



(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)



1-0026997

(51)<sup>7</sup> C12P 19/14; B09B 3/00

(13) B

(21) 1-2011-01245

(22) 29/10/2009

(86) PCT/JP2009/005758 29/10/2009

(87) WO2010/050223 06/05/2010

(30) 2008-279367 30/10/2008 JP

(45) 25/01/2021 394

(43) 25/07/2011 280A

(73) Oji Holdings Corporation (JP)

7-5, Ginza 4-chome, Chuo-ku, Tokyo 104-0061 Japan

(72) Jun SUGIURA (JP); Atsushi FURUJYO (JP); Yaping CHAO (TW); Yuko IGARASHI (JP); Yuji IWASAKI (JP); Masayuki ICHINOMIYA (JP); Makoto SAKAINO (JP).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT ĐƯỜNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT ETANOL

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp xử lý sơ bộ cho phép thúc đẩy quá trình đường hóa lignoxenluloza bằng enzym ở các điều kiện tương đối ôn hòa bằng cách sử dụng vỏ cây làm nguyên liệu thô với ít năng lượng hơn. Cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất đường từ vỏ cây, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước sau: bước xử lý bằng kiềm bao gồm bước ngâm vỏ cây vào trong dung dịch chứa hợp chất kiềm; bước xử lý nghiền bao gồm bước nghiền cơ học vỏ cây đã được xử lý bằng kiềm thành các mảnh nhỏ; và bước đường hóa bằng enzym bao gồm bước đường hóa vỏ cây đã được nghiền bằng enzym. Sáng chế còn đề xuất phương pháp sản xuất etanol.

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập tới phương pháp sản xuất đường và phương pháp sản xuất etanol từ vỏ cây.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Cây được phân chia thành xylem và vỏ cây trên phần bao quanh của lớp phát sinh gỗ nơi sự phân chia tế bào của cây diễn ra. Vỏ cây chiếm khoảng 10 đến 15% khối lượng của tổng khối lượng của cây. Vỏ cây chứa lượng lignin tương đối thấp so với xylem, và còn chứa các thành phần hòa tan làm cho vỏ cây mềm. Ngoài ra, vỏ cây được phân chia thành vỏ ngoài có các mô chết và vỏ trong có các mô sống.

Vỏ ngoài bao gồm chủ yếu là lớp chu bì hoặc lớp bần. Vỏ ngoài bảo vệ thớ gỗ khỏi bị tổn hại cơ học và làm giảm bớt sự tổn hại từ nhiệt độ và/hoặc độ ẩm.

Vỏ trong bao gồm ống sàng (sieve element), tế bào nhu mô và tế bào thành dày. Ống sàng có chức năng vận chuyển chất lỏng và chất dinh dưỡng. Tế bào nhu mô có chức năng lưu trữ chất dinh dưỡng như tinh bột và chất tương tự. Tế bào nhu mô xen kẽ giữa các ống sàng của vỏ trong. Tế bào thành dày có chức năng như mô đỡ, cấu trúc của các tế bào thành dày được tạo lớp giống như được thấy ở kiểu vòng năm của xylem, và các tế bào thành dày được phân chia thành xơ libe và tế bào cứng theo hình dạng của tế bào thành dày.

Mô vỏ cây chủ yếu bao gồm các vật liệu mịn như xơ, bần và tế bào nhu mô. Xơ của vỏ cây tương tự về mặt hóa học với xơ của xylem, và xơ của vỏ cây bao gồm xenluloza, hemi-xenluloza và lignin. Các vật liệu mịn bao gồm các tế bào bần, và các tế bào nhu mô có chứa lượng lớn các chất chiết như chất bần trong thành của các tế bào bần và polyphenol trong phần vật liệu micro mịn. Do đó, vỏ cây chứa nhiều thành phần hòa tan có lợi so với xylem. Lượng của các thành phần hòa tan có lợi trong vỏ cây là từ 20 đến 40% tính theo khối lượng khô của vỏ cây, và ngoài ra vỏ cây cũng có một tính chất tuyệt vời là phần khô của vỏ cây có các xơ tương tự như các xơ của xylem. Tuy nhiên, vỏ cây không được sử dụng để làm

gỗ làm nhà. Vỏ cây không hữu ích để dùng làm sinh khối từ gỗ vì ngay cả khi trộn một lượng nhỏ vỏ cây với bột mài nhão trong quy trình sản xuất giấy cũng sẽ làm giảm chất lượng của bột giấy. Do đó, vỏ cây được đưa trở lại đất làm phân bón trong đồn điền cùng với cành hoặc rễ của cây, hoặc được làm tróc vỏ và được đốt tại các xưởng cưa hoặc các nhà máy bào.

Trong những năm gần đây, cây thông, keo, bạch đàn và các cây tương tự được trồng làm nguyên liệu thô của bột giấy dùng để sản xuất giấy. Trong số các cây này, bạch đàn được trồng rộng rãi trên thế giới không những để sản xuất giấy mà còn để phủ xanh vì bạch đàn có hơn 500 loài, có khả năng thu hoạch trong khoảng từ 7 đến 10 năm do chúng tăng trưởng và sinh trưởng nhanh ở các vùng khô.

Mặt khác, việc sử dụng hữu ích sinh khối để làm giảm bớt sự phát thải khí CO<sub>2</sub> từ nhiên liệu hóa thạch trên quan điểm ngăn ngừa hiện tượng ấm lên toàn cầu đã thu hút được sự quan tâm trong những năm gần đây. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, việc sản xuất ethanol sinh học từ sinh khối có nguồn gốc thực phẩm như ngô và dạng tương tự làm cho giá lương thực tăng mạnh, và giá lương thực tăng mạnh gây ra các vấn đề nghiêm trọng cho các nước đang phát triển do thiếu lương thực. Do đó, sinh khối từ gỗ như sản xuất ethanol sinh học từ lignoxenluloza đã nhận được nhiều sự chú ý do sinh khối từ gỗ không được sử dụng làm nguồn thực phẩm.

Hiện tượng đường hóa mà phân giải xenluloza thành monosacarit như glucoza là quy trình quan trọng khi lignoxenluloza được sử dụng.

Về phương pháp tạo ra monosacarit từ lignoxenluloza, thì có ba phương pháp cơ bản đã được biết như phương pháp thủy phân bằng axit, phương pháp thủy phân bằng nước siêu tới hạn, và phương pháp đường hóa bằng enzym.

Phương pháp axit loãng và phương pháp axit đặc được đề xuất sử dụng tùy thuộc vào nồng độ của axit trong phương pháp thủy phân bằng axit (tài liệu patent 1, tài liệu patent 2). Trong phương pháp axit loãng, đòi hỏi cả nhiệt độ cao lẫn áp suất cao, và axit được bổ sung sẽ ăn mòn thiết bị. Ngoài ra, có vấn đề là chưa thiết lập được phương pháp quay vòng

sử dụng axit có hiệu quả kinh tế vì khó phân tách đường đã sản xuất và axit. Vì phương pháp axit đặc sử dụng nhiệt độ tương đối thấp và áp suất thấp, nên thiết bị phản ứng giá rẻ có thể được sử dụng và hiệu suất của glucoza là cao. Tuy nhiên, giống như trong phương pháp axit loãng, phương pháp axit đặc cũng không thể phân tách và quay vòng sử dụng axit có hiệu quả kinh tế từ đường đã sản xuất như phương pháp axit loãng, dẫn đến việc sinh ra một lượng lớn chất thải axit.

Mặt khác, phương pháp siêu tới hạn mà thủy phân xenluloza bằng cách sử dụng nước cận tới hạn hoặc nước siêu tới hạn đã được đề xuất (tài liệu patent 3, tài liệu patent 4). Phương pháp siêu tới hạn sử dụng hoàn toàn các tính chất của nước siêu tới hạn có khả năng phân giải xenluloza thành oligosacarit hoặc monosacarit trong khoảng thời gian ngắn. Tuy nhiên, do sự phân giải được thực hiện dưới nhiệt độ cao và áp suất cao, nên thiết bị được sử dụng để phân giải là đắt tiền và sự ăn mòn thiết bị có thể xảy ra do nước siêu tới hạn.

Trong phương pháp đường hóa bằng enzym, lignin và hemi-xenluloza trong lignoxenluloza liên kết với xenluloza, điều này ngăn không cho enzym tiếp xúc với xenluloza, dẫn đến hiệu suất của glucoza thấp. Do đó, việc xử lý bằng nước nóng có điều áp trước khi đường hóa bằng enzym, việc xử lý sơ bộ bằng phương pháp vật lý nhờ xử lý bằng hơi nước và làm nổ hoặc việc xử lý sơ bộ bằng phương pháp hóa học bằng axit hoặc kiềm được áp dụng cho quá trình đường hóa bằng enzym để thúc đẩy quá trình phân giải xenluloza nhờ enzym.

Phương pháp xử lý bằng nước nóng có điều áp trong đó lignoxenluloza được xử lý ở nhiệt độ cao như từ 128 đến 205°C và áp suất cao như từ 1 đến 2 MPa đã được đề xuất (tài liệu patent 5).

Ngoài ra, phương pháp xử lý bằng nước nóng có điều áp trong đó lignoxenluloza được xử lý ở nhiệt độ cao như từ 100 đến 500°C và áp suất cao như áp suất hơi bão hòa tới 50 MPa đã được đề xuất (tài liệu patent 6).

Phương pháp xử lý bằng hơi nước trong đó lignoxenluloza được xử lý ở nhiệt độ cao

như từ 158 đến 225°C và áp suất cao như từ 0,5 đến 3 MPa đã được đề xuất (tài liệu patent 7).

Ngoài ra, phương pháp xử lý bằng cách làm nổ mà quay trở lại áp suất bình thường ngay sau khi duy trì lignoxenluloza ở điều kiện giống như phương pháp xử lý bằng hơi nước đã được đề xuất (tài liệu patent 8).

Mỗi phương pháp nêu trên đều cần phải xử lý lignoxenluloza ở nhiệt độ cao và áp suất cao. Do đó, có vấn đề là cần phải có thiết bị phản ứng đắt tiền và năng lượng đầu vào lớn để tạo ra nhiệt độ cao và áp suất cao.

Phương pháp xử lý bằng axit trong đó lignoxenluloza được xử lý bằng axit sulfuric loãng 0,1 đến 5% ở nhiệt độ cao từ 140 đến 230°C, tiếp theo là nghiền ướt lignoxenluloza bằng thiết bị nghiền đã được đề xuất (tài liệu patent 9).

Phương pháp xử lý bằng kiềm trong đó sinh khối được xử lý bằng canxi hydroxit 2 đến 30% đã được đề xuất (tài liệu patent 10). Nhiều phương pháp xử lý bằng kiềm khác cũng đã được đề xuất (tài liệu patent từ 11 đến 14).

Trong mỗi phương pháp được đề xuất trên đây, glyxerol phải được cắt nhỏ trước đến kích cỡ từ vài milimet tới vài trăm micromet. Ngoài ra, do mỗi phương pháp được đề xuất trên đây cần phải có các điều kiện nhiệt độ cao và áp suất cao, nên có vấn đề là năng lượng đầu vào để tạo ra nhiệt độ cao và áp suất cao là lớn, và thiết bị phản ứng là đắt tiền. Nói chung, do cỡ hạt trở nên nhỏ, nên cần đến lượng năng lượng lớn. Tuy nhiên, các tài liệu patent này không bộc lộ lượng năng lượng cần để cắt nhỏ lignoxenluloza.

Trong những năm gần đây, nhiều phương pháp xử lý sơ bộ sinh khối đã được đề xuất. Tuy nhiên, nếu sinh khối không được cắt nhỏ đến kích cỡ nhỏ hơn vài milimet trong phương pháp xử lý sơ bộ, thì hiệu quả đường hóa trong quy trình đường hóa diễn ra ngay sau bước cắt nhỏ sẽ giảm đáng kể. Tuy nhiên, nếu sinh khối được cắt nhỏ đến kích cỡ nhỏ hơn vài milimet, thì năng lượng cần để tạo ra etanol sinh học sẽ vượt quá năng lượng cần được tạo ra từ sinh khối. Do đó, ngay cả khi tạo ra được etanol sinh học từ sinh khối, thì cũng sẽ không

đạt được việc giảm phát thải CO<sub>2</sub>.

Tài liệu patent 1: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã công bố số 2006-75007

Tài liệu patent 2: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã công bố số 2006-246711

Tài liệu patent 3: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số Hei 5-31000

Tài liệu patent 4: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số Hei 10-327900

Tài liệu patent 5: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã công bố số 2006-136263

Tài liệu patent 6: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã công bố số 2007-20555

Tài liệu patent 7: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số Hei 10-117800

Tài liệu patent 8: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số Sho 59-204997

Tài liệu patent 9: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã công bố số 2007-124933

Tài liệu patent 10: Công bố patent Nhật Bản số 3493026

Tài liệu patent 11: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã thẩm định số Sho 63-28597

Tài liệu patent 12: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số Sho 59-192093

Tài liệu patent 13: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số Sho 59-192094

Tài liệu patent 14: Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản đã công bố số 2008-092910.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Các vấn đề được giải quyết bởi sáng chế

Phương pháp xử lý sơ bộ để đường hóa lignoxenluloza bằng enzym như được mô tả trên đây gặp phải các vấn đề về chi phí, chẳng hạn việc xử lý sơ bộ như vậy được tiến hành

ở môi trường có nhiệt độ cao và áp suất cao và đòi hỏi lượng năng lượng lớn cho việc cắt nhỏ bằng máy.

Ngoài ra, lượng lignin là thấp hơn so với lượng xylem, và phương pháp tối ưu để biến đổi vỏ cây chứa lượng lớn thành phần hòa tan thành nguyên liệu thô của đường bằng cách đường hóa bằng enzym đã không được đề xuất.

Cụ thể hơn, sáng chế đề xuất phương pháp xử lý sơ bộ có khả năng thúc đẩy quá trình đường hóa lignoxenluloza bằng enzym bằng lượng năng lượng nhỏ ở điều kiện tương đối ôn hòa bằng cách sử dụng vỏ cây làm nguyên liệu thô.

**Biện pháp để giải quyết vấn đề**

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng lượng lignin là thấp hơn so với lượng xylem. Do đó, các tác giả sáng chế tập trung vào vỏ cây chứa lượng lớn các thành phần hòa tan bằng cách áp dụng biện pháp kỹ thuật có khả năng đường hóa vỏ cây bằng lượng năng lượng nhỏ và tạo ra etanol dưới đây.

[1] Phương pháp sản xuất đường bao gồm: phương pháp sản xuất đường từ vỏ cây, bước xử lý bằng kiềm bao gồm bước ngâm vỏ cây trong dung dịch chứa hợp chất kiềm, bước xử lý nghiền bao gồm bước nghiền cơ học vỏ cây đã được xử lý bằng kiềm, và bước đường hóa bằng enzym bao gồm bước đường hóa vỏ cây đã được nghiền bằng enzym.

[2] Phương pháp sản xuất đường theo [1], trong đó bước xử lý nghiền được tiến hành bằng cách mài bằng cách sử dụng thiết bị được chọn từ thiết bị nghiền hoặc thiết bị mài.

[3] Phương pháp sản xuất đường bao gồm: bước xử lý nghiền bao gồm bước nghiền vỏ cây trong đó cả vỏ cây lẫn dung dịch chứa hợp chất kiềm được đưa tới thiết bị được chọn từ thiết bị nhào trộn, thiết bị ép đùn hai trục hoặc thiết bị trộn hai trục, sau đó đồng thời xử lý bằng kiềm và xử lý nhào trộn, và bước đường hóa bằng enzym bao gồm bước đường hóa vỏ cây đã được nghiền bằng enzym.

[4] Phương pháp sản xuất đường theo mục bất kỳ trong số từ [1] tới [3], trong đó vỏ cây được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt nhỏ trước khi xử lý bằng kiềm, và mức giữ nước của vỏ

cây đã được cắt nhỏ trước khi xử lý bằng kiềm là từ 250 đến 2000%.

[5] Phương pháp sản xuất đường theo mục bất kỳ trong số từ [1] tới [3], trong đó vỏ cây được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục trước bước xử lý bằng kiềm.

[6] Phương pháp sản xuất đường theo mục bất kỳ trong số từ [1] tới [5], trong đó hợp chất kiềm là canxi hydroxit, việc tách vỏ cây và dung dịch kiềm diễn ra sau khi xử lý bằng kiềm, và đưa canxi hydroxit tái sinh từ dung dịch kiềm hoặc dung dịch kiềm này trở lại bước xử lý bằng kiềm.

[7] Phương pháp sản xuất đường theo mục bất kỳ trong số từ [1] tới [6], trong đó loài cây cho vỏ cây thuộc chi bạch đàn (*Eucalyptus*).

[8] Phương pháp sản xuất etanol bao gồm: bước lên men để lên men đường được sản xuất bằng phương pháp theo mục bất kỳ trong số từ [1] tới [7].

[9] Phương pháp sản xuất etanol theo [8], trong đó sau khi phần cặn lên men sinh ra từ bước lên men được xử lý cơ học, phần cặn lên men này được đường hóa và được lên men.

[10] Phương pháp sản xuất etanol, trong đó thành phần vô cơ sinh ra từ phần cặn lên men được nung để thành phần vô cơ này tạo thành canxi oxit khi đường được sản xuất bằng phương pháp [7] được lên men, và canxi oxit được tôi và được sử dụng trong bước xử lý bằng kiềm.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, vỏ cây được đường hóa bằng enzym một cách hiệu quả với mức năng lượng ít hơn, và sáng chế còn đề xuất phương pháp sản xuất etanol. Theo đó, sáng chế có khả năng tạo ra etanol sinh học từ vỏ cây mà chưa được sử dụng phổ biến làm nguồn tài nguyên từ gỗ trong công nghiệp.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là sơ đồ minh họa ví dụ về việc quay vòng sử dụng canxi trong bước đường hóa theo sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ minh họa ví dụ về việc quay vòng sử dụng canxi trong bước đường

hóa theo sáng chế.

Fig.3 là sơ đồ minh họa ví dụ về việc quay vòng sử dụng canxi trong bước đường hóa theo sáng chế.

Fig.4 là sơ đồ minh họa ví dụ về việc quay vòng sử dụng canxi trong bước đường hóa theo sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ minh họa ví dụ về việc quay vòng sử dụng canxi trong bước đường hóa theo sáng chế.

Fig.6 là sơ đồ minh họa ví dụ về bước đường hóa và bước lên men theo sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ minh họa ví dụ về bước đường hóa và bước lên men theo sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Dưới đây là phần mô tả chi tiết sáng chế.

Trong phương pháp sản xuất đường và etanol theo sáng chế, vỏ cây của các cây gỗ được sử dụng làm nguyên liệu. Nguyên liệu vỏ cây này không bị giới hạn một cách cụ thể, tuy nhiên, tốt hơn là sử dụng vỏ cây thuộc chi bạch đàn (*Eucalyptus*) vì vỏ cây thuộc chi bạch đàn (*Eucalyptus*) có độ dày thích hợp và lượng đường lớn (xenluloza). Ví dụ về loài cây thuộc chi bạch đàn (*Eucalyptus*) là loài *Grandis*, loài *Globulus*, loài *Nitens*, loài *Camaldulensis*, loài *Deglupta*, loài *Viminalis*, loài *Urophylla*, loài *Dunnii*, loài lai chéo và loài tương tự.

Vỏ cây bạch đàn chứa lượng lớn hợp chất vô cơ là canxi oxalat. Do đó, vỏ cây bạch đàn được ưu tiên đặc biệt làm nguyên liệu vỏ cây thô theo sáng chế do có khả năng thu hồi và quay vòng sử dụng các thành phần canxi trong bước đường hóa hoặc bước lên men etanol theo sáng chế.

Theo sáng chế, đường được tạo ra bằng cách tiến hành từng bước sau đây: bước xử lý bằng kiềm bao gồm bước ngâm vỏ cây trong dung dịch chứa hợp chất kiềm, bước xử lý nghiền bao gồm bước nghiền cơ học vỏ cây đã được xử lý bằng kiềm, và bước đường hóa bằng enzym bao gồm bước đường hóa vỏ cây đã được nghiền bằng enzym.

Nguyên liệu vỏ cây có thể được sử dụng ở dạng nguyên trạng. Miễn là vỏ cây được cắt thành vài chục cm<sup>2</sup> đến vài cm<sup>2</sup> có cân nhắc đến việc quản lý vỏ cây trong quá trình vận chuyển, thì vỏ cây này có thể được sử dụng ở dạng nguyên trạng cho bước xử lý bằng kiềm. Nếu vỏ cây là quá lớn, thì hình dạng hoặc kích thước của vỏ cây có thể được làm giảm xuống kích thước thích hợp nhờ xử lý cơ học như thiết bị chặt, thiết bị thái, thiết bị cắt nhỏ, thiết bị đập vụn và thiết bị tương tự. Vỏ cây tốt hơn là vỏ cây đã được nghiền vì hiệu quả đường hóa có thể được cải thiện trong quá trình tiếp theo của bước đường hóa. Trong phương pháp theo sáng chế, việc xử lý cơ học vỏ cây mà đã được xử lý bằng kiềm trong bước xử lý bằng kiềm có thể nghiền vỏ cây với ít năng lượng hơn. Do đó, không cần phải nghiền nguyên liệu vỏ cây thô đã được làm khô trước khi xử lý bằng kiềm.

Lượng bổ sung của hợp chất kiềm tính theo vỏ cây trong bước xử lý bằng kiềm không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là lượng bổ sung này là đủ để làm mềm vỏ cây. Lượng bổ sung của hợp chất kiềm được sử dụng tốt hơn là 0,1 phần khối lượng hoặc nhiều hơn, tốt hơn nữa là từ 0,1 đến 50 phần khối lượng, và tốt nhất là từ 6 đến 20 phần khối lượng tính theo 100 phần khối lượng của vỏ cây đã được làm khô.

Nhiệt độ xử lý trong bước xử lý bằng kiềm không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là nhiệt độ này là đủ để làm mềm vỏ cây. Nhiệt độ xử lý tốt hơn là từ 10 đến 300°C, tốt hơn nữa là từ 25 đến 95°C, và tốt nhất là từ 60 đến 95°C. Nhiệt độ thấp hơn 10°C có thể làm giảm tác dụng của kiềm.

Ngoài ra, bước xử lý bằng kiềm tốt hơn là được tiến hành ở áp suất thường vì bước xử lý bằng kiềm có thể được tiến hành bằng thiết bị đơn giản và giảm bớt năng lượng đầu vào.

Thời gian xử lý bằng kiềm không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là thời gian này là đủ để làm mềm vỏ cây và thúc đẩy quá trình đường hóa nguyên liệu. Thời gian xử lý tốt hơn là từ 1 phút đến 72 giờ, tốt hơn nữa là từ 3 phút đến 8 giờ và tốt nhất là từ 5 phút đến 1 giờ.

Theo sáng chế, vỏ cây được ngâm vào trong dung dịch chứa hợp chất kiềm, và tiếp tục tiến hành xử lý bằng kiềm bằng cách làm nóng vỏ cây nếu cần.

Lưu ý rằng, việc ngâm vỏ cây trong dung dịch chứa hợp chất kiềm theo sáng chế có thể được tiến hành theo các bước sau đây: hợp chất kiềm có thể được hòa tan trước trong nước; vỏ cây và hợp chất kiềm có thể được đưa đồng thời vào trong nước; vỏ cây và hợp chất kiềm có thể được trộn trước, sau đó tiếp tục được ngâm trong nước. Trong mọi trường hợp, vỏ cây đều phải được ngâm trong dung dịch chứa hợp chất kiềm.

Nồng độ của hợp chất kiềm trong dung dịch chứa hợp chất kiềm là 0,05% khối lượng hoặc lớn hơn, tốt hơn là từ 0,05 đến 10% khối lượng, và tốt hơn nữa là từ 1 đến 4% khối lượng.

Hợp chất kiềm được sử dụng trong bước xử lý bằng kiềm không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là hợp chất kiềm này là đủ để làm mềm vỏ cây. Ví dụ về hợp chất kiềm là natri hydroxit, kali hydroxit, natri cacbonat, natri hydro cacbonat, natri sunfit, amoniac hoặc hỗn hợp của hai hoặc nhiều hơn hai chất này.

Ngoài ra, canxi hydroxit cũng có thể được sử dụng làm hợp chất kiềm. Canxi hydroxit rẻ hơn tương đối so với các hợp chất kiềm khác. Ngoài ra, độ tan của canxi hydroxit là thấp hơn, do đó, canxi hydroxit có thể được thu hồi một cách dễ dàng dưới dạng chất kết tủa và được quay vòng sử dụng. Hơn nữa, mặc dù dung dịch chứa hợp chất kiềm được pha loãng bằng cách rửa hoặc cách tương tự, việc thu gom thành phần canxi sẽ dễ dàng vì canxi cacbonat kết tủa khi dung dịch này được trung hòa bằng cacbon đioxit.

Độ tan của dung dịch kiềm là thấp khi canxi hydroxit được sử dụng. Do đó, thành phần rắn của canxi hydroxit mà không tan trong dung dịch phải được bao gồm trong dung dịch với dung dịch kiềm một cách đồng thời.

Lượng bổ sung của canxi hydroxit không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là lượng bổ sung của canxi hydroxit này là đủ để làm mềm nguyên liệu vỏ cây thô và thúc đẩy quá trình đường hóa. Lượng bổ sung của canxi hydroxit tốt hơn là từ 0,1 đến 50 phần khối lượng

tính theo 100 phần khối lượng của vỏ cây đã được làm khô. Khi lượng bổ sung của canxi hydroxit là ít hơn 0,1 phần khối lượng, thì việc thúc đẩy quá trình đường hóa nguyên liệu vỏ cây thô bằng cách xử lý bằng kiềm có thể không hiệu quả. Khi lượng bổ sung của canxi hydroxit vượt quá 50 phần khối lượng, thì hiệu quả mang lại bởi canxi hydroxit đạt tới trạng thái bình ổn. Do đó, lượng bổ sung của canxi hydroxit tốt hơn nữa là từ 5 đến 25 phần khối lượng.

Lượng bổ sung của nước tốt hơn là từ 5 đến 20 phần khối lượng tính theo 1 phần khối lượng của nguyên liệu vỏ cây thô đã được làm khô. Khi lượng bổ sung của nước vượt quá 20 phần khối lượng, thì năng lượng để làm nóng nước trở nên lớn, dẫn đến sự cân bằng năng lượng giữa đầu vào và đầu ra không tốt. Khi lượng bổ sung của nước ít hơn 5 phần khối lượng, thì sự tiếp xúc của nguyên liệu vỏ cây thô và canxi hydroxit trở nên không đủ, và hiệu quả thúc đẩy quá trình đường hóa có thể không thu được một cách thỏa đáng. Cần lưu ý rằng, độ tan của canxi hydroxit là thấp đến 1,7 g/L. Do đó, điều quan trọng là phải để cho dung dịch canxi hydroxit chảy để tiếp xúc với vỏ cây và canxi hydroxit rắn trong bước xử lý bằng kiềm.

Bước xử lý nghiền để nghiền cơ học vỏ cây đã được ngâm trong dung dịch kiềm không bị giới hạn một cách cụ thể. Ví dụ về thiết bị nghiền để nghiền vỏ cây đã được mài bao gồm thiết bị nghiền, thiết bị mài hoặc thiết bị tương tự.

Việc xử lý mài trên đây nghĩa là nguyên liệu vỏ cây thô đã được xử lý bằng kiềm được xử lý bằng lực cắt. Ví dụ về dụng cụ mài, thiết bị mài và thiết bị nghiền được sử dụng để sản xuất bột giấy có thể được sử dụng. Ví dụ về thiết bị mài, thiết bị mài sử dụng đá, thiết bị mài sử dụng đá mài hoặc thiết bị bất kỳ trong số các loại thiết bị này có thể được sử dụng.

Ngoài ra, ví dụ về thiết bị nghiền, thiết bị nghiền tập trung mức độ cao được sử dụng để sản xuất bột giấy cơ học từ gỗ có thể được sử dụng. Về các loại thiết bị nghiền, thiết bị nghiền kiểu đĩa đơn mà có thể mài nguyên liệu bằng cánh cố định và đĩa quay, thiết bị nghiền kiểu đĩa kép mà có thể mài nguyên liệu bằng hai đĩa quay quay theo các chiều ngược nhau,

và thiết bị nghiền kiểu đĩa đôi mà có thể mài nguyên liệu bằng cánh cố định và đĩa quay được đặt trên cả hai phía của cánh cố định có thể được sử dụng. Ngoài ra, thiết bị nghiền kiểu đĩa hình nón trong đó các đĩa quay không phải là các đĩa dẹt mà là các đĩa hình nón có thể được sử dụng.

Ngoài ra, thiết bị mài có khuấy vật liệu nền kiểu ướt cũng có thể được sử dụng. Thiết bị này có khả năng mài vật liệu nền và xenluloza dạng sợi được nạp vào trong thùng mài bằng cách cho phép quay thiết bị khuấy lắp trong thùng mài ở tốc độ cao, làm cho vật liệu nền và xenluloza dạng sợi được khuấy và tạo ra lực cắt. Ví dụ, thiết bị mài sử dụng cát là thiết bị điển hình.

Thay vì tiến hành bước xử lý nghiền sau khi xử lý bằng kiềm, nguyên liệu vỏ cây thô có thể được nghiền bằng cách tiến hành xử lý bằng kiềm và xử lý nhào trộn đồng thời bằng cách trộn nguyên liệu vỏ cây thô và dung dịch chứa hợp chất kiềm trong thiết bị nhào trộn.

Việc xử lý nhào trộn trên đây nghĩa là nguyên liệu vỏ cây thô được nghiền bằng lực vật lý trong khi trộn dung dịch chứa hợp chất kiềm. Ví dụ về thiết bị nhào trộn là thiết bị nhào trộn, thiết bị phân tán, thiết bị ép dùn, thiết bị trộn hoặc thiết bị tương tự có thể được sử dụng. Trong số các thiết bị này, thiết bị nhào trộn mà chủ yếu được sử dụng để nhào trộn được ưu tiên sử dụng, và cụ thể là, thiết bị nhào trộn hai trục được ưu tiên sử dụng hơn.

Cụ thể, vỏ cây bạch đàn là mềm, vỏ cây này được nghiền một cách dễ dàng bằng thiết bị nhào trộn hoặc thiết bị tương tự trong hợp chất kiềm.

Khi bước xử lý nghiền được tiến hành bằng cách xử lý nhào trộn, thì lượng bổ sung của hợp chất kiềm tính theo vỏ cây không bị giới hạn một cách cụ thể. Lượng bổ sung của hợp chất kiềm thay đổi theo từng trường hợp, do đó, có thể lựa chọn theo yêu cầu.

Ví dụ, khi natri hydroxit được dùng làm hợp chất kiềm, thì lượng bổ sung của hợp chất kiềm tốt hơn là 0,1 phần khối lượng hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 1 phần khối lượng hoặc lớn hơn, tốt nhất là 5 phần khối lượng hoặc lớn hơn tính theo 100 phần khối lượng của vỏ cây đã được làm khô. Khi lượng bổ sung của hợp chất kiềm vượt quá 30 phần khối lượng,

thì hiệu quả mang lại bởi hợp chất kiềm đạt tới mức bình ổn.

Do đó, lượng bổ sung của hợp chất kiềm vượt quá 30 phần khối lượng chỉ làm lãng phí chất phản ứng và dung dịch rửa.

Khi bước xử lý nghiền được tiến hành bằng cách xử lý nhào trộn, thì tỷ lệ của lượng bổ sung của dung dịch kiềm tính theo vỏ cây tốt hơn là từ 1 đến 6 khi được biểu thị bằng mL tính theo 1 g vỏ cây đã được làm khô. Khi tỷ lệ của lượng bổ sung của dung dịch kiềm tính theo vỏ cây là nhỏ hơn 1, thì việc xử lý bằng kiềm đối với vỏ cây là không đủ, làm cho việc đường hóa kém. Ngoài ra, năng lượng cơ học do biến đổi vỏ cây thành xơ trở nên lớn. Khi tỷ lệ của lượng bổ sung của dung dịch kiềm vượt quá 6, thì năng lượng nhiệt cần để làm nóng dung dịch kiềm tăng lên, và làm cho bước xử lý nghiền kém hiệu quả.

Nồng độ của dung dịch kiềm được sử dụng cho bước xử lý nghiền bằng cách xử lý nhào trộn tốt hơn là từ 5 đến 30%. Khi nồng độ của dung dịch kiềm nhỏ hơn 5%, thì bước xử lý nghiền không được thực hiện hoàn toàn. Khi nồng độ của dung dịch kiềm vượt quá 30%, thì gây ra hiện tượng phân hủy vỏ cây.

Nhiệt độ xử lý của bước xử lý nghiền bằng cách xử lý nhào trộn không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là nhiệt độ xử lý này có thể làm mềm vỏ cây, và nhiệt độ này tốt hơn là từ 25 đến 300°C, tốt hơn nữa là từ 90 đến 200°C. Khi nhiệt độ là nhỏ hơn 25°C, thì bước xử lý nghiền có thể không được thực hiện hoàn toàn. Khi nhiệt độ vượt quá 300°C, thì gây ra hiện tượng phân hủy vỏ cây.

Thời gian xử lý của bước xử lý nghiền bằng cách xử lý nhào trộn không bị giới hạn một cách cụ thể, miễn là đảm bảo đủ thời gian xử lý để làm mềm vỏ cây. Thời gian xử lý của bước xử lý nghiền bằng cách xử lý nhào trộn tốt hơn là từ 30 giây đến 10 phút.

Vỏ cây càng được xử lý tinh bằng cách xử lý nhào trộn, thì hiệu quả của việc đường hóa càng tăng lên. Tuy nhiên, sẽ cần đến nhiều năng lượng cần thiết hơn cho bước đường hóa. Do đó, tốt hơn là sử dụng xơ vỏ cây trong khoảng kích thước thích hợp. Cụ thể, độ dài xơ trung bình và đường kính xơ trung bình của xơ vỏ cây tốt hơn là từ 2 đến 4 mm và từ 100

đến 400  $\mu\text{m}$ , một cách tương ứng.

Sự gia tăng sản lượng đường trong bước đường hóa tiếp theo có thể đạt được bằng cách tiến hành bước xử lý nghiền như mài hoặc nhào trộn trên đây. Do vỏ cây đã được làm mềm bằng cách xử lý bằng kiềm, nên năng lượng đầu vào cần cho bước xử lý nghiền không gặp vấn đề đáng kể so với sự gia tăng sản lượng đường.

Theo sáng chế, sau khi vỏ cây được xử lý trong bước xử lý bằng kiềm và bước xử lý nghiền, hoặc sau khi vỏ cây được xử lý bằng bước xử lý bằng kiềm và bước xử lý nghiền bằng cách xử lý nhào trộn, thì vỏ cây được cô đặc, rửa, hoặc được điều chỉnh độ pH nếu cần. Sau đó, vỏ cây được xử lý bằng bước đường hóa bằng enzym bằng enzym diastaza.

Trong bước xử lý đường hóa bằng enzym, thành phần xenluloza trong vỏ cây đã được nghiền được đường hóa bằng enzym diastaza.

Bước xử lý đường hóa bằng enzym được tiến hành bằng cách sử dụng cùng loại enzym, thời gian phản ứng, nhiệt độ phản ứng hoặc các điều kiện tương tự của bước xử lý bằng đường hóa đối với sinh khối lignoxenluloza thông thường.

Lưu ý rằng, bước đường hóa bằng enzym theo sáng chế có thể lên men rượu đồng thời với việc đường hóa, hoặc có thể là bước đường hóa/lên men mà có thể lên men axit lactic. Sau đây, phương pháp lên men nguyên liệu đồng thời với việc đường hóa được gọi là đường hóa/lên men.

Ví dụ về enzym phân giải xenluloza được sử dụng cho bước đường hóa bao gồm xenlobiohydrolaza đã được hoạt hóa, endoglucanaza đã được hoạt hóa và  $\beta$ -glucosidaza đã được hoạt hóa. Các enzym này được gọi là xenluloza.

Trong mỗi enzym phân giải xenluloza, lượng thích hợp của enzym có hoạt tính đặc hiệu có thể được bổ sung trong bước đường hóa. Chế phẩm xenluloza có trên thị trường có một xenluloza đã được hoạt hoá trong số nêu trên và nhiều chế phẩm xenluloza có trên thị trường có hemixenluloza đã được hoạt hóa. Do đó, chế phẩm xenluloza có trên thị trường có thể được sử dụng cho enzym phân giải xenluloza.

Ví dụ về chế phẩm xenluloza có trên thị trường bao gồm chế phẩm có nguồn gốc từ *Trichoderma*, *Acremonium*, *Aspergillus*, *Phanerochaete*, *trametes*, *Humicola* và *Bacillus*. Ví dụ về tên sản phẩm của các chế phẩm xenluloza có trên thị trường bao gồm Cellucine T2 (được sản xuất bởi HPI Co., Ltd), Meicelase (được sản xuất bởi Meiji Seika Kaisha, Ltd.), Novozyme 188 (được sản xuất bởi Novozymes), MultifectCX10L (được sản xuất bởi Genencor), và dạng tương tự.

Lượng được sử dụng cho chế phẩm xenluloza tính theo 100 phần khối lượng của thành phần rắn trong nguyên liệu thô tốt hơn là từ 0,5 đến 100 phần khối lượng và tốt hơn nữa là từ 1 đến 50 phần khối lượng.

Độ pH cho phản ứng đường hóa tốt hơn là từ 4 đến 7. Nhiệt độ phản ứng tốt hơn là từ 30 đến 60°C và tốt hơn nữa là từ 35 đến 50°C. Bước phản ứng tốt hơn là phương pháp liên tục; tuy nhiên, phương pháp theo mẻ có thể được sử dụng. Thời gian phản ứng đường hóa thay đổi theo nồng độ enzym. Trong trường hợp sử dụng phương pháp theo mẻ, thời gian phản ứng từ 0,5 đến 72 giờ được ưu tiên áp dụng, và tốt hơn nữa là thời gian phản ứng từ 2 đến 48 giờ được áp dụng. Trong trường hợp sử dụng phương pháp liên tục, thời gian lưu trữ trung bình tốt hơn là từ 0,5 đến 48 giờ và tốt hơn nữa là từ 1 đến 24 giờ.

Nồng độ của nguyên liệu thô trong bước đường hóa tốt hơn là từ 10 đến 30% khối lượng. Khi nồng độ là nhỏ hơn 10% khối lượng, thì nồng độ của sản phẩm cuối cùng sẽ quá thấp, và chi phí cho việc cô sản phẩm cuối cùng sẽ cao. Ngoài ra, khi nồng độ trở nên cao như vượt quá 30% khối lượng, thì việc khuấy nguyên liệu thô sẽ khó và năng suất sẽ giảm.

Vỏ cây tốt hơn là được khử trùng trước khi được xử lý trong bước đường hóa bằng enzym. Nếu vỏ cây bị nhiễm vi khuẩn, thì vi khuẩn này sẽ tiêu thụ đường, làm giảm năng suất sản phẩm khi vỏ cây được đường hóa bằng enzym.

Bước khử trùng có thể được tiến hành bằng phương pháp cho vỏ cây tiếp xúc với độ pH nằm trong khoảng giá trị mà khó cho vi khuẩn phát triển, bằng cách sử dụng axit hoặc kiềm; hoặc phương pháp xử lý vỏ cây ở nhiệt độ cao hoặc kết hợp cả hai phương pháp này.

Vỏ cây đã được xử lý bằng axit hoặc kiềm tốt hơn là được sử dụng sau khi điều chỉnh độ pH của vỏ cây gần tới độ pH trung tính, hoặc độ pH thích hợp cho bước đường hóa và/hoặc đường hóa/lên men. Khi vỏ cây được khử trùng ở nhiệt độ cao, vỏ cây tốt hơn là được sử dụng sau khi làm nguội nhiệt độ của vỏ cây xuống nhiệt độ phòng hoặc xuống nhiệt độ thích hợp cho bước đường hóa/lên men. Việc sử dụng vỏ cây sau khi điều chỉnh nhiệt độ hoặc độ pH có thể ngăn ngừa enzym khỏi bị mất hoạt tính của nó do tiếp xúc với khoảng giá trị độ pH không thích hợp hoặc khoảng giá trị nhiệt độ không thích hợp.

Theo sáng chế, vỏ cây được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt nhỏ trước khi xử lý bằng kiềm, và mức giữ nước của vỏ cây đã được cắt nhỏ trước khi xử lý bằng kiềm tốt hơn là từ 250 đến 2000%, và tốt hơn nữa là từ 280 đến 400%. Vỏ cây được cắt nhỏ để có mức giữ nước là 250% hoặc lớn hơn. Nhờ đó, kiềm nhanh chóng ngấm vào trong vỏ cây đã được cắt nhỏ và khoảng thời gian để xử lý bằng kiềm có thể được rút ngắn. Nếu vỏ cây được cắt nhỏ để có mức giữ nước vượt quá 2000%, thì năng lượng để cắt nhỏ vỏ cây trở nên quá lớn.

Ngoài ra, tỷ lệ phần trăm của mức giữ nước của vỏ cây trên đây được đo như sau.

Vỏ cây đã được cắt nhỏ được làm khô tới khối lượng không đổi ở  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ . 100 g mẫu được gom từ vỏ cây đã được cắt nhỏ, làm khô và xử lý, và được ngâm vào trong 1000 g nước trong 5 phút. Năm phút sau, toàn bộ lượng mẫu này được lọc bằng sàng có lỗ 1 mm (đường kính 150 mm, tỷ lệ diện tích lỗ 4,2%), và đo lượng nước được giữ lại trong vỏ cây đã được cắt nhỏ và xử lý. Tỷ lệ phần trăm của mức giữ nước được tính toán như sau:

Tỷ lệ phần trăm của mức giữ nước = lượng nước được giữ lại (g) / 100 g x 100).

Theo sáng chế, việc cắt nhỏ vỏ cây bằng cách sử dụng thiết bị cắt một trục trước bước xử lý bằng kiềm tốt hơn là được tiến hành để cải thiện hiệu quả đường hóa.

Thiết bị cắt một trục có cánh quay được gắn vào rôto quay; bộ phận đẩy để đẩy nguyên liệu tới cánh quay; cánh cố định được gắn vào bộ phận đẩy, và nguyên liệu được cắt nhỏ giữa cánh quay và cánh cố định.

Khi vỏ cây được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục, thì có thể cắt nhỏ vỏ cây thành

xơ với năng lượng đầu vào ít hơn tương đối. Hiệu quả của bước đường hóa tiếp theo tăng lên nhờ sử dụng xơ vỏ cây. Tuy nhiên, sẽ cần đến nhiều năng lượng cần thiết hơn cho bước đường hóa. Do đó, tốt hơn là sử dụng xơ vỏ cây trong khoảng kích thước thích hợp. Cụ thể, xơ vỏ cây có độ dài 3 mm hoặc lớn hơn tốt hơn là chiếm 20% hoặc lớn hơn của toàn bộ xơ vỏ cây. Hơn thế nữa, xơ vỏ cây có độ dài 3 mm hoặc lớn hơn chiếm 20% hoặc lớn hơn của toàn bộ xơ vỏ cây cũng như xơ vỏ cây có độ dài 10 mm hoặc lớn hơn chiếm 50% hoặc nhỏ hơn được ưu tiên sử dụng hơn. Xơ vỏ cây có độ dài 3 mm hoặc lớn hơn chiếm 20% hoặc lớn hơn của toàn bộ xơ vỏ cây cũng như xơ vỏ cây có độ dài 10 mm hoặc lớn hơn chiếm 10% hoặc nhỏ hơn được ưu tiên sử dụng nhất.

Trong phương pháp sản xuất đường theo sáng chế, tốt hơn là sử dụng canxi hydroxit làm hợp chất kiềm, và tốt hơn là tách vỏ cây và dung dịch kiềm sau khi xử lý bằng kiềm, và đưa canxi hydroxit tái sinh từ dung dịch kiềm hoặc dung dịch kiềm này trở lại bước xử lý bằng kiềm.

Trong phương pháp tách vỏ cây và dung dịch kiềm sau khi xử lý bằng kiềm, dung dịch kiềm được cô đặc bằng cách loại nước sau khi xử lý bằng kiềm. Ví dụ về việc cô đặc dung dịch kiềm bao gồm lọc ở áp suất thường bằng cách sử dụng thiết bị lọc hoặc dạng tương tự, lọc áp lực, lọc hút hoặc tách ly tâm.

Dịch lỏng đã được lọc bao gồm canxi hydroxit hòa tan và/hoặc canxi hydroxit rắn. Theo sáng chế, 20 đến 70% khối lượng canxi hydroxit tính theo lượng canxi hydroxit đầu vào được chứa trong dịch lỏng đã được lọc này. Dịch lỏng đã được lọc có thể được quay vòng sử dụng trong bước xử lý bằng kiềm (xem Fig.1).

Nhờ việc quay vòng nêu trên, có thể giảm bớt lượng sử dụng của canxi hydroxit và nước nhờ việc quay vòng sử dụng dịch lỏng chứa canxi hydroxit trong bước xử lý bằng kiềm. Do canxi hydroxit gắn vào vỏ cây rắn đã được loại nước được chuyển tới bước tiếp theo, nên cần bổ sung canxi hydroxit khi quay vòng sử dụng. Ngoài ra, dịch lỏng chứa canxi hydroxit có thể được quay vòng sử dụng sang bước xử lý bằng kiềm sau khi loại bỏ thành phần hữu

cơ chứa trong dịch lỏng bằng cách lọc hoặc cách tương tự ở giữa bước quay vòng sử dụng nếu cần.

Ngoài ra, canxi hydroxit có thể được thu hồi từ dịch lỏng đã được lọc và nung, nếu cần (xem Fig.2).

Vỏ cây đã được loại nước trên đây sau đó được xử lý bằng phương pháp cơ học như nêu trên như được thể hiện trên Fig.3. Cụ thể, vỏ cây đã được loại nước tốt hơn là được mài bằng thiết bị nghiền hoặc thiết bị mài.

Trong bước xử lý mài, nước có thể được dùng nếu cần. Trong trường hợp xử lý mài bằng thiết bị nghiền, tốt hơn là 2 phần khối lượng nước hoặc lớn hơn tính theo 1 phần khối lượng thành phần rắn tuyệt đối của vỏ cây được sử dụng, và tốt hơn nữa là từ 5 đến 20 phần khối lượng nước tính theo 1 phần khối lượng thành phần rắn tuyệt đối của vỏ cây.

Bước xử lý mài có thể được tiến hành ngay sau khi xử lý bằng kiềm, tiếp đó là xử lý cô đặc như được thể hiện trên Fig.4. Trong trường hợp như vậy, kiềm được cho thấm từ bề mặt mới được tạo ra của xơ vỏ cây bằng cách mài, giúp cải thiện hiệu quả của bước xử lý bằng kiềm. Mặt khác, nó có thể làm giảm hiệu quả của việc xử lý cô đặc nếu xơ vỏ cây đã được nghiền được tạo ra.

Sau khi vỏ cây được xử lý bằng kiềm bằng canxi hydroxit, thì bước rửa tốt hơn là được tiến hành bằng cách rửa vỏ cây đã được loại nước khỏi dung dịch kiềm, hoặc vỏ cây đã được mài mà được tạo ra từ vỏ cây đã được loại nước khỏi dung dịch kiềm. Bước rửa được tiến hành bằng cách bổ sung nước vào nguyên liệu đã được xử lý bằng kiềm, tiếp đó là rửa canxi hydroxit gắn vào nguyên liệu đã được xử lý bằng kiềm, hoặc thải bỏ canxi hydroxit bằng cách cho nó hòa tan trong nước. Trong bước rửa, thiết bị rửa nghiêng, thiết bị rửa cô, thiết bị rửa bột giấy hoặc thiết bị tương tự có thể được sử dụng. Nước thải sinh ra từ bước này bao gồm canxi hydroxit hoặc canxi oxalat chứa trong vỏ cây. Do độ tan của các canxi này là thấp, nên hầu hết canxi này có thể được quay vòng sử dụng làm thành phần rắn bằng cách tiến hành tách rắn-lỏng. Thành phần rắn của canxi được nung để tạo thành canxi oxit.

Canxi oxit được tôi, và được cho quay vòng sử dụng làm canxi hydroxit.

Trước khi tiến hành tách rắn-lỏng, cacbon đioxit được cấp vào huyền phù đặc để trung hòa chất lỏng, và việc quay vòng sử dụng thành phần rắn của canxi có thể được thúc đẩy (xem Fig.1 và Fig.2).

Ngoài ra, một phần hoặc toàn bộ dịch lỏng chứa canxi hydroxit được tách trong quá trình tách rắn-lỏng ở trên có thể được thu hồi bằng cách áp dụng bước trung hòa để trung hòa dịch lỏng bằng cacbon đioxit. Canxi cacbonat được tạo ra bằng cách trung hòa được thu hồi bằng cách kết tủa canxi cacbonat trong bể kết tủa hoặc dạng tương tự. Canxi hydroxit được tạo ra từ canxi cacbonat thu hồi được, và canxi hydroxit này có thể được quay vòng sử dụng trong bước xử lý bằng kiềm theo sáng chế.

Dịch lỏng không chứa canxi cacbonat có thể được quay vòng sử dụng làm nước cho bước xử lý bằng kiềm và bước rửa. Hơn nữa, dịch lỏng không chứa canxi cacbonat có thể được thải do tải trọng môi trường của nó là không đáng kể.

Cacbon đioxit được sử dụng cho bước trung hòa có thể là ở thể khí hoặc rắn, và có thể được hòa tan trong dịch lỏng.

Khi vỏ cây đã được xử lý sơ bộ theo sáng chế được đường hóa, và tiếp tục được lên men để tạo ra etanol, thì cacbon đioxit được tạo ra dưới dạng sản phẩm phụ. Do đó, tốt hơn là cacbon đioxit được thu hồi và được sử dụng cho việc trung hòa.

Khi bước mài không được tiến hành sau bước xử lý bằng kiềm bằng canxi hydroxit, thì bước mài có thể được tiến hành sau bước rửa như được thể hiện trên Fig.5. Trong trường hợp như vậy, sẽ có lợi là việc tách vỏ cây và dịch lỏng trong bước rửa là dễ dàng. Tuy nhiên, mặt khác, nồng độ kiềm trong bước xử lý mài có thể là thấp.

Theo sáng chế, etanol có thể được tạo ra bằng cách tiến hành bước lên men để lên men đường được sản xuất bằng phương pháp sản xuất đường.

Trong bước lên men theo sáng chế, sản phẩm lên men có thể được sản xuất bằng cách lên men glucoza hoặc dạng tương tự thu được trong bước trước đó bằng vi sinh vật.

Nồng độ của nguyên liệu thô trong bước lên men tốt hơn là từ 10 đến 30% khối lượng. Khi nồng độ ít hơn 10% khối lượng, thì nồng độ sản phẩm cuối cùng sẽ quá thấp, và chi phí cho việc cô đặc sản phẩm cuối cùng sẽ đắt. Ngoài ra, khi nồng độ trở nên cao ví dụ vượt quá 30% khối lượng, thì việc khuấy nguyên liệu thô sẽ trở nên khó và năng suất sẽ giảm.

Theo sáng chế, nấm men có thể được sử dụng làm vi sinh vật để lên men, và môi trường nuôi cấy có thể được sử dụng với vi sinh vật này. Cụ thể, *Saccharomyces cerevisiae* hoặc dạng tương tự có thể được sử dụng.

Ngoài ra, vi sinh vật có thể được làm bất động. Việc làm bất động vi sinh vật cho phép bỏ qua bước sử dụng vi sinh vật với dịch lỏng và thu hồi nó trong bước tiếp theo. Ít nhất việc làm bất động vi sinh vật cho phép giảm bớt khối lượng trong bước thu hồi, và giảm bớt rủi ro bị mất vi sinh vật. Hơn nữa, việc chọn vi sinh vật có khả năng kết tụ cho phép thu hồi vi sinh vật một cách dễ dàng. Tuy nhiên, điều này lại không có lợi như làm bất động vi sinh vật chẳng hạn.

Bước chưng cất có thể được tiến hành sau bước lên men trong sáng chế. Trong bước chưng cất, sản phẩm lên men được tách bằng cách chưng cất trong thiết bị chưng cất dưới áp suất giảm. Sản phẩm lên men có thể được tách ở nhiệt độ thấp dưới áp suất giảm, do đó cho phép ngăn chặn sản phẩm lên men khỏi bị mất hoạt tính enzym. Ví dụ về các thiết bị chưng cất dưới áp suất giảm bao gồm thiết bị làm bay hơi dạng quay, thiết bị làm bay tức thời hoặc dạng tương tự.

Nhiệt độ chưng cất tốt hơn là từ 25 đến 60°C. Khi nhiệt độ chưng cất ít hơn 25°C, thì việc làm bay hơi sản phẩm tiêu tốn thời gian và năng suất giảm. Ngoài ra, khi nhiệt độ chưng cất cao hơn 60°C, thì hoạt tính enzym bị mất do biến tính do nhiệt. Do đó, làm giảm giá trị kinh tế do lượng bổ sung của oxy mới được bổ sung tăng lên.

Nồng độ của sản phẩm lên men được duy trì trong phần cặn sau khi chưng cất tốt hơn là nhỏ hơn 0,1% khối lượng. Nồng độ trong giới hạn như vậy cho phép giảm bớt lượng sản phẩm lên men thải ra cùng với chất rắn trong bước tách rắn-lỏng tiếp theo, và cải thiện

hiệu suất của etanol.

Như được mô tả trên đây, đường hóa và lên men có thể được tiến hành trong cùng một bước. Trong trường hợp như vậy, việc áp dụng enzym phân giải xenluloza và vi sinh vật cần để lên men cho phép tiến hành đường hóa và lên men đồng thời.

Độ pH cho phản ứng đường hóa/lên men tốt hơn là từ 4 đến 7. Nhiệt độ phản ứng tốt hơn là từ 25 đến 50°C và tốt hơn nữa là từ 30 đến 40°C. Bước phản ứng tốt hơn là phương pháp liên tục; tuy nhiên, phương pháp theo mẻ có thể được sử dụng. Thời gian phản ứng đường hóa/lên men thay đổi theo nồng độ enzym. Trong trường hợp của phương pháp theo mẻ, thì thời gian phản ứng từ 10 đến 240 giờ tốt hơn là được áp dụng, và tốt hơn nữa là từ 15 đến 160 giờ. Trong trường hợp của phương pháp liên tục, thời gian lưu trữ trung bình tốt hơn là từ 10 đến 150 giờ và tốt hơn nữa là từ 15 đến 100 giờ.

Theo sáng chế, cả bước đường hóa lẫn lên men tiếp theo và bước đường hóa và lên men đồng thời được gọi là (bước) đường hóa/lên men.

Trong bước lên men trên đây, hexoza có nguồn gốc từ xenluloza như glucoza, pentoza có nguồn gốc từ hemixenluloza như mannoza, galactoza hoặc dạng tương tự được lên men rượu. Tuy nhiên, vài pentoza là pentoza không bị phản ứng. Trong trường hợp như vậy, enzym chắc chắn làm lên men pentoza có thể được bổ sung hoặc pentoza không bị phản ứng có thể được xử lý trong một bước khác.

Trong phương pháp sản xuất etanol theo sáng chế, sau khi phân cặn lên men thu được từ bước đường hóa/lên men được xử lý cơ học, thì bước đường hóa và lên men có thể được tiến hành.

Việc xử lý cơ học phân cặn lên men nghĩa là phân cặn được mài bằng phương pháp cơ học tùy ý và cho phép phân cặn ở dạng thích hợp để đường hóa/lên men. Ví dụ về thiết bị dùng cho việc xử lý mài bao gồm thiết bị giống như thiết bị được sử dụng cho việc xử lý mài (bước xử lý mài thứ nhất) mà là bước xử lý cơ học sau khi xử lý bằng kiềm như thiết bị mài, thiết bị nghiền hoặc dạng tương tự.

Vì phần cặn lên men sau khi lên men đã mềm, nên việc sử dụng thiết bị nghiền được ưu tiên sử dụng. Ngoài ra, khi thiết bị nghiền được sử dụng trong bước xử lý mài thứ nhất, tốt hơn là làm tăng mức độ nghiền để nghiền phần cặn lên men so với bước xử lý mài thứ nhất. Khi cùng thiết bị nghiền được sử dụng cho cả bước xử lý mài thứ nhất lẫn bước mài phần cặn lên men, thì tốt hơn là sử dụng cánh của thiết bị nghiền hẹp hơn với khe hở 0,1 mm hoặc lớn hơn để mài phần cặn lên men so với bước xử lý mài thứ nhất.

Việc xử lý bằng kiềm có thể được tiến hành trước hoặc sau bước xử lý cơ học của bước xử lý cặn lên men.

Cùng chất phản ứng và điều kiện xử lý được sử dụng trong xử lý bằng kiềm cho vỏ cây có thể được sử dụng để xử lý bằng kiềm của bước trên đây.

Xét về khía cạnh hiệu quả của quá trình đường hóa bằng enzym, thì việc thực hiện bước đường hóa/lên men đồng thời có nhiều ưu điểm. Việc xử lý cơ học phần cặn lên men trong trường hợp trên đây được giải thích như sau.

Khi phần cặn lên men thu được từ bước đường hóa/lên men được xử lý cơ học, tiếp theo đường hóa và lên men được tiến hành, phương án thứ nhất (xem Fig.6) để lên men phần cặn ở một bước đường hóa/lên men khác (bước đường hóa/lên men thứ hai) tạo ra bước đường hóa/lên men thứ nhất (bước đường hóa/lên men thứ nhất), và phương án thứ hai (xem Fig.7) để đưa phần cặn lên men đã được xử lý cơ học sang bước đường hóa/lên men thứ nhất được áp dụng.

Trong trường hợp của phương án thứ nhất, bước đường hóa/lên men thứ nhất và bước đường hóa/lên men thứ hai là độc lập với nhau, do đó, hoặc phương pháp theo mẻ hoặc phương pháp liên tục có thể được sử dụng.

Trong trường hợp của phương án thứ hai, nếu phương pháp theo mẻ được áp dụng cho bước đường hóa/lên men thứ nhất, thì phương pháp theo mẻ phải được sử dụng cho bước đường hóa/lên men thứ hai. Phần cặn lên men của lô thứ nhất của bước đường hóa/lên men thứ nhất được xử lý trong bước đường hóa/lên men thứ hai, và phần cặn đã được xử lý được

trộn vào lô thứ hai của bước đường hóa/lên men thứ nhất. Cách tương tự trên đây được tiếp tục về sau. Do đó, lượng phần cặn đã được xử lý được cấp cho lô mới của bước đường hóa/lên men thứ nhất được điều chỉnh để có cùng lượng trong mọi lô, bao gồm cả phần cặn cần được trộn. Hơn nữa, sau khi nhiều lô được sử dụng, cần phải thải phần cặn. Bước này giống như trong phương pháp liên tục. Tốt hơn là tiếp tục xử lý trong bước đường hóa/lên men thứ nhất và bước đường hóa/lên men thứ hai, và cần phải thải phần cặn vào thời điểm tùy ý. Lý do để thải phần cặn là để ngăn ngừa phản ứng đường hóa khỏi bị ức chế do sự tích tụ của sản phẩm hữu cơ khác không phải là xenluloza.

Trong trường hợp của phương án thứ nhất, phần cặn lên men được xử lý cơ học được chuyển sang bước đường hóa/lên men thứ hai. Sau đó, đường hóa/lên men được tiến hành theo cùng cách như bước đường hóa/lên men thứ nhất, và việc tách rắn-lỏng được tiến hành bằng cách lọc. Dịch lỏng được chuyển sang bước làm bay hơi. Chất rắn được loại bỏ, được nung như chất cặn cuối cùng, hoặc được cấp để thu hồi lignin.

Ngay cả khi nếu đường hóa hoặc lên men được tiến hành theo phương pháp bất kỳ, thì canxi oxit có thể thu được bằng cách nung phần cặn lên men hoặc nung phần cặn mà các chất vô cơ được loại bỏ khi canxi hydroxit được sử dụng để xử lý bằng kiềm. Canxi oxit được tôi để thu được canxi hydroxit, và canxi hydroxit này có thể được sử dụng cho bước xử lý bằng kiềm. Ngoài ra, khi vỏ cây Eucalyp được sử dụng, thì canxi oxalat trong vỏ cây này còn lại như phần cặn. Do đó, lượng lớn canxi oxit có thể thu được bằng cách nung phần cặn này.

Cụ thể, điều hợp lý nhất là chấp nhận đường hóa/lên men trên đây, và tiến hành phương pháp nung phần cặn của đường hóa/lên men trong phương pháp xử lý mài phần cặn.

#### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Sau đây, phương pháp sản xuất đường từ vỏ cây bao gồm bước xử lý bằng kiềm, bước xử lý nghiền và bước đường hóa bằng enzym, cũng như phương pháp sản xuất đường từ vỏ cây bao gồm bước xử lý nhào trộn với kiềm và bước xử lý đường hóa bằng enzym được

giải thích chi tiết thông qua các ví dụ thực hiện sáng chế và ví dụ so sánh.

Cần lưu ý rằng, % biểu thị trong các ví dụ thực hiện sáng chế và các ví dụ so sánh trong sáng chế để chỉ khối lượng, trừ khi có quy định khác.

Ví dụ 1

Xử lý bằng kiềm

Vỏ của *Eucalyptus globulus* được cắt thành khoảng 4 cm vuông và được dùng làm vỏ cây. 600 g khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây nêu trên được ngâm ở 25°C trong 17 giờ trong dung dịch kiềm có tổng khối lượng là 3000 g chứa 60 g natri hydroxit và lượng nước của vỏ cây. Sau đó, các chất rắn và chất lỏng được tách bằng sàng loại 40 lỗ.

Xử lý nghiền

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm nêu trên được mài bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd., thiết bị nghiền kiểu đĩa tập trung mức độ cao KRK, thiết bị nghiền được sử dụng trong các ví dụ thực hiện sáng chế và các ví dụ so sánh là giống nhau) với khe hở 1 mm và vận tốc đầu vào 100 g/phút.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị nghiền cần để mài nguyên liệu nêu trên được tính toán bằng ác qui điện. Cần hiểu rằng, mức tiêu thụ năng lượng được tính toán bằng cách trừ mức tiêu thụ năng lượng cần để thiết bị nghiền chạy không tải (vận hành thiết bị nghiền mà không mài vỏ cây) ra khỏi mức tiêu thụ năng lượng cần để mài vỏ cây.

Xử lý rửa

10 L nước tinh khiết được bổ sung vào sản phẩm đã được nghiền nêu trên. Sau khi khuấy trong 1 phút, sản phẩm đã được nghiền và rửa và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được nghiền được lọc bằng sàng loại 40 lỗ.

Sản phẩm đã được nghiền và rửa thu được bằng cách lọc được đưa vào túi được làm từ vải loại 420 lỗ và sau đó được loại nước bằng thiết bị ly tâm.

Xử lý đường hóa bằng enzym

Sản phẩm đã được nghiền và rửa được loại nước nêu trên được sử dụng cho bước xử

lý đường hóa bằng enzym ở 30°C trong 20 giờ trong hợp phần dịch lỏng phản ứng dưới đây.

Lượng đường được tạo ra từ bước đường hóa bằng enzym được đo bằng Biosenser BF4 (được sản xuất bởi Oji Scientific Instruments). Kết quả đo được thể hiện trong Bảng 1.

Hợp phần dịch lỏng phản ứng

5% vỏ cây (khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây)

5% xenluloza (Multifect CX10L, được sản xuất bởi Genencor Kyowa K. K)

50 mM chất đệm axit axetic (pH 4,5)

Ví dụ 2

Bước xử lý mài và bước xử lý đường hóa được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 1 ngoại trừ việc tiến hành xử lý bằng kiềm bằng cách ngâm vỏ cây trong dung dịch kiềm có nhiệt độ 95°C trong 90 phút, và mức tiêu thụ năng lượng cần để mài và lượng đường thu được được xác định. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong Bảng 1.

Ví dụ so sánh 1

Với việc sử dụng xylem của *Eucaliptus globulus* đã được cắt thành khoảng 2 x 4 cm vuông, các bước xử lý bằng kiềm, xử lý mài và xử lý đường hóa được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 1, và mức tiêu thụ năng lượng cần để mài và lượng đường thu được được xác định. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong Bảng 1.

Ví dụ so sánh 2

Với việc sử dụng xylem của *Eucaliptus globulus* đã được cắt thành khoảng 2 x 4 cm vuông, các bước xử lý bằng kiềm, xử lý mài và xử lý đường hóa được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 2, và mức tiêu thụ năng lượng cần để mài và lượng đường thu được được xác định. Các kết quả đánh giá được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1

|  | Mức tiêu thụ năng lượng (kW giờ/t- | Lượng đường (%) |
|--|------------------------------------|-----------------|
|--|------------------------------------|-----------------|

|                               | BD) |      |
|-------------------------------|-----|------|
| Ví dụ 1 (vỏ cây, 25°C)        | 35  | 1,50 |
| Ví dụ so sánh 1 (xylem, 25°C) | 772 | 0,56 |
| Ví dụ 2 (vỏ cây, 95°C)        | 10  | 2,10 |
| Ví dụ so sánh 2 (xylem, 25°C) | 407 | 0,95 |

Theo Bảng 1, trong trường hợp sử dụng vỏ cây làm nguyên liệu, thì mức tiêu thụ năng lượng cần để mài giảm đáng kể nhờ bước xử lý bằng kiềm so với trường hợp sử dụng xylem. Ngoài ra, tác dụng thúc đẩy quá trình đường hóa bằng enzym nhờ bước xử lý bằng kiềm trong trường hợp sử dụng vỏ cây làm nguyên liệu là lớn hơn so với trường hợp sử dụng xylem.

#### Ví dụ 3

##### Xử lý bằng kiềm

Bước xử lý bằng kiềm được tiến hành bằng cách bổ sung 2 L dung dịch natri cacbonat 2,5% vào 1000 g mặt vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm, và hỗn hợp này được hấp ở 140°C trong 2 phút.

##### Xử lý rửa

10 L nước tinh khiết được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm nêu trên. Sau khi khuấy trong 1 phút, sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm được lọc bằng sàng loại 40 lỗ.

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và rửa thu được bằng cách lọc được đưa vào túi được làm từ vải loại 420 lỗ và sau đó được loại nước bằng thiết bị ly tâm.

##### Đo độ dài xơ và đường kính xơ

Một phần của sản phẩm đã được rửa được thu gom, và hình ảnh của sản phẩm đã được rửa này được ghi lại bởi kính hiển vi kiểu lai (SH-4500 được sản xuất bởi Hirox Inc.). Dữ liệu hình ảnh được nhị nguyên hóa và hình ảnh của sản phẩm đã được rửa được trích xuất

bằng phần mềm phân tích/xử lý hình ảnh (IOMate 2007, được sản xuất bởi I-spec, Co., Ltd.), và độ dài biên, đường kính feret thẳng đứng, và đường kính feret ngang được đo bằng số đo mô tả đặc tính hình ảnh. Độ dài xơ được tính toán bằng cách chia độ dài biên thành hai. Đường kính xơ trung bình thu được từ giá trị nhỏ hơn của đường kính feret ngang/thẳng đứng dựa vào các hạt nhỏ hơn 0,4 độ theo vòng tròn. Tỷ lệ của mỗi độ dài xơ được chỉ định theo tỷ lệ phần trăm số lượng của mỗi xơ dựa vào số lượng của toàn bộ xơ được sử dụng để đo. Độ dài xơ trung bình và đường kính xơ trung bình được thể hiện trong Bảng 2.

#### Xử lý nghiền

Sản phẩm đã được rửa và loại nước được mài bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd., thiết bị nghiền kiểu đĩa tập trung mức độ cao KRK) với khe hở 1 mm và vận tốc đầu vào 100 g/phút, và thu được sản phẩm đã được mài.

#### Xử lý đường hóa bằng enzym

Sau khi đưa khoảng 1 g sản phẩm đã được làm khô tuyệt đối và được mài vào trong 45 mL chất đệm axit axetic 100 mM (độ pH 5,0), 3 mL xenluloza (được sản xuất bởi Genencor Kyowa K. K, Multifect CX10L) được bổ sung vào dung dịch này. Thể tích cuối cùng của dung dịch được điều chỉnh tới 50 mL, và bước đường hóa bằng enzym được tiến hành ở 50°C trong 18 giờ. Sau khi phản ứng, sản phẩm đã được xử lý bằng enzym và dung dịch đã được xử lý bằng enzym được lọc bằng sàng loại 420 lỗ. Sản phẩm đã được xử lý bằng enzym tiếp tục được rửa bằng 100 mL nước, và nước dùng để rửa sản phẩm đã được xử lý bằng enzym được trộn vào dịch lỏng đã được xử lý bằng enzym. Sau khi xác định thể tích của hỗn hợp, lượng đường chứa trong dịch lỏng đã được xử lý bằng enzym được đo bằng pháp phenol-axit sulfuric, và lượng đường tính theo 1000 g thành phần rắn của vỏ cây được xác định. Phương pháp phenol-axit sulfuric được gọi là “Phương pháp xác định đường khử” (được cho phép bởi Sakuzo Fukui, Gakkai Syuppan Center). Lượng đường thu được nêu trên được thể hiện trong Bảng 2.

#### Ví dụ 4

Bước xử lý đường hóa bằng enzym được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 3 ngoại trừ việc tiến hành xử lý bằng kiềm bằng cách bổ sung 7 L dung dịch natri cacbonat 2,5%. Ngoài ra, độ dài xơ trung bình và đường kính xơ trung bình được xác định. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

#### Ví dụ 5

#### Xử lý nhào trộn với kiềm

Xử lý nhào trộn với kiềm được tiến hành bằng cách sử dụng mật vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọc qua sàng 10 cm và thiết bị nhào trộn hai trục (được sản xuất bởi Kurimoto ltd., KRC-S2) ở điều kiện sau đây.

Vỏ cây được làm khô không khí 100 g/phút được đưa vào trong thiết bị nhào trộn hai trục, và dung dịch natri cacbonat 2,5% được đưa đồng thời vào thiết bị nhào trộn hai trục ở tốc độ 200 mL/phút (tính theo 12,5 g khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây). Việc xử lý được tiến hành ở nhiệt độ của thiết bị nhào trộn hai trục là 140°C.

#### Xử lý rửa

10 L nước tinh khiết được bổ sung vào 3000 g sản phẩm đã được xử lý nhào trộn với kiềm. Sau khi khuấy trong 1 phút, sản phẩm đã được xử lý nhào trộn với kiềm và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được xử lý nhào trộn với kiềm được lọc bằng sàng loại 40 lỗ.

Sản phẩm đã được xử lý nhào trộn với kiềm và được rửa thu được bằng cách lọc được đưa vào túi được làm từ vải loại 420 lỗ và sau đó được loại nước bằng thiết bị ly tâm.

Sau đó, độ dài và đường kính xơ được xác định bằng phương pháp được thể hiện trong ví dụ 3, và bước xử lý đường hóa bằng enzym được tiến hành và lượng đường được xác định. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2

|  | Lượng đường<br>thu được từ | Lượng dung<br>dịch kiềm | Độ dài xơ<br>trung bình | Đường kính xơ<br>trung bình |
|--|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|--|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|

|         | 1000 g nguyên<br>liệu vỏ cây thô<br>(BD) (g) | được sử dụng<br>(L) | (mm) | ( $\mu\text{m}$ ) |
|---------|----------------------------------------------|---------------------|------|-------------------|
| Ví dụ 1 | 238,4                                        | 2                   | 24,5 | 395               |
| Ví dụ 2 | 409,1                                        | 7                   | 23,8 | 367               |
| Ví dụ 3 | 411,2                                        | 2                   | 3,8  | 225               |

Theo Bảng 2, nhận thấy rằng lượng đường thu được tính theo cùng lượng dung dịch chứa hợp chất kiềm tăng lên khi bước xử lý bằng kiềm và bước xử lý nghiền vỏ cây được tiến hành đồng thời bằng thiết bị nhào trộn trong bước xử lý nhào trộn với kiềm so với khi bước xử lý bằng kiềm được tiến hành bằng nồi hấp và bước xử lý nghiền được tiến hành bằng thiết bị nghiền được thực hiện liên tiếp.

Mặt vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục (được sản xuất bởi SEIHO KIKO Co., Ltd, SC-15) ở điều kiện sau đây.

Khoảng 25 kg vỏ cây đã được làm khô tuyệt đối được đưa vào trong phễu của thiết bị cắt một trục, và thiết bị cắt một trục được vận hành với sàng tròn 20 mm được lắp vào đó.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị cắt một trục cho việc cắt nhỏ nguyên liệu nêu trên được tính toán bằng ác qui điện. Lưu ý rằng, mức tiêu thụ năng lượng được tính toán bằng cách trừ mức tiêu thụ năng lượng cần để thiết bị cắt một trục hoạt động không tải (vận hành thiết bị cắt một trục mà không cắt nhỏ vỏ cây) ra khỏi mức tiêu thụ năng lượng cần để cắt nhỏ vỏ cây.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị cắt một trục cần để cắt nhỏ vỏ cây là 5,3 kWgiờ/t-BD.

Đo độ dài xơ/tỷ lệ hướng sợi

Hình ảnh của sản phẩm đã được mài được ghi lại bằng kính hiển vi quang học. Dữ liệu hình ảnh được nhị nguyên hóa và hình ảnh của sản phẩm đã được mài được trích xuất bằng phần mềm phân tích/xử lý hình ảnh (NanoHunter NS2k-Pro, được sản xuất bởi NANO

System Corporation), và độ dài tối đa và tỷ lệ hướng sợi được xác định bằng số đo mô tả đặc tính hình ảnh. Tỷ lệ của mỗi độ dài xơ được thể hiện theo tỷ lệ phần trăm diện tích của từng xơ tính theo diện tích của toàn bộ xơ được sử dụng để đo. Trong vỏ cây không được kéo xơ, độ dài tối đa của hướng xơ được sử dụng làm độ dài xơ.

Sản phẩm đã được mài tạo thành một lượng xơ lớn. Tỷ lệ xơ có đường kính dài 3 mm và tỷ lệ hướng sợi lớn hơn hoặc bằng 100 là 0,85 trên 1 khi tỷ lệ hướng sợi của sản phẩm đã được mài theo phân tích hình ảnh được xác định.

#### Đo mức giữ nước

Vỏ cây đã được cắt nhỏ được làm khô tới khối lượng không đổi ở  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ . 100 g mẫu được gom từ vỏ cây đã được cắt nhỏ được làm khô và đã được xử lý, và được ngâm vào trong 1000 g nước trong 5 phút. Năm phút sau, toàn bộ lượng của mẫu này được lọc bằng sàng có lỗ 1 mm (đường kính 150 mm, tỷ lệ diện tích lỗ 4,2%), và xác định lượng nước được giữ lại trong vỏ cây đã được cắt nhỏ và đã được xử lý. Tỷ lệ phần trăm của mức giữ nước được tính toán như sau:

$$\text{Tỷ lệ phần trăm của mức giữ nước} = \text{lượng nước được giữ lại (g)} / 100 \text{ g} \times 100).$$

#### Xử lý bằng kiềm

Sau khi trộn khoảng 1 kg sản phẩm đã được làm khô tuyệt đối và cắt nhỏ vào 1 L canxi hydroxit 12,5% và bổ sung nước vào hỗn hợp để có tổng thể tích 10 L, hỗn hợp này được làm nóng ở  $90^\circ\text{C}$  trong 20 phút, sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và dung dịch kiềm được lọc bằng sàng loại 40 lỗ.

Lượng bổ sung của kiềm được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm tính theo lượng được làm khô tuyệt đối của sản phẩm cần được cắt nhỏ.

#### Xử lý rửa

10 L nước tinh khiết được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được lọc nêu trên. Sau khi khuấy trong 1 phút, sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm được lọc bằng sàng loại 40 lỗ. Sản phẩm đã

được xử lý bằng kiềm và được rửa thu được bằng cách lọc được đưa vào túi được làm từ vải loại 420 lỗ và sau đó được loại nước bằng thiết bị ly tâm.

#### Xử lý nghiền bằng cách mài

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được rửa nêu trên được mài bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd., thiết bị nghiền kiểu đĩa tập trung mức độ cao KRK) với khe hở 1 mm và vận tốc đầu vào 100 g/phút, và thu được sản phẩm đã được mài.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị nghiền cần thiết để mài vỏ cây đo được bằng cách sử dụng ắc quy điện là 50 kWgiờ/t-BD.

#### Xử lý đường hóa bằng enzym

Sau khi đưa khoảng 1 g sản phẩm đã được làm khô tuyệt đối và được mài vào trong 45 mL chất đệm axit axetic 100 mM (độ pH 5,0), 3 mL xenluloza (được sản xuất bởi Genencor Kyowa K. K, Multifect CX10L) được bổ sung vào dung dịch. Thể tích cuối cùng của dung dịch này được điều chỉnh tới 50 mL, và bước đường hóa bằng enzym được tiến hành ở 50°C trong 18 giờ. Sau khi phản ứng, sản phẩm đã được xử lý bằng enzym và dung dịch đã được xử lý bằng enzym được lọc bằng sàng loại 420 lỗ. Sản phẩm đã được xử lý bằng enzym tiếp tục được rửa bằng 100 mL nước, và nước dùng để rửa sản phẩm đã được xử lý bằng enzym được trộn vào dịch lỏng đã được xử lý bằng enzym. Sau khi xác định thể tích của hỗn hợp, lượng đường chứa trong dịch lỏng đã được xử lý bằng enzym được đo bằng phương pháp phenol-axit sulfuric, và lượng đường tính theo 1000 g thành phần rắn của vỏ cây được xác định. Lượng đường thu được ở trên được thể hiện trong Bảng 3.

#### Ví dụ so sánh 3

Ngoài việc sử dụng xylem của mặt vỏ cây *Eucaliptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm làm nguyên liệu thô, thì các bước xử lý cắt nhỏ, xử lý bằng kiềm, xử lý rửa, xử lý mài và xử lý đường hóa bằng enzym được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 6.

Mức tiêu thụ năng lượng cho việc xử lý cắt nhỏ, tỷ lệ hướng sợi theo phân tích hình ảnh và mức tiêu thụ năng lượng cho việc mài được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 6, và

lượng đường thu được từ 1000 g vỏ cây được thu nhận. Kết quả được thể hiện trong Bảng 3 so với ví dụ 6.

Ví dụ 7

Xử lý cắt nhỏ

Mặt vỏ cây *Eucaliptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt hai trục (được sản xuất bởi Kinki Industrial Co., Ltd., PRC-930E) ở điều kiện sau đây.

Khoảng 25 kg vỏ cây đã được làm khô tuyệt đối được đưa vào trong phễu của thiết bị cắt hai trục, và thiết bị cắt hai trục được vận hành với sàng tròn 20 mm được lắp vào đó.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị cắt hai trục để cắt nhỏ nguyên liệu nêu trên được tính toán bằng ắc qui điện.

Cần hiểu rằng, mức tiêu thụ năng lượng được tính toán bằng cách trừ mức tiêu thụ năng lượng cần để thiết bị cắt hai trục hoạt động không tải (vận hành thiết bị cắt hai trục mà không cắt nhỏ vỏ cây) ra khỏi mức tiêu thụ năng lượng cần để cắt nhỏ vỏ cây.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị cắt hai trục cần để cắt nhỏ vỏ cây là 13,5 kWgiờ/t-BD.

Sau đây, mức tiêu thụ năng lượng cho việc xử lý cắt nhỏ, tỷ lệ hướng sợi theo phân tích hình ảnh, và mức tiêu thụ năng lượng để mài được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 6, và lượng đường thu được từ 1000 g vỏ cây được thu nhận. Kết quả về lượng đường thu được được thể hiện trên Bảng 3.

Bảng 3

|  | Năng lượng tiêu thụ cho việc xử lý cắt nhỏ (kWgiờ/t-BD) | Tỷ lệ xơ có đường kính dài 3 mm và tỷ lệ hướng sợi | Năng lượng tiêu thụ cho việc xử lý mài (kWgiờ/t-BD) | Lượng đường thu được từ 1000 g nguyên | Mức giữ nước (%) |
|--|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
|--|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|

|                    |      | lớn hơn<br>hoặc bằng<br>100 |      | liệu vỏ<br>cây thô<br>(BD) (g) |     |
|--------------------|------|-----------------------------|------|--------------------------------|-----|
| Ví dụ 6            | 5,3  | 0,85                        | 50   | 373,3                          | 280 |
| Ví dụ 7            | 13,5 | 0,32                        | 252  | 460,0                          | 150 |
| Ví dụ so sánh<br>3 | 500  | 0,2                         | 1298 | 120                            | 120 |

Theo Bảng 3, khi xylem được sử dụng làm nguyên liệu thô, thì cần đến khoảng 12 đến 25 lần năng lượng điện cho việc xử lý cắt nhỏ và xử lý mài khi so với trường hợp sử dụng vỏ cây. Ngoài ra, lượng đường thu được từ 1000 g nguyên liệu thô cũng thấp hơn nhiều so với trường hợp sử dụng vỏ cây.

Ngoài ra, sản phẩm đã được xử lý trong đó xylem được cắt nhỏ ở cùng điều kiện như vỏ cây không tạo thành xơ vì nó chứa nhiều sản phẩm kết khối trong sản phẩm đã được xử lý. Tỷ lệ hướng sợi lớn hơn hoặc bằng 100 là 0,2.

Sau đây, phương pháp sản xuất đường có bước tuần hoàn canxi: dung dịch canxi hydroxit được sử dụng trong bước xử lý bằng kiềm, vỏ cây và dung dịch kiềm được tách sau bước xử lý bằng kiềm; và canxi hydroxit sinh ra từ dung dịch kiềm hoặc dung dịch kiềm này được đưa trở lại bước xử lý bằng kiềm, được giải thích trong các ví dụ từ 8 đến 10.

#### Ví dụ 8

Mặt vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục (được sản xuất bởi SEIHO KIKO Co., Ltd, SC-15) ở điều kiện sau đây.

217 g vỏ cây có lượng nước là 30,8% khối lượng (khoảng 150 g trong khối lượng được làm khô tuyệt đối) được đưa vào trong phễu của thiết bị cắt một trục, và thiết bị cắt một trục được vận hành bằng cách sử dụng sàng tròn  $\phi 20$  mm.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị cắt một trục để cắt nhỏ nguyên liệu nêu trên được tính toán bằng ác qui điện.

Cần hiểu rằng, mức tiêu thụ năng lượng được tính toán bằng cách trừ mức tiêu thụ năng lượng cần để thiết bị cắt một trục hoạt động không tải (vận hành thiết bị cắt một trục mà không cắt nhỏ vỏ cây) ra khỏi mức tiêu thụ năng lượng cần để cắt nhỏ vỏ cây.

Mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị cắt một trục cần để cắt nhỏ vỏ cây là 6,0 kW giờ trên 1 t khối lượng khô của vỏ cây.

Xử lý bằng kiềm (mẻ thứ nhất)

18,8 g bột canxi hydroxit (tính theo 12,5% khối lượng của khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây) được bổ sung vào vỏ cây đã được cắt nhỏ nêu trên và được trộn đều. 1283 g nước trao đổi ion được bổ sung vào hỗn hợp nêu trên. Sau khi trộn đều, hỗn hợp này được làm nóng ở 90°C trong 40 phút.

Sau khi xử lý bằng kiềm, bước cô đặc để tách thành phần rắn như sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và dịch lỏng được tiến hành bằng cách loại nước bằng phương pháp ly tâm bằng cách sử dụng sàng loại 420 lỗ.

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được cô đặc (uớt) là 586 g, và dịch lỏng là 73,2% khối lượng. Ngoài ra, khối lượng chất lỏng là 933 g.

Xử lý đường hóa bằng enzym (mẻ thứ nhất)

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm nêu trên được sử dụng cho bước xử lý đường hóa bằng enzym đối với mẻ thứ nhất ở 50°C trong 20 giờ trong hợp phần dịch lỏng phản ứng sau đây (chu kỳ 0).

Kết quả của sản lượng đường thu được (g toàn bộ đường / g BD nguyên liệu thô) được thể hiện trong bảng 4.

Hợp phần dịch lỏng phản ứng

4% vỏ cây (khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây)

4% xenluloza (Multifect CX10L, được sản xuất bởi Genencor Kyowa K. K)

100 mM chất đệm axit axetic (pH 5,0)

Bước tuần hoàn

Theo cùng cách như nêu trên, 13,5 g bột canxi hydroxit (tính theo 9% khối lượng của khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây) được bổ sung vào 217 g vỏ cây đã được cắt nhỏ mà được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục và được trộn đều. Sau đó, 933 g của toàn bộ lượng dịch lỏng mà được tách bằng ly tâm trong mẻ thứ nhất được bổ sung vào hỗn hợp nêu trên. Tiếp theo, 362 g nước trao đổi ion được bổ sung vào hỗn hợp này và được trộn đều. Hỗn hợp này được làm nóng ở 90°C trong 40 phút và bước xử lý bằng kiềm đối với mẻ thứ hai được thực hiện. Sau đó, sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm được đưa vào túi được làm từ vải loại 420 lỗ và sau đó bước cô đặc để tách thành phần rắn như sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và dịch lỏng được tiến hành bằng cách loại nước bằng phương pháp ly tâm. Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được cô đặc (uớt) là 589 g và dịch lỏng là 72,8% khối lượng. Ngoài ra, khối lượng chất lỏng là 936 g.

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được cô đặc được sử dụng cho bước xử lý bằng enzym đối với mẻ thứ hai theo cùng cách như bước xử lý bằng enzym đối với mẻ thứ nhất. Sản lượng đường của bước xử lý bằng enzym đối với mẻ thứ hai được thể hiện trong bảng 4.

#### Ví dụ 9

##### Rửa

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm giống như của mẻ thứ nhất trong ví dụ 8 được tạo ra. 4570 g nước trao đổi ion được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm này. Sau khi khuấy trong 5 phút, sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm mà là thành phần rắn và dịch lỏng được tách bằng ly tâm bằng cách sử dụng sàng loại 40 lỗ. Sản phẩm đã được rửa mà là thành phần rắn (uớt) là 579 g, và dịch lỏng là 73,9% khối lượng. Khối lượng của phần thải ra là 4580 g.

Vỏ cây đã được rửa được sử dụng cho bước xử lý bằng enzym theo cùng cách như bước xử lý bằng enzym đối với mẻ thứ nhất. Sản lượng đường nêu trên được thể hiện trong bảng 4.

Ngoài ra, khí cacbonic được trộn vào phần thải ra và thu được chất kết tủa. Chất kết tủa được nung ở 850°C, và thu được canxi oxit. Sau đó, canxi oxit được tôi để tái sinh canxi hydroxit. Khoảng 8 g canxi hydroxit được tái tạo.

#### Ví dụ 10

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được cô đặc giống như của mẻ thứ nhất trong ví dụ 8 được tạo ra. 921 g nước trao đổi ion được bổ sung vào sản phẩm nêu trên và được mài bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd.) với khe hở 0,5 mm.

3560 g nước trao đổi ion được bổ sung vào sản phẩm đã được mài nêu trên. Bước xử lý rửa và bước xử lý bằng enzym được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 9. Sản lượng đường được thể hiện trong bảng 4.

Ngoài ra, phần xả ra được tạo ra trong các bước nêu trên được sử dụng để tái tạo canxi hydroxit theo cùng cách như ví dụ 9. Canxi hydroxit được tái tạo là khoảng 11 g.

Khi canxi được thu gom từ dung dịch rửa sau khi xử lý mài, thì sản lượng canxi tăng lên. Các tác giả sáng chế cho rằng một phần của canxi oxalat chứa trong vỏ cây được trộn vào trong dung dịch rửa. Do đó, nhận thấy rằng hiệu quả sử dụng của canxi tiếp tục được cải thiện.

Bảng 4

|                 | Ví dụ 8     |            | Ví dụ 9 | Ví dụ 10 |
|-----------------|-------------|------------|---------|----------|
|                 | Mẻ thứ nhất | Mẻ thứ hai |         |          |
| Sản lượng đường | 0,288       | 0,284      | 0,303   | 0,381    |

Theo ví dụ 8, mặc dù lượng sử dụng của canxi hydroxit trong mẻ thứ hai ít hơn của mẻ thứ nhất khi phần xả ra được tạo ra trong bước cô đặc được sử dụng cho bước xử lý bằng kiềm, nhưng có thể thu được cùng hiệu quả xử lý bằng kiềm. Cần lưu ý rằng tỷ lệ khử của canxi hydroxit là khoảng 28%. Nước mới được bổ sung trong mẻ thứ hai được khử nhiều hơn mẻ thứ nhất. Nguyên nhân chính xác là chưa rõ, tuy nhiên, nhờ tác dụng của việc xử lý

rửa, nên bước xử lý rửa có thể giúp cải thiện sản lượng đường trong bước xử lý bằng enzym. Ngoài ra, khi canxi được thu gom từ dung dịch rửa, thì khoảng 80% canxi có thể được thu gom và được sử dụng.

Sau đây, phương pháp sản xuất etanol theo sáng chế được mô tả trong các ví dụ từ 11 đến 20.

Trong các ví dụ từ 11 đến 20, nồng độ của etanol được đo bằng cảm biến sinh học (được sản xuất bởi Oji Scientific Instrument), và sản lượng etanol được thu nhận. Ngoài ra, mức tiêu thụ năng lượng của thiết bị nghiền cần cho việc xử lý sơ bộ và xử lý cặn (lên men) được tính toán bằng ắc qui điện. Cần hiểu rằng mức tiêu thụ năng lượng được tính toán bằng cách trừ mức tiêu thụ năng lượng cần để thiết bị nghiền hoạt động không tải (vận hành thiết bị nghiền mà không mài vỏ cây) ra khỏi mức tiêu thụ năng lượng cần để mài vỏ cây.

Ngoài ra, nấm men *Saccharomyces cerevisiae* được sử dụng và được ủ ở 30°C trong 24 giờ trong môi trường nuôi cấy lỏng có thành phần sau đây. Sau đó, nấm men này được thu gom bằng phương pháp ly tâm được sử dụng trong các ví dụ từ 11 đến 20.

Thành phần của môi trường lỏng tiền nuôi cấy

|                     |        |
|---------------------|--------|
| Glucosa             | 30 g/L |
| Polypepton          | 5 g/L  |
| Chiết xuất nấm men  | 3 g/L  |
| Chiết xuất mạch nha | 3 g/L  |
| pH                  | 5,6    |

Ngoài ra, xenluloza có trên thị trường được sản xuất bởi Genencor Kyowa K. K GC220 (xenlobiohydrolaza 100 U/mL,  $\beta$ -glucosidaza 200 U/mL) được sử dụng trong các ví dụ từ 11 đến 20.

Ví dụ 11

Mặt vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục (được sản xuất bởi SEIHO KIKO Co., Ltd, SC-15) có sàng tròn  $\phi 20$  mm được sử

dụng làm nguyên liệu.

500 g khối lượng khô tuyệt đối của nguyên liệu nêu trên được trộn với 1,3 L dung dịch natri cacbonat 10%. Sau khi bổ sung nước vào hỗn hợp thành tổng thể tích là 5 L, thì hỗn hợp được làm nóng ở 100°C trong 30 phút.

Sau khi xử lý bằng kiềm, bước tách rắn-lỏng được tiến hành bằng sàng loại 40 lỗ và sản phẩm đã được xử lý được mài bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd., thiết bị nghiền kiểu đĩa tập trung mức độ cao KRK) với khe hở 0,5 mm.

5 L nước tinh khiết lại được bổ sung vào sản phẩm đã được mài nêu trên. Sau khi khuấy trong 10 phút, sản phẩm đã được mài và được rửa và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được mài này được lọc bằng sàng loại 40 lỗ, và thu được sản phẩm đã được xử lý sơ bộ.

Nồng độ của sản phẩm đã được xử lý sơ bộ được điều chỉnh tới 8%, sau đó 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý sơ bộ. Nấm men được nuôi cấy trong 1 L chất đệm lỏng và 200 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý sơ bộ, và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, lượng etanol thu được bằng cách đo nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được xác định. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 12

Ngoài việc xử lý sản phẩm đã được xử lý sau khi xử lý bằng kiềm bằng thiết bị nghiền với khe hở 0,3 mm, thì sản lượng etanol được tính toán theo cùng cách như ví dụ 11. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 13

Ngoài việc xử lý sản phẩm thu được sau khi xử lý bằng kiềm bằng thiết bị nghiền với khe hở 0,2 mm, thì sản lượng etanol được tính toán theo cùng cách như ví dụ 11. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 14

Ngoài việc xử lý sản phẩm đã được xử lý sau khi xử lý bằng kiềm bằng thiết bị nghiền với khe hở 0,1 mm, thì sản lượng etanol được tính toán theo cùng cách như ví dụ 11. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 15

Mạt vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục (được sản xuất bởi SEIHO KIKO Co., Ltd, SC-15) có sàng tròn  $\phi 20$  mm được sử dụng làm nguyên liệu.

500 g khối lượng khô tuyệt đối của nguyên liệu nêu trên được trộn với 1,3 L dung dịch natri cacbonat 10% bằng cách sử dụng bình chứa không gỉ loại 10 L. Sau khi bổ sung nước vào hỗn hợp thành tổng thể tích là 5 L, hỗn hợp này được làm nóng ở 100°C trong 30 phút.

Sau khi xử lý bằng kiềm, bước tách rắn-lỏng được tiến hành bằng sàng loại 40 lỗ và sản phẩm đã được xử lý được mài bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd., thiết bị nghiền kiểu đĩa tập trung mức độ cao KRK) với khe hở 0,5 mm.

5 L nước tinh khiết được bổ sung vào sản phẩm đã được mài nêu trên. Sau khi khuấy trong 10 phút, sản phẩm đã được mài và được rửa và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được mài này được lọc bằng sàng loại 40 lỗ, và thu được sản phẩm đã được xử lý sơ bộ (sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A).

Nồng độ của sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A được điều chỉnh tới 8%, sau đó 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A. Nấm men được nuôi cấy trong 1 L chất đệm lỏng và 200 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A, và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, lượng etanol thu được bằng cách đo nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được xác định.

Sau bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất, phần cặn lên men được thu nhận bằng

cách tiến hành bước tách rắn-lỏng bằng sàng loại 420 lỗ. Phần cặn lên men được nghiền bằng thiết bị nghiền nêu trên với khe hở 0,3 mm, và phần cặn lên men đã được nghiền được đưa vào bình chứa rỗng. Nồng độ của phần cặn lên men đã được nghiền được điều chỉnh tới 8% bằng cách bổ sung nước, và 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào phần cặn lên men đã được nghiền. Nấm men được nuôi cấy trong 350 mL chất đệm lỏng và 70 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào phần cặn lên men đã được nghiền, và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ hai) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được đo, và tổng lượng etanol thu được trong dung dịch đường hóa/lên men thứ nhất và dung dịch đường hóa/lên men thứ hai được xác định. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 16

Ngoài việc nghiền phần cặn lên men bằng thiết bị nghiền với khe hở 0,2 mm, thì sản lượng etanol được tính toán theo cùng cách như ví dụ 15. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 17

Ngoài việc nghiền phần cặn lên men bằng thiết bị nghiền với khe hở 0,1 mm, thì sản lượng etanol được tính toán theo cùng cách như ví dụ 15. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

#### Ví dụ 18

Ở bước xử lý nghiền phần cặn lên men, ngoài việc không nghiền phần cặn lên men bằng thiết bị nghiền với khe hở 0,3 mm và bước đường hóa/lên men thứ hai được tiến hành, thì sản lượng etanol được tính toán theo cùng cách như ví dụ 15. Kết quả được thể hiện trên Bảng 5.

Bảng 5

|          | Khe hở của thiết bị nghiền (xử lý sơ bộ) | Khe hở của thiết bị nghiền (xử lý cặn) | Lượng etanol được tạo ra | Năng lượng điện (Wgiờ/g) |           |
|----------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
|          |                                          |                                        |                          | Xử lý sơ bộ              | Xử lý cặn |
| Ví dụ 11 | 0,5 mm                                   | -                                      | 43,5 g                   | 224                      | -         |
| Ví dụ 12 | 0,3 mm                                   | -                                      | 46,5 g                   | 276                      | -         |
| Ví dụ 13 | 0,2 mm                                   | -                                      | 49,0 g                   | 445                      | -         |
| Ví dụ 14 | 0,1 mm                                   | -                                      | 54,5 g                   | 816                      | -         |
| Ví dụ 15 | 0,5 mm                                   | 0,3 mm                                 | 59,5 g                   | 224                      | 3         |
| Ví dụ 16 | 0,5 mm                                   | 0,2 mm                                 | 60,5 g                   | 224                      | 5         |
| Ví dụ 17 | 0,5 mm                                   | 0,1 mm                                 | 61,5 g                   | 224                      | 6         |
| Ví dụ 18 | 0,5 mm                                   | Không xử lý                            | 49,5 g                   | 224                      | 0         |

Theo Bảng 5, phần cặn lên men của vỏ cây sau khi lên men bằng enzym có thể được xử lý mà không tiêu thụ lượng năng lượng điện nào. Tổng hiệu suất etanol được cải thiện bằng cách tiến hành đường hóa/lên men lặp đi lặp lại sau khi xử lý cơ học.

Ngoài ra, trong bước xử lý cơ học vỏ cây trước khi đường hóa bằng enzym, năng lượng điện lớn hơn được tiêu thụ với khe hở nhỏ hơn của thiết bị nghiền, như với khe hở 0,1 mm và năng lượng điện 816 Wgiờ/g. Tuy nhiên, nếu xơ đã xử lý sơ bộ được nghiền với khe hở 0,5 mm và phần cặn lên men được nghiền với khe hở 0,1 mm, thì tổng năng lượng điện có thể giảm xuống 224 Wgiờ/g, và sản lượng etanol được tăng lên. Các tác giả sáng chế cho rằng sự giảm tổng năng lượng điện đạt được nhờ nghiền xơ bằng cách sử dụng bước xử lý lên men và sự cải thiện hiệu suất etanol đạt được nhờ việc cho tiếp xúc xenluloza bằng cách

xử lý cơ học phần cặn lên men.

#### Ví dụ 19

Thử nghiệm được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 15 cho đến khi kết thúc bước đường hóa thứ nhất.

Sau bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất, phần cặn lên men được thu nhận bằng cách tiến hành bước tách rắn-lỏng bằng sàng loại 420 lỗ (phần cặn lên men C).

Mặt khác, một lần nữa, sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A trước bước đường hóa thứ nhất theo cùng cách như ví dụ 15 được thu nhận. Sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A và phần cặn lên men C được đưa vào bình phản ứng. Nồng độ của hỗn hợp trong bình phản ứng được điều chỉnh tới 8% bằng cách bổ sung nước và 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào phần cặn lên men đã được nghiền. Nấm men được nuôi cấy trong 1,35 L chất đệm lỏng và 270 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào hỗn hợp, và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được đo.

Kết quả của ví dụ 19 được thể hiện trên Bảng 6.

#### Ví dụ 20

Thử nghiệm được tiến hành theo cùng cách như ví dụ 15 cho đến khi kết thúc bước đường hóa thứ nhất.

Sau bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất, phần cặn lên men được thu nhận bằng cách tiến hành bước tách rắn-lỏng bằng sàng loại 420 lỗ. Phần cặn lên men được nghiền bằng thiết bị nghiền nêu trên với khe hở 0,3 mm (phần cặn đã được xử lý B).

Mặt khác, một lần nữa, sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A trước bước đường hóa thứ nhất theo cùng cách như ví dụ 15 được thu nhận. Sản phẩm đã được xử lý sơ bộ A và phần cặn đã được xử lý B được đưa vào bình phản ứng. Nồng độ của hỗn hợp trong bình chứa được điều chỉnh tới 8% bằng cách bổ sung nước, và 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm

men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào phần cặn lên men đã được nghiền. Nấm men được nuôi cấy trong 1,35 L chất đệm lỏng và 270 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào hỗn hợp này và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được đo.

Kết quả của ví dụ 20 được thể hiện trên Bảng 6.

Bảng 6

|          | Khe hở của thiết bị nghiền (xử lý sơ bộ) | Khe hở của thiết bị nghiền (xử lý cặn) | Lượng etanol được tạo ra | Năng lượng điện (Wgiờ/g) |           |
|----------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
|          |                                          |                                        |                          | Xử lý sơ bộ              | Xử lý cặn |
| Ví dụ 19 | 0,5 mm                                   | Không xử lý                            | 46,2 g                   | 224                      | 0         |
| Ví dụ 20 | 0,5 mm                                   | 0,3 mm                                 | 56,4 g                   | 276                      | 3         |

Ví dụ 21

Mặt vỏ cây *Eucalyptus globulus* đã lọt qua sàng 10 cm được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục (được sản xuất bởi SEIHO KIKO Co., Ltd, SC-15) ở các điều kiện sau đây.

723 g vỏ cây có lượng nước là 30,8% khối lượng (khoảng 500 g trong khối lượng được làm khô tuyệt đối) được đưa vào trong phễu của thiết bị cắt một trục, và thiết bị cắt một trục được vận hành bằng cách sử dụng sàng tròn  $\phi 20$  mm. Vỏ cây đã được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục được gom vào trong thùng không gỉ loại 10 L.

Xử lý bằng kiềm

62,4 g bột canxi hydroxit (tính theo 12,5% khối lượng của khối lượng khô tuyệt đối của vỏ cây) được trộn với vỏ cây đã được cắt nhỏ nêu trên và nước được bổ sung vào hỗn hợp để tạo thành tổng thể tích là 5 L. Sau khi trộn đều hỗn hợp, hỗn hợp này được làm nóng ở 90°C trong 40 phút.

Sau khi xử lý bằng kiềm, bước cô đặc để tách thành phần rắn như sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và dịch lỏng được tiến hành bằng cách loại nước bằng phương pháp ly tâm bằng cách sử dụng sàng loại 40 lỗ.

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được cô đặc (uớt) là khoảng 1,9 kg, và dịch lỏng là 73,2% khối lượng. Ngoài ra, khối lượng chất lỏng là 3,1 kg. Dịch lỏng này được bảo quản như dịch lọc (a).

#### Xử lý mài

Sản phẩm đã được xử lý bằng kiềm và được cô đặc nêu trên được nghiền bằng thiết bị nghiền (Kumagai Riki Kogyo Co., Ltd., thiết bị nghiền kiểu đĩa tập trung mức độ cao KRK) với khe hở 0,5 mm.

5 L nước tinh khiết được bổ sung vào sản phẩm đã được mài nêu trên. Sau khi khuấy trong 10 phút, sản phẩm đã được xử lý sơ bộ và được rửa (sản phẩm đã được xử lý sơ bộ (b)) và dịch lỏng dùng để rửa sản phẩm đã được xử lý sơ bộ này được lọc bằng sàng loại 40 lỗ. Dịch lỏng đã được lọc được bảo quản như dịch lọc (c).

#### Bước xử lý đường hóa/lên men

Sản phẩm đã được xử lý sơ bộ (b) được đưa vào bình phản ứng, và nồng độ của sản phẩm đã được xử lý sơ bộ (b) được điều chỉnh tới 8% bằng cách bổ sung nước vào bình này. Sau đó, 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý sơ bộ (b). Nấm men được nuôi cấy trong 1 L chất đệm lỏng và 200 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào sản phẩm đã được xử lý sơ bộ (b), và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, lượng etanol thu được bằng cách đo nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được thu nhận.

Sau bước xử lý đường hóa/lên men thứ nhất, phần cặn lên men được thu nhận bằng cách tiến hành bước tách rắn-lỏng bằng sàng loại 420 lỗ. Dịch lỏng đã được lọc được làm bay hơi trong bước làm bay hơi và thu được etanol.

Phần cặn lên men được nghiền bằng thiết bị nghiền nêu trên với khe hở 0,3 mm, và phần cặn lên men đã được nghiền được đưa vào bình chứa rỗng. Nồng độ của phần cặn lên men đã được nghiền được điều chỉnh tới 8% bằng cách bổ sung nước, và 3 g/L polypepton, 2 g/L chiết xuất nấm men, 2 g/L chiết xuất mạch nha được bổ sung vào phần cặn lên men đã được nghiền này. Nấm men được nuôi cấy trong 350 mL chất đệm lỏng và 70 mL xenluloza có trên thị trường được bổ sung vào phần cặn lên men đã được nghiền, và bước xử lý đường hóa/lên men (bước xử lý đường hóa/lên men thứ hai) được tiến hành ở 30°C trong 24 giờ. Sau đó, nồng độ của etanol trong dung dịch đường hóa/lên men được đo, và tổng lượng etanol thu được trong dung dịch đường hóa/lên men thứ nhất và dung dịch đường hóa/lên men thứ hai được tính toán.

Sau bước xử lý đường hóa/lên men thứ hai, phần cặn cuối cùng thu được bằng cách tiến hành bước tách rắn-lỏng bằng cách sử dụng sàng loại 420 lỗ. Dịch lỏng đã được lọc được sử dụng trong bước làm bay hơi và được làm bay hơi.

#### Xử lý cặn và dịch lọc

Sau khi tách etanol trong bước làm bay hơi, dịch lỏng được đưa trở lại bước đường hóa/lên men thứ nhất và thành phần rắn và phần cặn cuối cùng được nung để tạo ra canxi oxit.

Mặt khác, khí cacbonic được trộn vào dịch lọc (a) và (c), và chất kết tủa thu được và phần cặn cuối cùng được nung. Canxi oxit thu được là khoảng 92 g. Lượng này lớn hơn nhiều so với lượng dự đoán từ canxi hydroxit đầu vào, và các tác giả sáng chế cho rằng hầu hết canxi oxalat của vỏ cây được thu hồi dưới dạng canxi hydroxit.

#### Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Sáng chế đề xuất phương pháp tiến hành đường hóa vỏ cây bằng enzym mà tiêu thụ ít năng lượng hơn và phương pháp sản xuất etanol. Sáng chế còn đề xuất phương pháp sản xuất etanol sinh học từ vỏ cây mà chưa được sử dụng phổ biến làm nguồn tài nguyên từ gỗ trong công nghiệp.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

### 1. Phương pháp sản xuất đường bao gồm:

phương pháp sản xuất đường từ vỏ cây,

bước xử lý bằng kiềm, trong đó vỏ cây được cắt nhỏ bằng thiết bị cắt một trục và vỏ cây đã được cắt nhỏ được ngâm trong dung dịch chứa hợp chất kiềm,

bước xử lý nghiền bao gồm bước mài vỏ cây đã được xử lý bằng kiềm bằng thiết bị nghiền,

bước đường hóa bằng enzym bao gồm bước đường hóa vỏ cây đã được nghiền bằng enzym, và

mức giữ nước của vỏ cây đã được mài nằm trong khoảng từ 250 đến 2000%.

2. Phương pháp sản xuất đường theo điểm 1, trong đó hợp chất kiềm là canxi hydroxit, việc tách vỏ cây và dung dịch kiềm diễn ra sau khi xử lý bằng kiềm, và đưa canxi hydroxit tái sinh từ dung dịch kiềm hoặc dung dịch kiềm này trở lại bước xử lý bằng kiềm.

3. Phương pháp sản xuất đường theo điểm 1 hoặc 2, trong đó loài cây cho vỏ cây thuộc chi bạch đàn (*Eucalyptus*).

4. Phương pháp sản xuất etanol, bao gồm bước lên men để lên men đường được sản xuất bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 3.

5. Phương pháp sản xuất etanol theo điểm 4, trong đó phần cặn sau lên men sinh ra từ bước lên men được xử lý cơ học, và phần cặn lên men này được đường hóa và được lên men.

6. Phương pháp sản xuất etanol, trong đó thành phần vô cơ sinh ra từ phần cặn lên men được nung để thành phần vô cơ này tạo thành canxi oxit khi đường được sản xuất bằng phương pháp theo điểm 3 được lên men, và canxi oxit này được tôi và được sử dụng trong bước xử lý bằng kiềm.

FIG. 1

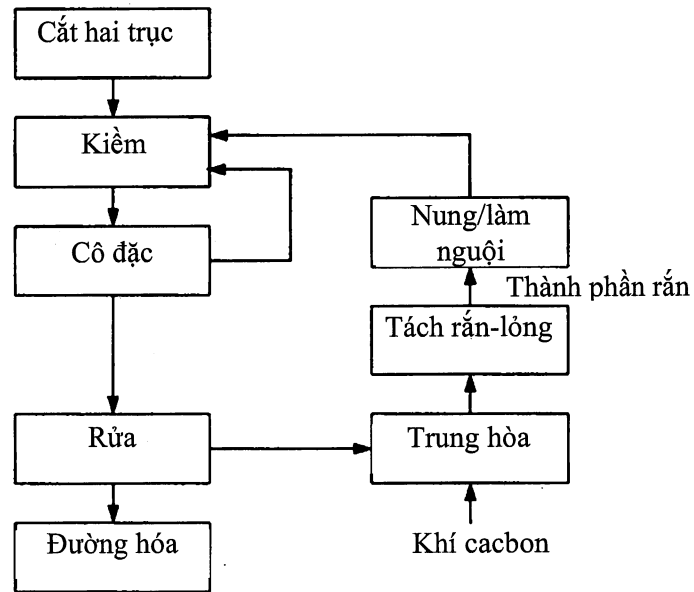


FIG. 2

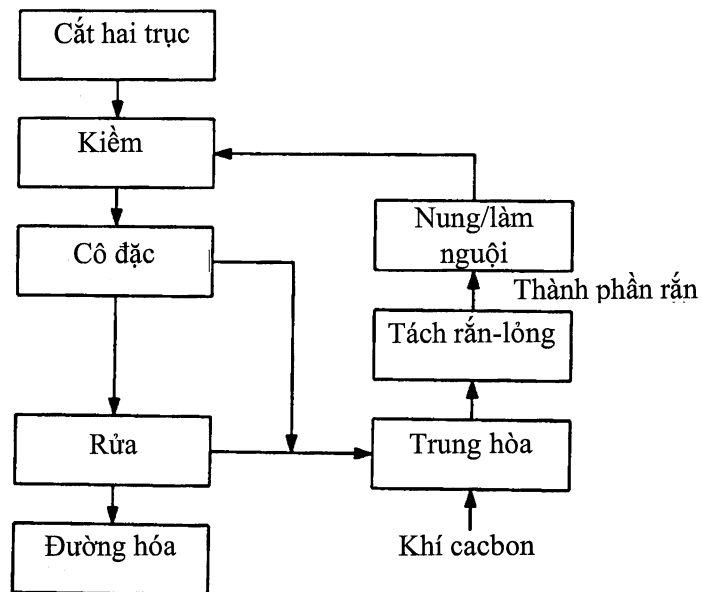


FIG. 3

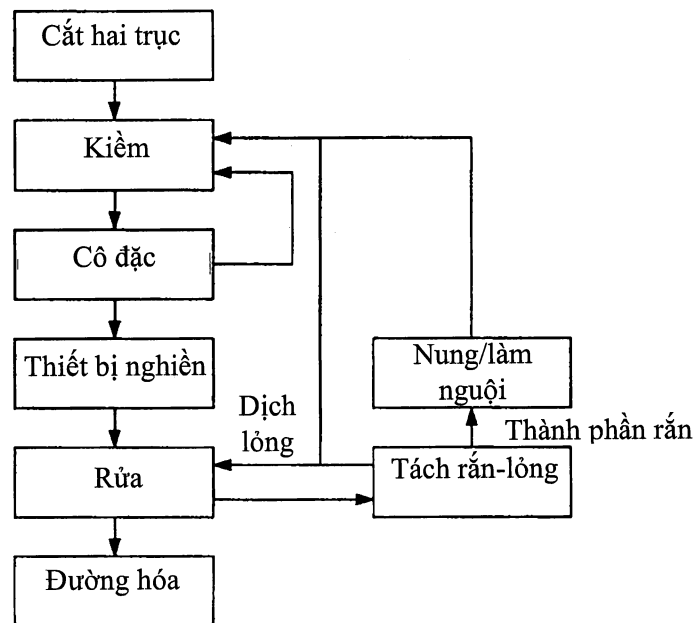


FIG. 4

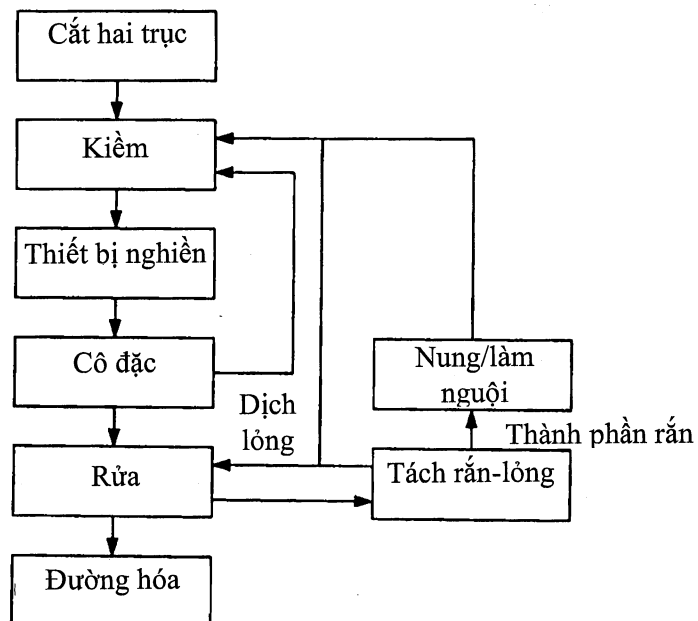


FIG. 5

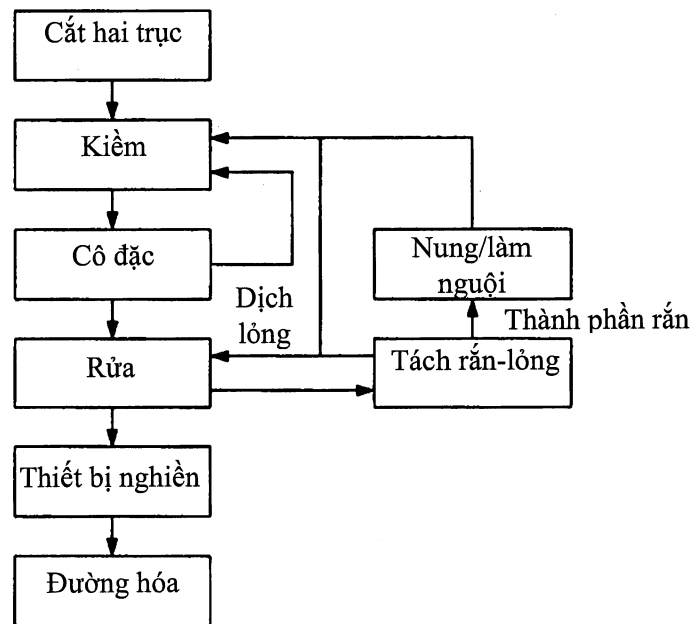


FIG. 6

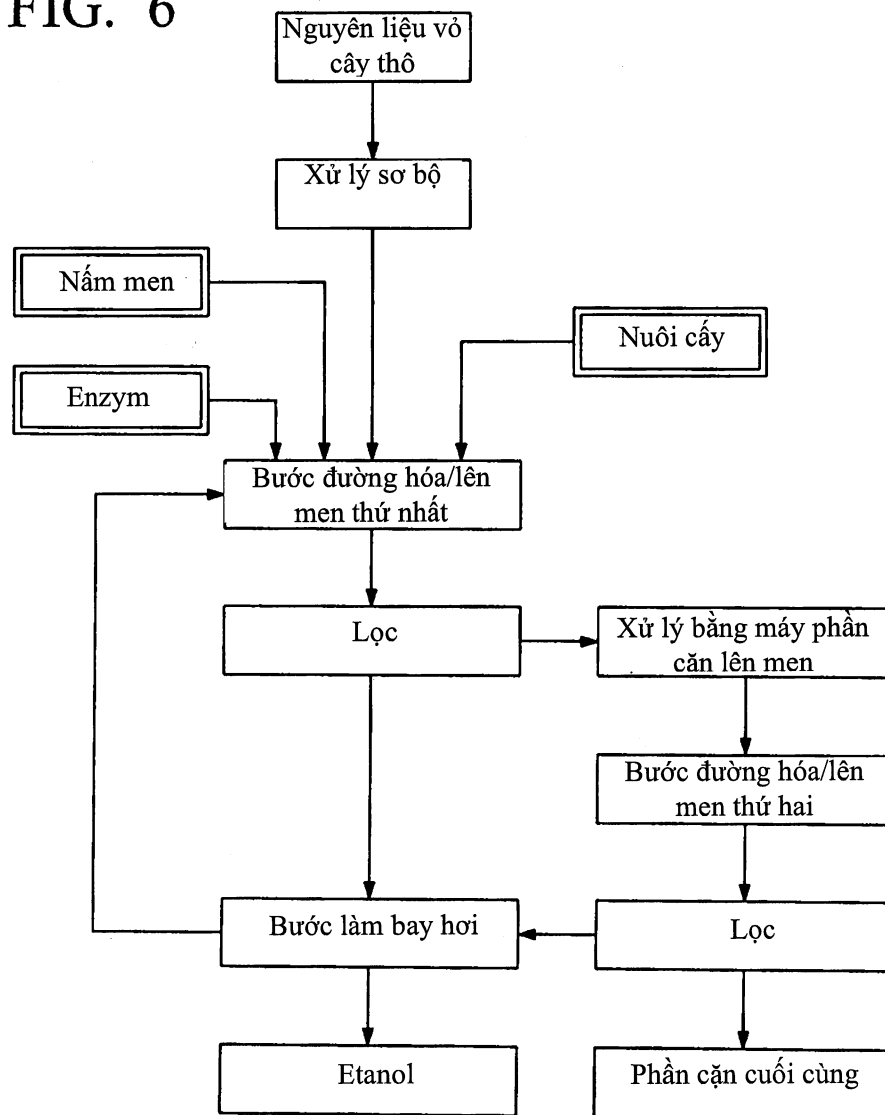


FIG. 7

