0,421	0,300	0,326
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	0,000	2,324	2,324	0,807	2,221	2,140
Quy trình bung hơi nước (6 từ Fig.1)						
Thời gian (phút)		8	12	8	8	8
Nhiệt độ (°C)		200	200	200	200	200
Log(R ₀)		3,847	4,024	3,847	3,847	3,847
C5 (% trọng lượng chất khô)		18,0%	17,9%	18,8%	15,4%	15,9%
C6 (% trọng lượng chất khô)		47,2%	47,2%	45,0%	51,7%	49,3%
Furfural (% trọng lượng chất khô)		0,182%	0,173%	0,056%	0,045%	0,027%
Tỷ lệ C5/C6		0,380	0,379	0,417	0,298	0,323
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴		27,980	26,625	8,855	6,751	4,145
Dòng thành phần lỏng (5 từ Fig.1)						
C5 (% trọng lượng chất khô)		20,5%	20,5%	18,9%	26,4%	26,7%
C6 (% trọng lượng chất khô)		2,43%	2,43%	3,95%	3,23%	4,91%
Furfural (% trọng lượng chất khô)		0,120%	0,120%	0,067%	0,174%	0,248%
Tỷ lệ C5/C6		8,441	8,441	4,773	8,177	5,426
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴		52,203	52,203	29,411	58,721	78,382
Quy trình tổng (20 từ Fig.1)						
C5 (% trọng lượng chất khô)		18,5%	18,5%	18,8%	18,7%	18,9%
C6 (% trọng lượng chất khô)		37,0%	37,0%	37,0%	36,9%	36,9%
Furfural (% trọng lượng chất khô)		0,168%	0,161%	0,059%	0,084%	0,089%
Tỷ lệ C5/C6		0,502	0,501	0,508	0,507	0,513
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴		30,276	29,051	10,496	15,162	15,853

Hai dãy thử nghiệm sau đây, 15 và 16 được tiến hành bằng quy trình liên tục trên lần lượt cây lúa mì rom và arundo. Có một số thành phần không chứa furfural và điều này được cho là nguyên nhân do lượng dư lớn của hơi nước hòa tan furfural trong dòng hơi nước sau quy trình bung hơi nước.

Bảng 15A – Cọng cây lúa mì

	Đối chứng	Thử nghiệm 1	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3	Thử nghiệm 4	Thử nghiệm 5
	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì
Nguyên liệu						
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	-	155	165	165	165	165
Thời gian (phút)	-	97	67	67	67	67
Log(R ₀)	-	3,61	3,74	3,74	3,74	3,74
Quy trình bung hơi nước						
Nhiệt độ (°C)	-	195	195	200	205	195
Thời gian (phút)	-	4	4	4	4	4
Log(R ₀)	-	3,40	3,40	3,55	3,69	3,40
C5 (% trọng lượng chất khô)	21,6%	11,2%	10,0%	8,6%	6,9%	9,1%
C6 (% trọng lượng chất khô)	34,9%	45,3%	44,2%	49,2%	48,9%	44,9%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Tỷ lệ C5/C6	0,62	0,25	0,23	0,18	0,14	0,20
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dòng thành phần lỏng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	-	32,9%	39,6%	39,6%	39,6%	21,5%
C6 (% trọng lượng chất khô)	-	11,6%	14,9%	14,9%	14,9%	14,8%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	-	0,90%	0,83%	0,83%	0,83%	2,95%
Tỷ lệ C5/C6	-	2,85	2,66	2,66	2,66	1,45
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	-	202,42	151,76	151,76	151,76	810,50
Quy trình tổng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	21,6%	14,7%	14,0%	13,0%	11,7%	10,2%
C6 (% trọng lượng chất khô)	34,9%	39,8%	40,3%	44,4%	43,9%	42,3%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,00%	0,15%	0,11%	0,12%	0,12%	0,25%
Tỷ lệ C5/C6	0,62	0,37	0,35	0,29	0,27	0,24
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	0,00	27,07	20,49	20,18	21,70	48,02

Bảng 15B – Cọng cây lúa mì

	Thử nghiệm 6	Thử nghiệm 7	Thử nghiệm 8	Thử nghiệm 9	Thử nghiệm 10	Thử nghiệm 11
	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì
Nguyên liệu						
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	165	165	165	165	165	165
Thời gian (phút)	67	67	51	51	51	37
Log(R ₀)	3,74	3,74	3,62	3,62	3,62	3,48
Quy trình bung hơi nước						

Nhiệt độ (°C)	200	205	195	200	205	195
Thời gian (phút)	4	4	4	4	4	4
Log(R ₀)	3,55	3,69	3,40	3,55	3,69	3,40
C5 (% trọng lượng chất khô)	5,8%	4,9%	8,5%	6,0%	4,7%	14,5%
C6 (% trọng lượng chất khô)	44,1%	44,9%	44,9%	43,9%	40,9%	49,6%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,05%	0,06%	0,04%	0,06%	0,06%	0,00%
Tỷ lệ C5/C6	0,13	0,11	0,19	0,14	0,12	0,29
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	10,88	12,10	7,98	11,58	13,62	0,00
Dòng thành phần lỏng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	21,5%	21,5%	19,7%	19,7%	19,7%	26,6%
C6 (% trọng lượng chất khô)	14,8%	14,8%	14,4%	14,4%	14,4%	14,7%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	2,95%	2,95%	2,32%	2,32%	2,32%	2,95%
Tỷ lệ C5/C6	1,45	1,45	1,37	1,37	1,37	1,81
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	810,50	810,50	681,43	681,43	681,43	713,38
Quy trình tổng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	7,2%	6,4%	9,5%	7,2%	6,1%	15,2%
C6 (% trọng lượng chất khô)	41,6%	42,4%	42,1%	41,2%	38,5%	47,6%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,30%	0,31%	0,25%	0,26%	0,27%	0,17%
Tỷ lệ C5/C6	0,17	0,15	0,23	0,18	0,16	0,32
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	61,89	63,08	48,54	54,54	60,22	27,69

Bảng 15C – Cọng cây lúa mì

	Thử nghiệm 12	Thử nghiệm 13	Thử nghiệm 14	Thử nghiệm 15	Thử nghiệm 16	Thử nghiệm 17
Nguyên liệu	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	165	165	165	165	165	170
Thời gian (phút)	37	37	27	27	27	37
Log(R ₀)	3,48	3,48	3,35	3,35	3,35	3,63
Quy trình bung hơi nước						
Nhiệt độ (°C)	200	205	195	200	205	195
Thời gian (phút)	4	4	4	4	4	4
Log(R ₀)	3,55	3,69	3,40	3,55	3,69	3,40
C5 (% trọng lượng chất khô)	7,6%	4,9%	14,0%	8,0%	5,7%	8,2%
C6 (% trọng lượng chất khô)	50,6%	47,9%	49,9%	49,8%	48,2%	53,5%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,02%	0,03%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%
Tỷ lệ C5/C6	0,15	0,10	0,28	0,16	0,12	0,15
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	3,96	4,85	0,00	0,00	5,71	0,00
Dòng thành phần lỏng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	26,6%	26,6%	29,8%	29,8%	29,8%	27,3%
C6 (% trọng lượng chất khô)	14,7%	14,7%	16,4%	16,4%	16,4%	13,5%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	2,95%	2,95%	1,99%	1,99%	1,99%	1,70%

khô)

Tỷ lệ C5/C6	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	2,03
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	713,38	713,38	430,07	430,07	430,07	417,42

Quy trình tổng

C5 (% trọng lượng chất khô)	8,7%	6,2%	15,1%	9,5%	7,5%	9,9%
C6 (% trọng lượng chất khô)	48,5%	46,0%	47,6%	47,4%	45,8%	49,9%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,20%	0,20%	0,14%	0,14%	0,18%	0,15%
Tỷ lệ C5/C6	0,18	0,13	0,32	0,20	0,16	0,20
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	34,20	37,95	21,90	25,26	33,63	25,38

Bảng 15D – Cọng cây lúa mì

	Thử nghiệm 18	Thử nghiệm 19	Thử nghiệm 20	Thử nghiệm 21	Thử nghiệm 22	Thử nghiệm 23
	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì
Nguyên liệu						
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	170	170	155	155	155	155
Thời gian (phút)	37	37	72	72	72	72
Log(R ₀)	3,63	3,63	3,48	3,48	3,48	3,48
Quy trình bung hơi nước						
Nhiệt độ (°C)	200	205	195	200	195	195
Thời gian (phút)	4	4	4	4	4	4
Log(R ₀)	3,55	3,69	3,40	3,55	3,40	3,40
C5 (% trọng lượng chất khô)	5,6%	4,9%	14,3%	10,4%	18,7%	17,0%
C6 (% trọng lượng chất khô)	48,8%	48,8%	49,4%	46,7%	43,6%	44,7%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,02%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Tỷ lệ C5/C6	0,12	0,10	0,29	0,22	0,43	0,38
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	4,46	4,39	0,00	0,00	0,00	0,00
Dòng thành phần lỏng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	27,3%	27,3%	22,7%	22,7%	29,3%	31,7%
C6 (% trọng lượng chất khô)	13,5%	13,5%	12,3%	12,3%	14,3%	14,3%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	1,70%	1,70%	2,01%	2,01%	1,61%	1,96%
Tỷ lệ C5/C6	2,03	2,03	1,85	1,85	2,05	2,22
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	417,42	417,42	574,97	574,97	369,56	427,34
Quy trình tổng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	7,6%	6,9%	15,2%	11,7%	19,3%	18,6%
C6 (% trọng lượng chất khô)	45,7%	45,7%	45,4%	43,1%	41,9%	41,4%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,17%	0,17%	0,21%	0,21%	0,10%	0,21%
Tỷ lệ C5/C6	0,17	0,15	0,33	0,27	0,46	0,45
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	32,67	32,95	35,37	39,14	15,65	35,64

Bảng 15E – Cọng cây lúa mì

	Thử nghiệm 24	Thử nghiệm 25	Thử nghiệm 26
Nguyên liệu	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì	Cọng cây lúa mì
Ngâm			
Nhiệt độ (°C)	155	155	155
Thời gian (phút)	132	132	132
Log(R ₀)	3,74	3,74	3,74
Quy trình bung hơi nước			
Nhiệt độ (°C)	190	195	200
Thời gian (phút)	4	4	4
Log(R ₀)	3,25	3,40	3,55
C5 (% trọng lượng chất khô)	14,0%	11,2%	10,8%
C6 (% trọng lượng chất khô)	45,7%	45,6%	45,8%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,00%	0,00%	0,00%
Tỷ lệ C5/C6	0,31	0,25	0,24
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	0,00	0,00	0,00
Dòng thành phần lỏng			
C5 (% trọng lượng chất khô)	27,8%	27,8%	27,8%
C6 (% trọng lượng chất khô)	12,4%	12,4%	12,4%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	2,62%	2,62%	2,62%
Tỷ lệ C5/C6	2,24	2,24	2,24
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	651,91	651,91	651,91
Quy trình tổng			
C5 (% trọng lượng chất khô)	15,6%	13,1%	12,7%
C6 (% trọng lượng chất khô)	42,0%	41,9%	42,1%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,30%	0,30%	0,30%
Tỷ lệ C5/C6	0,37	0,31	0,30
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	51,30	53,70	53,88

Bảng 16A – Arundo

	Đôi chứng	Thử nghiệm 1	Thử nghiệm 2	Thử nghiệm 3	Thử nghiệm 4	Thử nghiệm 5
Nguyên liệu	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	-	52	127	127	127	52
Thời gian (phút)	-	165	155	155	155	175
Log(R ₀)	-	3,630	3,723	3,723	3,723	3,924
Quy trình bung hơi nước						

Nhiệt độ (°C)	-	6	6	4	6	6
Thời gian (phút)	-	195	200	195	195	195
Log(R ₀)	-	3,575	3,723	3,399	3,575	3,575
C5 (% trọng lượng chất khô)	20,0%	12,1%	10,4%	11,0%	14,0%	6,8%
C6 (% trọng lượng chất khô)	33,7%	42,5%	49,0%	53,5%	45,8%	51,6%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Tỷ lệ C5/C6	0,521	0,28	0,21	0,20	0,31	0,13
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	0,000	0,00	14,66	3,51	7,08	3,51

Dòng thành phần lỏng

C5 (% trọng lượng chất khô)	-	20,9%	32,2%	29,1%	22,9%	25,7%
C6 (% trọng lượng chất khô)	-	12,13%	18,66%	16,46%	20,60%	11,10%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	-	0,953%	1,589%	1,706%	0,737%	2,915%
Tỷ lệ C5/C6	-	1,720	1,724	1,769	1,113	2,314
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	-	288,973	312,769	374,226	169,278	792,653

Quy trình tổng

C5 (% trọng lượng chất khô)	-	13,2%	14,6%	15,6%	16,2%	11,8%
C6 (% trọng lượng chất khô)	-	38,5%	43,2%	44,0%	39,6%	40,8%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	-	0,126%	0,375%	0,455%	0,213%	0,793%
Tỷ lệ C5/C6	-	0,344	0,338	0,355	0,409	0,290
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	-	24,337	64,984	76,369	38,271	150,873

Bảng 16B – Arundo

	Thử nghiệm 6	Thử nghiệm 7	Thử nghiệm 8	Thử nghiệm 9	Thử nghiệm 10	Thử nghiệm 11
Nguyên liệu	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	52	52	52	52	52	52
Thời gian (phút)	175	175	175	175	175	175
Log(R ₀)	3,924	3,924	3,924	3,924	3,924	3,924
Quy trình bung hơi nước						
Nhiệt độ (°C)	2	2	6	2	2	6
Thời gian (phút)	195	210	195	195	205	205
Log(R ₀)	3,098	3,540	3,575	3,098	3,393	3,870
C5 (% trọng lượng chất khô)	6,8%	4,3%	5,0%	6,0%	5,0%	4,4%
C6 (% trọng lượng chất khô)	52,6%	47,8%	47,5%	48,8%	47,5%	50,2%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Tỷ lệ C5/C6	0,13	0,09	0,10	0,12	0,10	0,09
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	3,60	3,82	5,08	3,26	5,08	4,34
Dòng thành phần lỏng						
C5 (% trọng lượng chất khô)	25,7%	25,7%	24,0%	24,0%	24,0%	24,0%

C6 (% trọng lượng chất khô)	11,10%	11,10%	13,08%	13,08%	13,08%	13,08%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	2,915%	2,915%	2,328%	2,328%	2,328%	2,328%
Tỷ lệ C5/C6	2,314	2,314	1,835	1,835	1,835	1,835
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	792,653	792,653	627,740	627,740	627,740	627,740

Quy trình tổng

C5 (% trọng lượng chất khô)	11,7%	10,8%	10,6%	11,3%	10,6%	10,5%
C6 (% trọng lượng chất khô)	41,9%	36,7%	37,4%	38,3%	37,4%	38,6%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,768%	0,894%	0,703%	0,696%	0,703%	0,744%
Tỷ lệ C5/C6	0,280	0,294	0,283	0,295	0,283	0,272
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	143,325	188,168	146,649	140,422	146,649	151,571

Bảng 16C – Arundo

	Thử nghiệm 12	Thử nghiệm 13	Thử nghiệm 14	Thử nghiệm 15	Thử nghiệm 16	Thử nghiệm 17
Nguyên liệu	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo
Ngâm						
Nhiệt độ (°C)	127	127	127	97	97	187
Thời gian (phút)	155	155	155	165	165	155
Log(R ₀)	3,723	3,723	3,723	3,901	3,901	3,891

Quy trình bung hơi nước

Nhiệt độ (°C)	6	2	2	6	2	6
Thời gian (phút)	195	195	213	195	195	195
Log(R ₀)	3,575	3,098	3,628	3,575	3,098	3,575
C5 (% trọng lượng chất khô)	12,3%	13,2%	10,1%	11,4%	13,6%	14,1%
C6 (% trọng lượng chất khô)	42,1%	36,2%	48,2%	45,4%	46,9%	45,2%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Tỷ lệ C5/C6	0,29	0,37	0,21	0,25	0,29	0,31
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	4,56	2,30	11,54	2,07	1,65	2,10

Dòng thành phần lỏng

C5 (% trọng lượng chất khô)	24,0%	24,0%	24,0%	24,8%	24,8%	26,2%
C6 (% trọng lượng chất khô)	15,73%	15,73%	15,73%	11,47%	11,47%	14,90%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	1,178%	1,178%	1,178%	1,372%	1,372%	1,501%
Tỷ lệ C5/C6	1,527	1,527	1,527	2,166	2,166	1,759
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	296,352	296,352	296,352	377,872	377,872	365,159

Quy trình tổng

C5 (% trọng lượng chất khô)	14,9%	15,4%	13,5%	14,1%	15,9%	16,8%
C6 (% trọng lượng chất khô)	36,2%	32,2%	40,2%	38,6%	39,7%	38,4%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,283%	0,244%	0,341%	0,284%	0,287%	0,344%
Tỷ lệ C5/C6	0,413	0,479	0,336	0,364	0,400	0,438
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	55,330	51,220	63,585	53,986	51,659	62,326

Bảng 16D – Arundo

	Thử nghiệm 18	Thử nghiệm 19	Thử nghiệm 20	Thử nghiệm 21	Thử nghiệm 22
Nguyên liệu	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo	Arundo
Ngâm					
Nhiệt độ (°C)	187	67	67	65	65
Thời gian (phút)	155	165	165	165	165
Log(R ₀)	3,891	3,740	3,740	3,727	3,727
Quy trình bung hơi nước					
Nhiệt độ (°C)	2	6	2	4	4
Thời gian (phút)	195	195	195	195	205
Log(R ₀)	3,098	3,575	3,098	3,399	3,694
C5 (% trọng lượng chất khô)	14,8%	11,4%	13,1%	15,91%	10,80%
C6 (% trọng lượng chất khô)	43,5%	44,9%	46,5%	44,74%	49,06%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,0%	0,0%	0,0%	0,04%	0,08%
Tỷ lệ C5/C6	0,34	0,26	0,28	0,36	0,22
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	2,08	4,52	2,21	6,07	12,76
Dòng thành phần lỏng					
C5 (% trọng lượng chất khô)	26,2%	20,3%	20,3%	24,8%	24,8%
C6 (% trọng lượng chất khô)	14,90%	10,91%	10,91%	10,64%	10,64%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	1,501%	0,958%	0,958%	2,187%	2,187%
Tỷ lệ C5/C6	1,759	1,862	1,862	2,335	2,335
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	365,159	306,865	306,865	616,267	616,267
Quy trình tổng					
C5 (% trọng lượng chất khô)	17,3%	13,4%	14,7%	17,9%	14,1%
C6 (% trọng lượng chất khô)	37,4%	37,1%	38,3%	37,2%	40,0%
Furfural (% trọng lượng chất khô)	0,331%	0,238%	0,232%	0,511%	0,576%
Tỷ lệ C5/C6	0,462	0,362	0,385	0,480	0,353
Furfural/(C5+C6) * 10 ⁴	60,614	47,022	43,701	92,755	106,421

Quy trình thủy phân bằng enzym

Quy trình này được sử dụng để đánh giá hiệu quả của quy trình tiền xử lý trên cơ sở mức tải cực đại của enzym.

Quy trình này mô tả quy trình sacarit hóa bằng enzym xenluloza và hemixenluloza từ sinh khối lignoxenluloza ban đầu hoặc đã được tiền xử lý thành glucoza và xyloza, để xác định lượng lớn nhất có thể được chuyển hóa (mức bão hòa của các chế phẩm

xenlulaza có bán trên thị trường hoặc tự sản xuất và thời gian thủy phân lên đến 1 tuần là được sử dụng).

Sinh khối được xử lý - Sinh khối mà được nghiền, xử lý hóa chất với nước hoặc hơi nước, axit loãng hoặc mạnh hoặc kiềm, hoặc các phương pháp vật lý hoặc hóa học khác làm cho lượng xenluloza của nguyên liệu có nhiều khả năng được tiếp cận hơn với sự hoạt hóa enzym.

Enzym xenlulaza – một chế phẩm enzym thể hiện toàn bộ ba hoạt tính hiệp đồng phân giải xenluloza: hoạt tính endo-1,4- β -D-glucanaza, exo-1,4- β -glucosidaza, hoặc β -D-glucosidaza, mà có mặt với lượng khác nhau trong các chế phẩm xenluloza khác nhau.

Nguyên liệu đã được tiền xử lý được sử dụng để thủy phân bằng enzym (EH) trong thiết bị lên men dung tích 3 (Infors HT, Labfors 3). EH hoạt động ở nồng độ chất rắn 7,5%, sử dụng dung dịch enzym thương mại. Nhiệt độ và pH được duy trì ở 45°C và 5,0, máy khuấy được duy trì ở tốc độ 400 vòng trên phút.

Lượng nguyên liệu đã được tiền xử lý mà thành phần có thể bao gồm dung môi, chất rắn hòa tan, chất rắn không hòa tan, được bổ sung vào thùng lên men trong phòng thí nghiệm. Dung môi (nước, dung dịch đệm, dung dịch kháng khuẩn) và dung dịch chất xúc tác được bổ sung vào nguyên liệu này để đạt được hàm lượng chất rắn tổng 7,5 %. Dung dịch chất xúc tác được tính để có hoạt tính biểu hiện ở FPU/g xenluloza là 34.

Thành phần của chất xúc tác được chỉ ra trong bảng sau đây:

Bảng 15

Hỗn hợp enzym	Thành phần thể tích	Tỷ trọng	Hoạt tính đặc hiệu	
Tên	%	g/ml		
phức xenlulaza	87,4%	1,08	100	FPU/g dung dịch enzym 1
xylaza	5,3%	1,2	500	FBG/g dung dịch enzym 1
hemixenlulaza	6,6%	1,1	470	FXU/g dung dịch enzym 1
phức enzym	0,7%	1,2	100	FBG/g dung dịch enzym 1
Tổng	100,0%	1,09		

pH được duy trì ở trị số mong muốn bằng cách bổ sung dung dịch đệm hoặc bằng dung dịch bazơ hoặc axit.

Một phần phân đoạn lỏng được lấy ra ở thời điểm bất kỳ và được phân tích hàm lượng đường (glucoza, xyloza và xenluloza). Pha rắn ở thời điểm kết thúc phản ứng được thu hồi. Một phần pha rắn được rửa ba lần trong bằng nước, ở 50°C. trong khi rửa, tất cả các phân đoạn tan trong nước được hấp thụ trong chất rắn là được tách. Sau đó chất rắn được rửa được làm ẩm và được hủy phân định lượng bằng 72% H_2SO_4 , sau đó bằng dung dịch chuẩn dưới đây để xác định thành phần của nó.

Chất phản ứng

7,1 chất phản ứng

Natri azit (20 mg/ml trong nước chung cất)

Phức enzym xenlulaza của quá trình hoạt hóa đã biết, FPU/mL

Enzym xylaza của sự hoạt hóa đã biết, FXU/mL

Đánh giá phân tích

Nguyên liệu thô được làm ẩm và chiết và thủy phân định lượng bằng axit bằng 72% H_2SO_4 , sau đó là các phương pháp chuẩn (NREL/TP-510-42618, NREL/TP-510-42619, NREL/TP-510-42622). Phần cặn rắn sau khi thủy phân được thu gom bằng cách lọc và được xem như là Klason lignin. Dịch thủy phân được phân tích monosacarit (glucoza từ xenluloza; xyloza và arabinoza từ hemixenluloza) và axit axetic (từ nhóm axetyl) bằng HPLC. Việc xác định bằng sắc ký được tiến hành sử dụng Dionex P680A_LPG được lắp cột nhồi nhựa trao đổi ion Biorad Aminex HPX-87A dưới những điều kiện sau đây: pha động, 0,05mol/L axit sulphuric; tốc độ dòng, 0,6ml/phút; và nhiệt độ cột, 65°C.

Độ ẩm của mẫu được xác định bằng cách làm khô trong lò ở 105°C tới trọng lượng không đổi.

Sau khi tiền xử lý, các phần cặn rắn được thu gom bằng cách lọc, được rửa bằng nước, làm khô bằng không khí, và được cân để xác định hiệu suất. Những phần của các phần cặn thu được từ quy trình tiền xử lý được xác định thành phần sử dụng các phương pháp tương tự như phương pháp phân tích nguyên liệu thô được áp dụng trên phân đoạn rắn được rửa của dòng.

Hàm lượng chất rắn không hòa tan của mẫu được xác định bằng phương pháp chuẩn sau đây (NREL/TP-510-42627).

Một phần pha lỏng sau khi ngâm và pha lỏng sau quy trình bung hơi nước nguyên liệu được làm khô bằng lò tới trọng lượng không đổi để xác định hàm lượng chất rắn không bay hơi (NREL/TP-510-42621)

Dịch nước được sử dụng để xác định trực tiếp bằng HPLC monosacarit, furfural hydroxymetylfurfural và axit axetic. Một phân dịch nước được định lượng bằng phương pháp thủy phân axit bằng 4% (trọng lượng/trọng lượng) H_2SO_4 ở $121^\circ C$ trong 60 phút, trước khi phân tích HPLC (NREL/TP-510-42623). Nồng độ glucoza, arabino, xylo-oligosacarit được xác định từ giá trị tăng thêm trong nồng độ của glucoza, xyloza và arabinoza, khi được phân tích bằng HPLC, sau khi thủy phân trong nước (phương pháp NREL)

Phương pháp phân tích NREL

Xác định carbohydrat cấu trúc và lignin trong sinh khối

Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 4/25/2008

Technical Report NREL/TP-510-42618 Revised April 2008

Xác định dịch chiết trong sinh khối

Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 7/17/2005

Technical Report NREL/TP-510-42619 January 2008

Chuẩn bị mẫu cho phân tích thành phần

Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 9/28/2005

Technical Report NREL/TP-510-42620 January 2008

Xác định các chất rắn tổng trong sinh khối và tổng chất rắn hòa tan trong các mẫu xử lý dạng lỏng

Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 3/31/2008

Technical Report NREL/TP-510-42621 Revised March 2008

Xác định tro trong sinh khối

Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 7/17/2005

Technical Report NREL/TP-510-42622 January 2008

Xác định đường, sản phẩm phụ, và các sản phẩm thoái biến trong các mẫu xử lý phân đoạn lỏng

Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 12/08/2006

Technical Report NREL/TP-510-42623 January 2008

Xác định các chất rắn không hòa tan trong nguyên liệu sinh khối được xử lý

Phương pháp phân tích phòng thí nghiệm (LAP), ngày công bố: 03/21/2008

NREL/TP-510-42627 March 2008

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình xử lý sinh khối ligno-xenluloza bao gồm các bước:

- a) ngâm tẩm nguyên liệu sinh khối ligno-xenluloza trong hơi nước hoặc nước hoặc hỗn hợp của nó ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100 đến 210°C trong từ 1 phút đến 24 giờ để tạo ra sinh khối được ngâm tẩm chứa chất khô và chất lỏng thứ nhất;
- b) tách ít nhất một phần của chất lỏng thứ nhất từ sinh khối được ngâm tẩm để tạo ra dòng chất lỏng thứ nhất và dòng chất rắn thứ nhất; trong đó dòng chất rắn thứ nhất chứa sinh khối được ngâm tẩm;
- c) bung hơi nước dòng chất rắn thứ nhất để tạo ra dòng được làm bung hơi nước chứa các chất rắn và chất lỏng thứ hai.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó ít nhất một phần chất lỏng thứ hai trong dòng được làm bung hơi nước được tách từ dòng được làm bung hơi nước để tạo ra dòng chất lỏng thứ hai.

3. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 và 2, trong đó bước ngâm tẩm a) được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 140 đến 210°C trong từ 1 phút đến 16 giờ.

4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thực hiện trước bước ngâm tẩm a) là bước ngâm tẩm trong đó sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm trong chất lỏng chứa nước ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 25 đến 100°C trong từ 1 phút đến 24 giờ và sau bước ngâm tẩm ở nhiệt độ thấp là bước tách để tách ít nhất một phần của chất lỏng từ sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm ở nhiệt độ thấp.

5. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm trong bước a) trong khoảng thời gian được chọn từ nhóm bao gồm từ 1 phút đến 6 giờ, từ 1 phút đến 4 giờ, và từ 1 phút đến 3 giờ.

6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm trong bước a) trong khoảng thời gian từ 1 phút đến 4 giờ.
7. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm trong bước a) trong khoảng thời gian từ 1 phút đến 3 giờ.
8. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm trong bước a) trong khoảng thời gian từ 1 phút đến 2,5 giờ.
9. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sinh khối ligno-xenluloza được ngâm tẩm trong bước a) trong khoảng thời gian từ 1 phút đến 2,0 giờ.
10. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó quy trình này còn bao gồm bước kết hợp ít nhất một phần của chất lỏng của dòng chất lỏng thứ nhất với ít nhất một phần của dòng được làm bung hơi nước.
11. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 4 đến 10, trong đó dòng được làm bung hơi nước được rửa bằng ít nhất chất lỏng thứ ba để tạo ra dòng chất lỏng thứ ba.
12. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó dòng chất lỏng thứ nhất được tinh chế để tạo ra dòng chất lỏng được tinh chế thứ nhất trước khi kết hợp dòng chất lỏng thứ nhất với ít nhất một phần của dòng được làm bung hơi nước.
13. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 12, trong đó dòng chất lỏng thứ ba được tinh chế và sau đó được kết hợp với ít nhất một phần của dòng được làm bung hơi nước.

14. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13, trong đó bước tách chất lỏng từ sinh khối được ngâm tẩm được thực hiện bằng cách ép sinh khối được ngâm tẩm.

15. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 14, trong đó bước tinh chế dòng chất lỏng thứ nhất được thực hiện bằng cách làm bốc hơi nhanh.

16. Quy trình theo điểm 15, trong đó bước làm bốc hơi nhanh được thực hiện mà không cần làm giảm áp suất của dòng chất lỏng thứ nhất đến áp suất khí quyển trước khi làm bốc hơi nhanh.

17. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 16, trong đó bước làm bốc hơi nhanh được thực hiện ở áp suất của dòng chất lỏng thứ nhất ở giai đoạn cuối của bước tách chất lỏng thứ nhất từ sinh khối được ngâm tẩm.

18. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 17, trong đó dòng chất lỏng thứ hai được tinh chế bằng cách chưng cất bằng hơi nước.

19. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 18, trong đó dòng chất lỏng thứ nhất được tinh chế được kết hợp với dòng chất lỏng thứ hai trước khi tinh chế dòng chất lỏng thứ hai.

20. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 19, trong đó dòng chất lỏng thứ ba được tinh chế bằng cách chưng cất bằng hơi nước.

21. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 20, trong đó dòng chất lỏng thứ nhất, dòng chất lỏng thứ hai và dòng chất lỏng thứ ba được tinh chế cùng nhau.

22. Quy trình theo điểm 21, trong đó bước tinh chế được thực hiện bằng cách chưng cất bằng hơi nước.

23. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm 18, 20 và 22, trong đó sau bước chưng cất bằng hơi nước là bước xử lý bằng than hoạt tính.

24. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm 18, 20, 22 và 23, trong đó dòng được tinh chế được cô đặc để loại bỏ nước.
25. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm 18, 20, 22, 23 và 24, trong đó dòng được tinh chế thứ nhất được kết hợp với dòng chất lỏng thứ hai trước khi tinh chế dòng chất lỏng thứ hai.
26. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 24, trong đó việc trộn bất kỳ với ít nhất một phần của dòng được làm bung hơi nước được thực hiện sau khi ít nhất một phần của dòng được làm bung hơi nước đã được thủy phân.

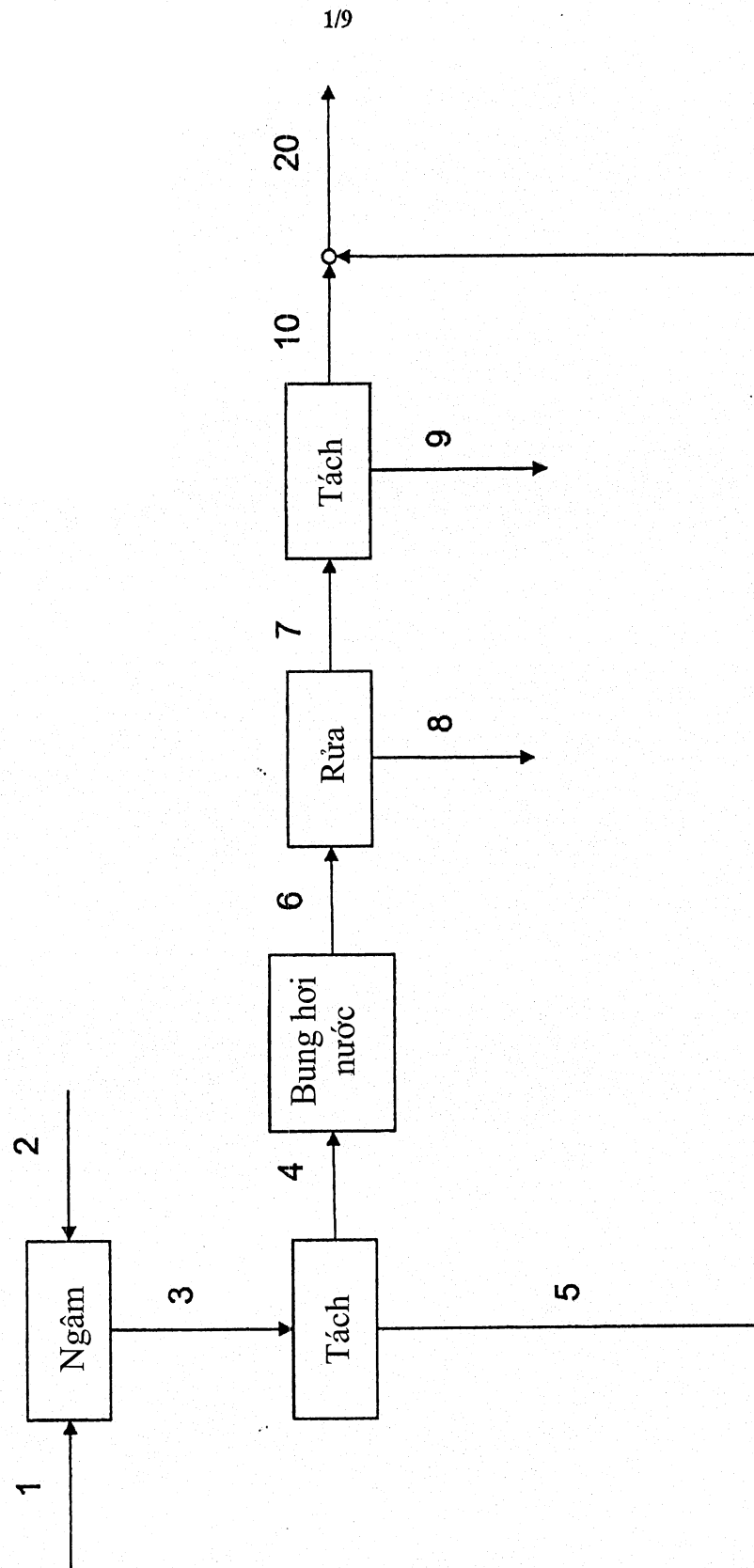


Fig.1

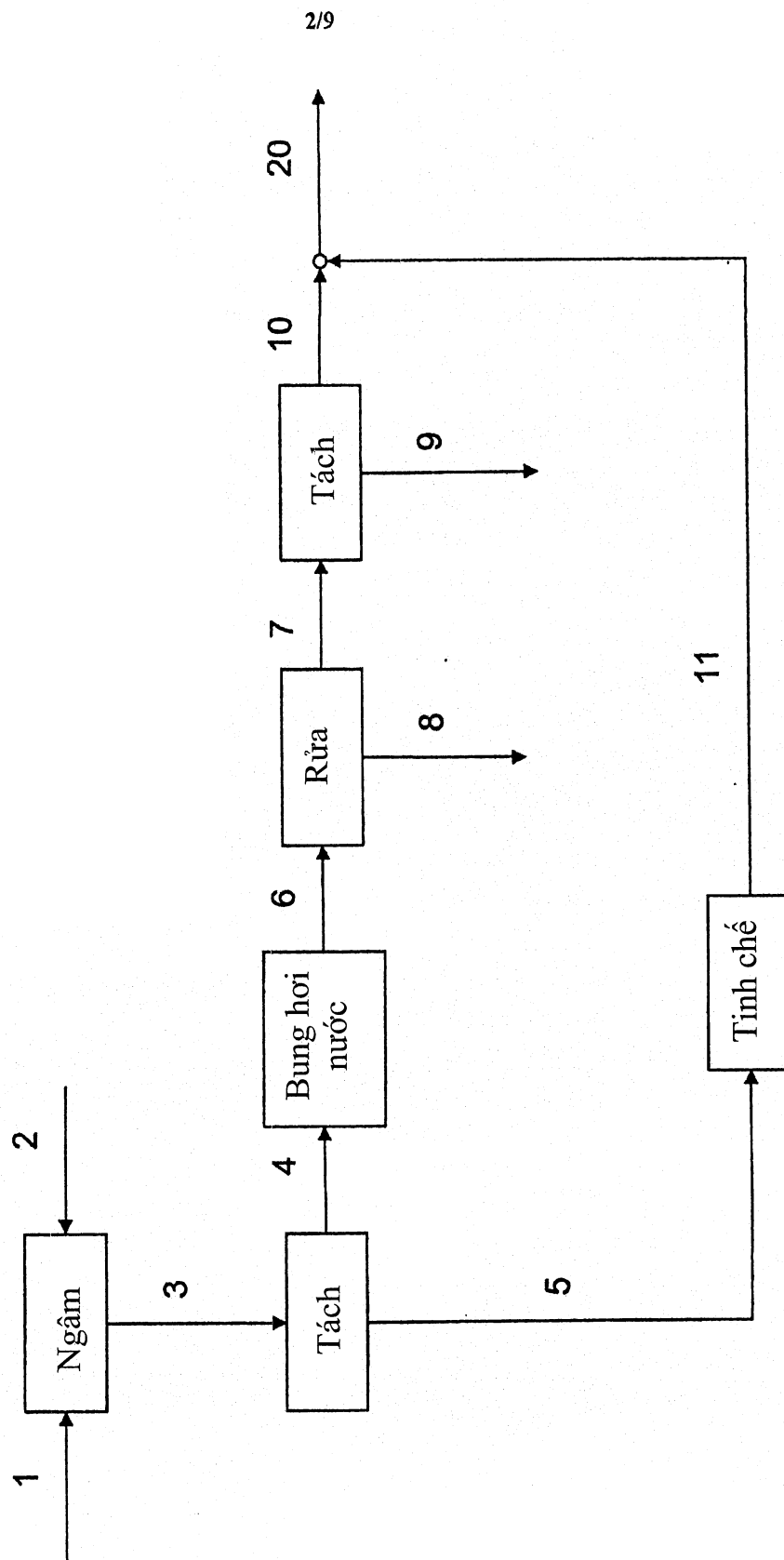


Fig.2

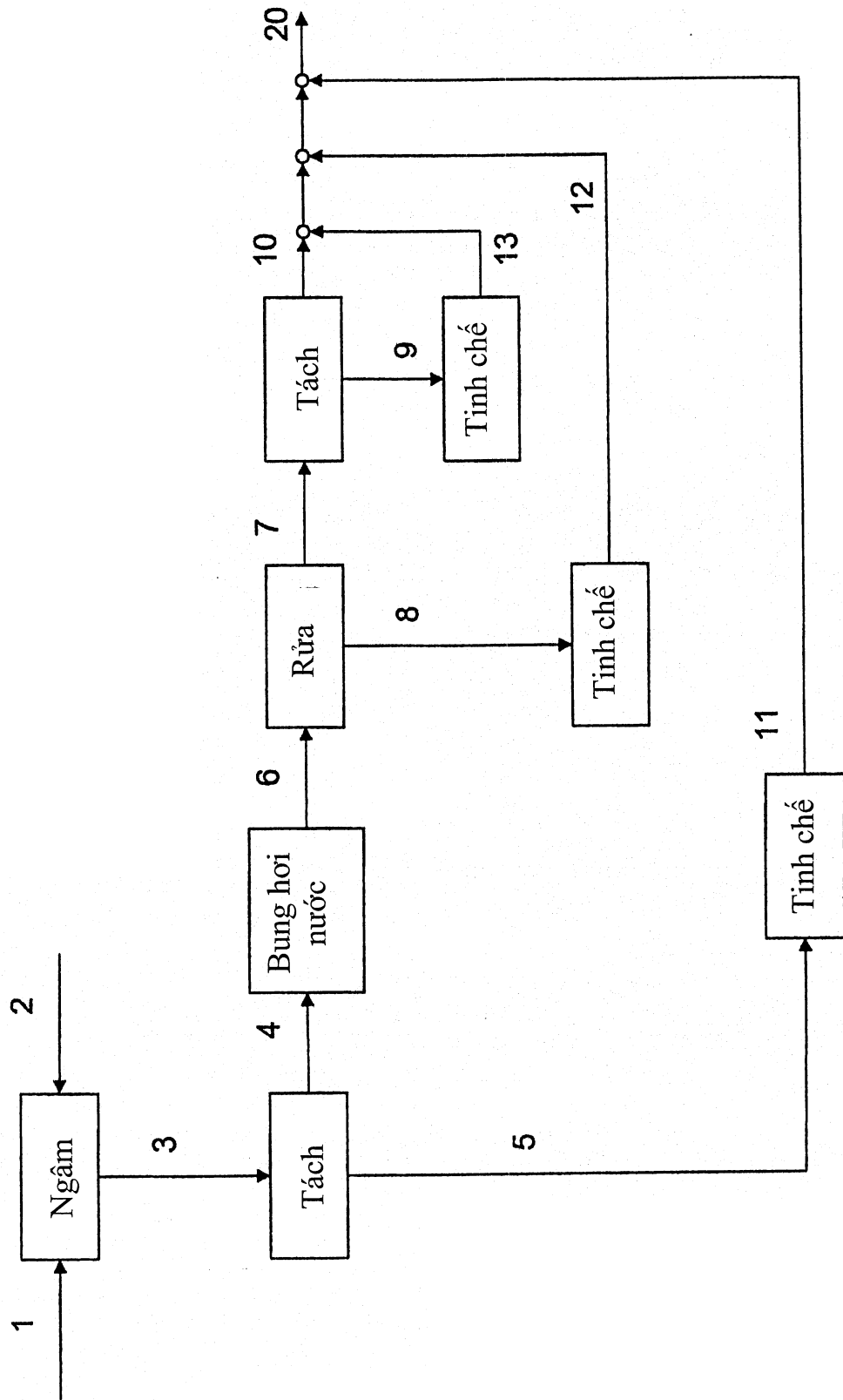


Fig.3

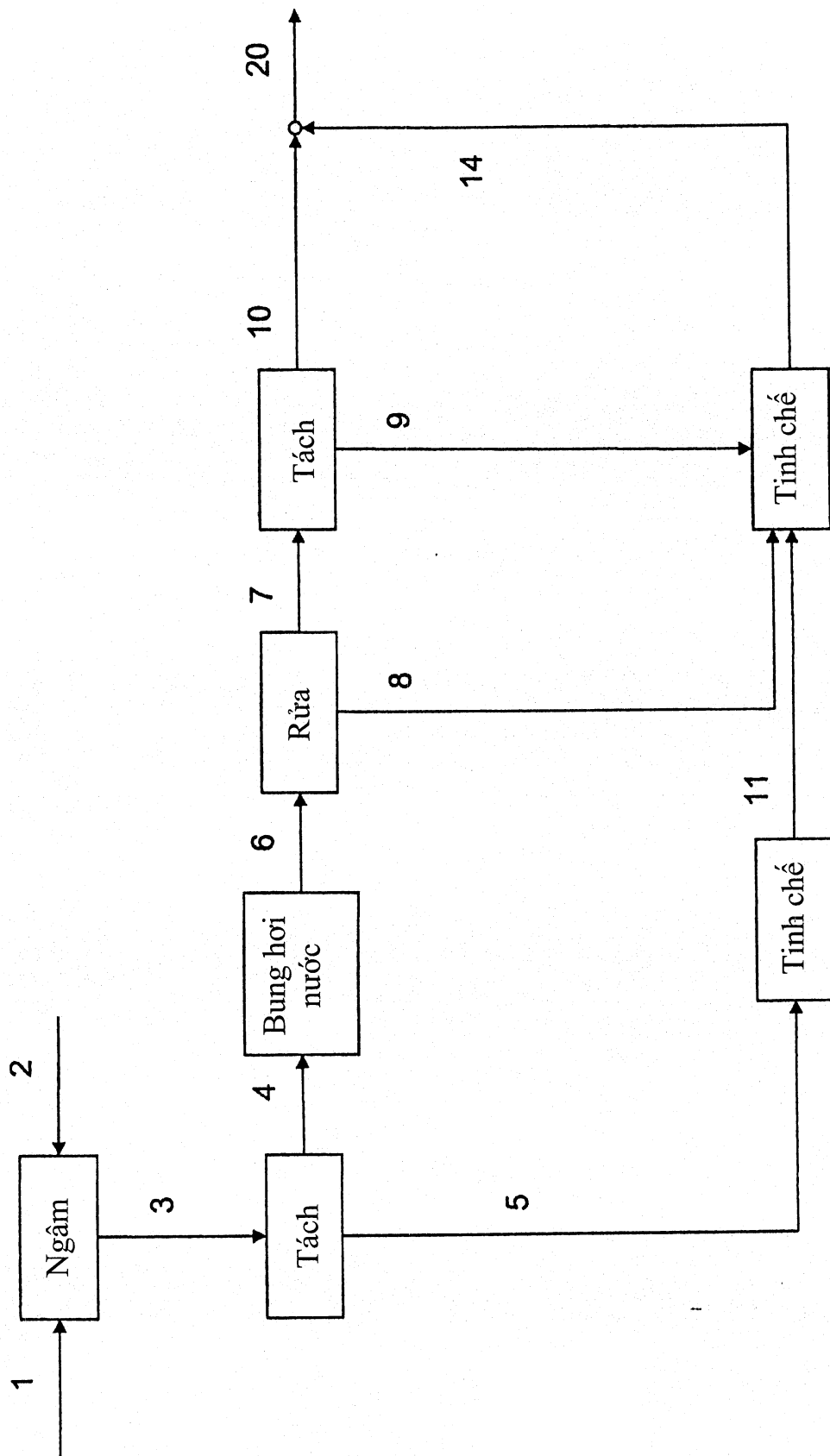


Fig.4

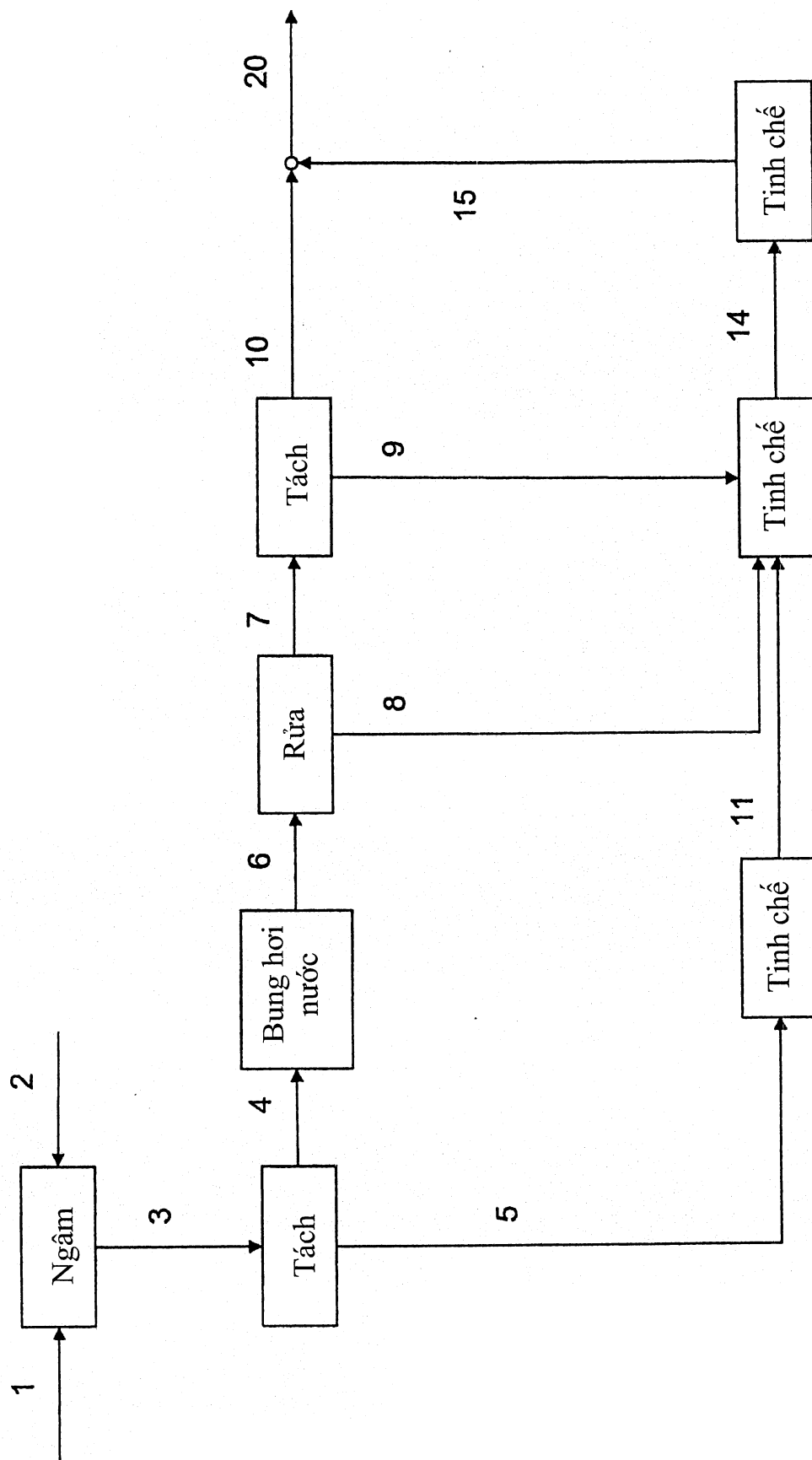


Fig.5

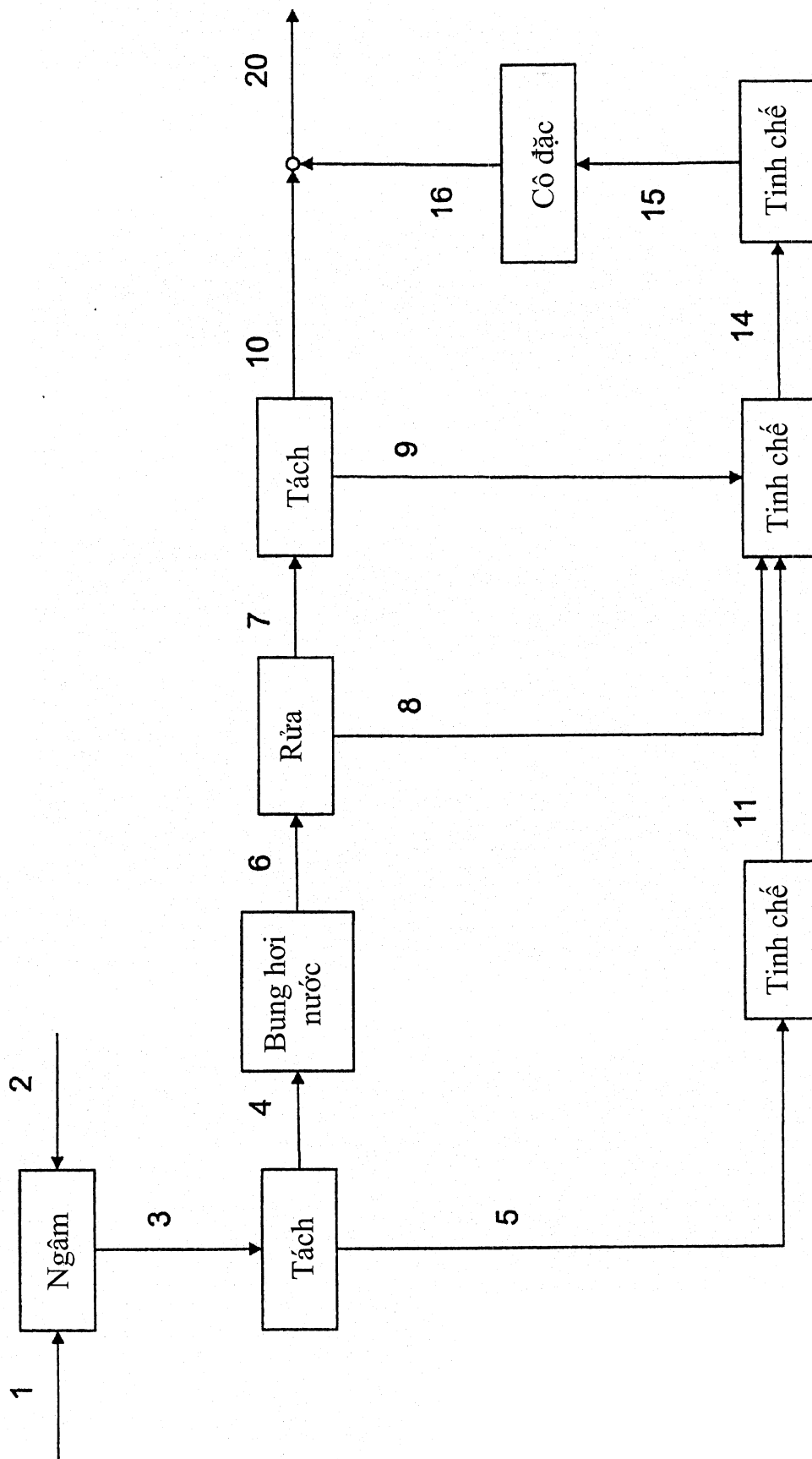


Fig.6

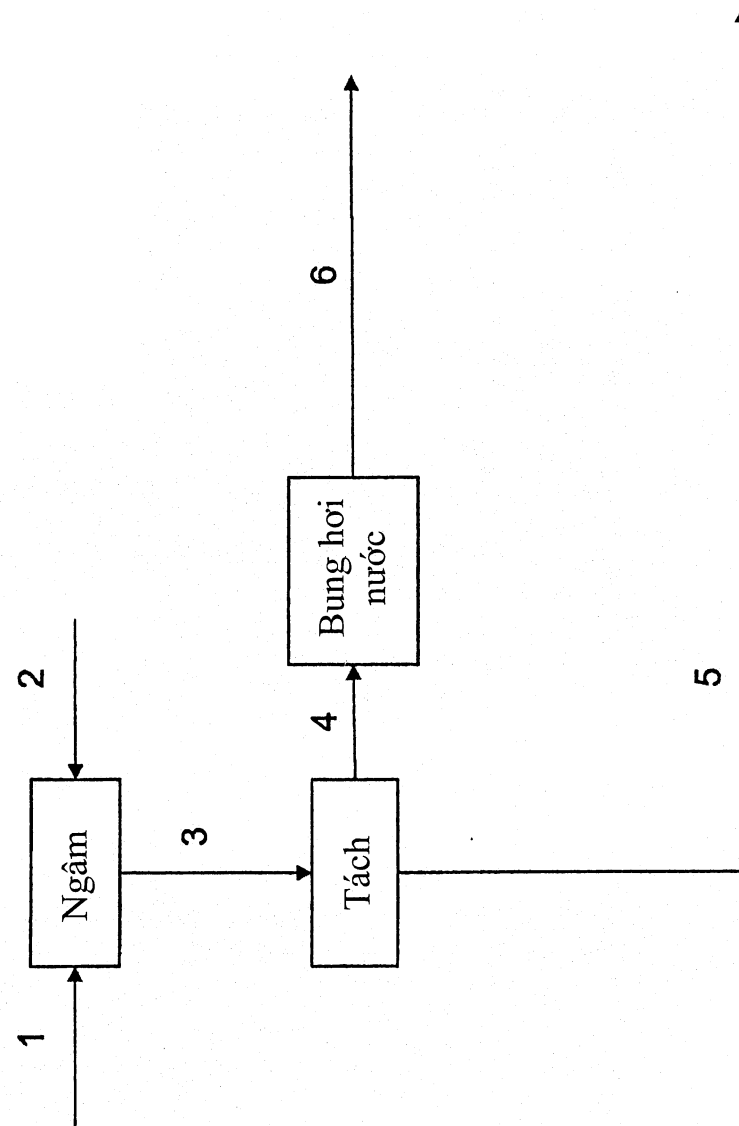


Fig.7

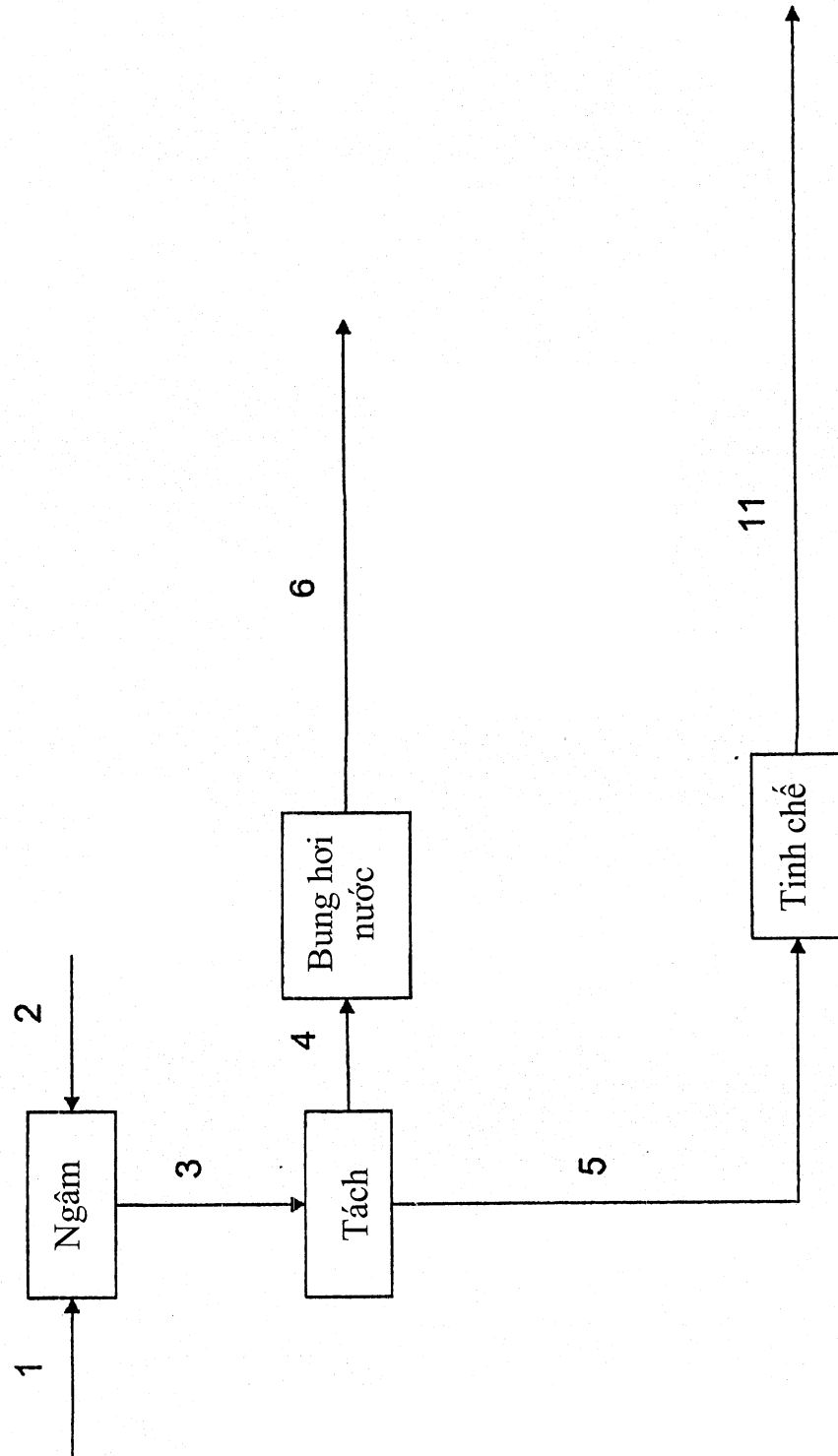


Fig.8

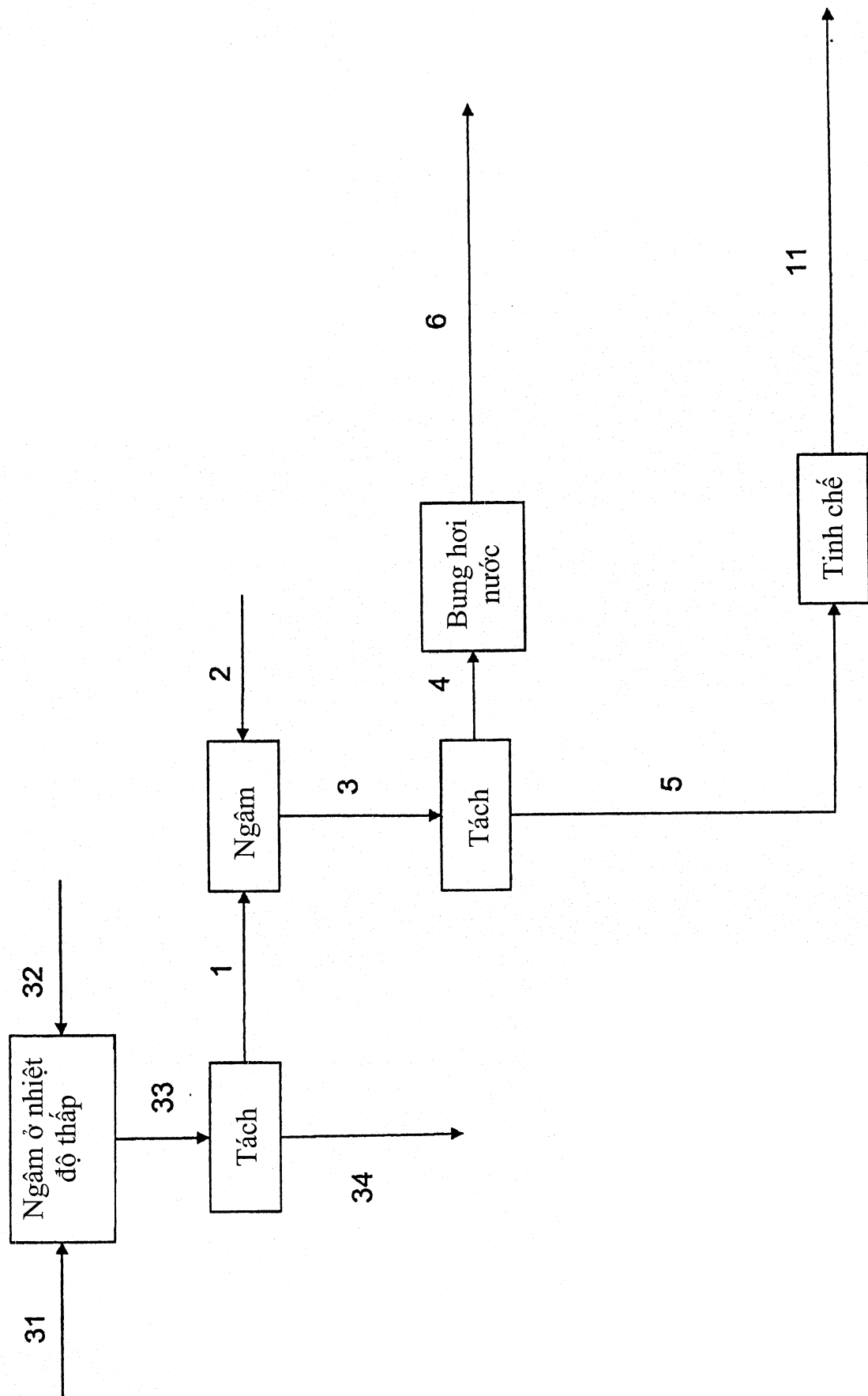


Fig.9