



(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**

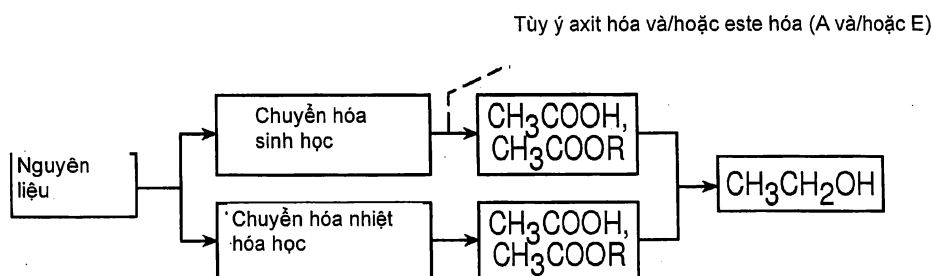
(11)   
**1-0021283**

(51)<sup>7</sup> **C12P 7/00, C10J 1/00, 3/00, C10L 3/10** (13) **B**

(21) 1-2011-02165 (22) 08.01.2010  
(86) PCT/US2010/020449 08.01.2010 (87) WO2010/085380 29.07.2010  
(30) 61/147,377 26.01.2009 US  
(45) 25.07.2019 376 (43) 27.02.2012 287  
(73) Xyleco, Inc. (US)  
271 Salem St., Unit L, Woburn, Massachusetts 01801, United States of America  
(72) Marshall MEDOFF (US), Thomas MASTERMAN (US)  
(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) **PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT SẢN PHẨM TỪ NGUYÊN LIỆU CHỨA CACBON VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT RƯỢU**

(57) Sáng chế đề cập tới phương pháp sản xuất sản phẩm từ nguyên liệu chứa cacbon. Nguyên liệu chứa cacbon, như sinh khối (ví dụ, sinh khối thực vật, sinh khối động vật, và sinh khối rác thải sinh hoạt) hoặc than được xử lý để tạo ra sản phẩm hữu dụng, như nhiên liệu, axit carboxylic và các chất tương tự của chúng (ví dụ, este và các muối). Ví dụ, các hệ thống được mô tả mà có thể sử dụng nguyên liệu chế biến, như nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza và/hoặc nguyên liệu tinh bột, để tạo ra etanol, butanol hoặc axit hữu cơ (ví dụ, axetic hoặc axit lactic), các muối của axit hữu cơ hoặc hỗn hợp của chúng. Nếu muốn, axit hữu cơ có thể được chuyển hóa thành rượu, bằng cách đầu tiên chuyển hóa axit, muối hoặc hỗn hợp của axit và muối của nó thành este, và sau đó được hydro hóa để tạo thành este. Các axetogen hoặc đồng hóa axetic mà có khả năng sử dụng khí tổng hợp từ sự chuyển hóa bằng nhiệt hóa học than hoặc sinh khối có thể được sử dụng để tạo ra sản phẩm mong muốn.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập tới phương pháp sản xuất sản phẩm từ nguyên liệu chứa cacbon.

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

Nhiều hydrat cacbon, như nguyên liệu xenluloza và lignoxenluloza, ví dụ, ở dạng sợi, được tạo ra, chế biến và được sử dụng với lượng lớn trong nhiều ứng dụng. Thông thường, các nguyên liệu này được sử dụng một lần và sau đó được bỏ đi dưới dạng chất thải, hoặc đơn giản được coi là nguyên liệu thải loại, ví dụ, nước thải, bã mía, mùn cưa và rơm khô.

Nhiều nguyên liệu xenluloza và lignoxenluloza, sử dụng và ứng dụng chúng đã được mô tả trong các patent Hoa Kỳ số US 7,307,108, US 7,074,918, US 6,448,307, US 6,258,876, US 6,207,729, US 5,973,035 và US 5,952,105; và trong nhiều đơn yêu cầu cấp patent, bao gồm đơn quốc tế số PCT/US2006/010648, nộp ngày 23/03/2006 có tiêu đề "nguyên liệu dạng sợi và vật liệu compozit", công bố đơn yêu cầu cấp patent Hoa Kỳ số 2007/0045456 có tên "nguyên liệu dạng sợi và vật liệu compozit".

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

Nói chung, sáng chế đề cập tới nguyên liệu có chứa cacbon, như nguyên liệu có chứa hydrat cacbon (ví dụ, nguyên liệu tinh bột và/hoặc nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza), phương pháp sản xuất và xử lý các nguyên liệu này để biến đổi cấu trúc của chúng và/hoặc mức khó xử lý của chúng, và sản phẩm thu được từ nguyên liệu đã biến đổi. Ví dụ, nhiều trong số phương pháp được mô tả ở đây có thể tạo ra nguyên liệu xenluloza và/hoặc lignoxenluloza mà có mức khó xử lý thấp hơn, phân tử lượng thấp hơn, mức tạo nhóm chức và/hoặc mức kết tinh khác với nguyên liệu tự nhiên. Nhiều phương pháp này tạo ra các nguyên liệu mà có thể được sử dụng một cách dễ dàng bởi vi sinh vật, như chứa một hoặc nhiều đồng hóa axetic hoặc dị hóa axetic (trong điều kiện có hoặc không có sự trợ giúp thủy phân enzym) để tạo ra sản phẩm hữu dụng, như hydro, các loại rượu (ví dụ, etanol hoặc butanol), axit hữu cơ (ví dụ, axit axetic và/hoặc axit lactic), hydrocacbon, các sản phẩm phụ (ví dụ, các protein,

như các protein đơn bào) hoặc hỗn hợp của sản phẩm bất kỳ trong số các sản phẩm này.

Nhiều sản phẩm thu được, như etanol hoặc n-butanol, có thể được sử dụng trực tiếp làm nhiên liệu hoặc dưới dạng hỗn hợp với các thành phần khác, như xăng, để dùng cho xe ô tô, ô tô tải, máy kéo, tàu thủy hoặc xe lửa, ví dụ, làm nhiên liệu đốt trong hoặc làm nguyên liệu của pin nhiên liệu. Sản phẩm khác được mô tả ở đây (ví dụ, axit hữu cơ, như axit axetic và/hoặc axit lactic) có thể được chuyển hóa thành gốc khác (ví dụ, este hoặc anhydrit) mà có thể được chuyển hóa và được sử dụng làm nhiên liệu. Nhiều sản phẩm thu được trong số đó cũng có thể được sử dụng cho máy bay, ví dụ máy bay phản lực, hoặc máy bay trực thăng. Ngoài ra, sản phẩm được mô tả ở đây có thể được sử dụng để sản xuất điện, ví dụ, trong thiết bị tạo hơi nước thông thường hoặc trong thiết bị pin nhiên liệu.

Ví dụ về sản phẩm mà có thể được sản xuất bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả ở đây bao gồm hydrocacbon, protein, rượu (ví dụ, các rượu monohydric hoặc các rượu dihydric), như etanol, n-propanol hoặc n-butanol, axit carboxylic, như axit axetic hoặc axit butyric, các muối của axit carboxylic, hỗn hợp của axit carboxylic và các muối của axit carboxylic và este của axit carboxylic (ví dụ, metyl, etyl và n-propyl este), keton, aldehyt, axit không no alpha, beta, như axit acrylic và olefin, như etylen. Các ví dụ cụ thể bao gồm etanol, propanol, propylen glycol, butanol, 1,4-butanediol, 1,3-propandiol, metyl hoặc etyl este của rượu bất kỳ trong số các rượu này, metyl acrylat, metylmetacrylat, axit lactic, axit propionic, axit butyric, axit succinic, axit 3- hydroxypropionic, muối bất kỳ trong số axit và hỗn hợp của axit và các muối tương ứng bất kỳ.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất rượu, axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic, hoặc hỗn hợp của sản phẩm bất kỳ trong số các sản phẩm này. Phương pháp bao gồm bước xử lý nguyên liệu chứa cacbon, như nguyên liệu sinh khối hoặc than, bằng phương pháp xử lý được mô tả theo sáng chế, bằng một hoặc nhiều phương pháp bức xạ, siêu âm, thủy phân, oxy hóa và nổ hơi nước; và chuyển hóa ít nhất phần của nguyên liệu chứa cacbon đã xử lý bằng cách sử dụng vi sinh vật để tạo ra sản phẩm bao gồm một hoặc nhiều loại rượu, axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic hoặc hỗn hợp của

sản phẩm bất kỳ trong số các sản phẩm này. Phương pháp này có thể còn bao gồm việc axit hóa, este hóa và/hoặc hydro hóa sản phẩm. Ví dụ, các axetogen hoặc đồng hóa axetic, mà có khả năng sử dụng làm khí đốt tổng hợp từ quy trình chuyển hóa bằng phương pháp hóa nhiệt, có thể được sử dụng để tăng cường hiệu quả của việc chuyển hóa.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất một hoặc nhiều loại rượu bao gồm bước xử lý nguyên liệu chứa cacbon, như nguyên liệu sinh khối và/hoặc than, bằng một hoặc nhiều phương pháp trong số các phương pháp bức xạ, siêu âm, thủy phân, oxy hóa và nổ hơi nước; chuyển hóa ít nhất phần của nguyên liệu chứa cacbon đã xử lý bằng cách sử dụng vi sinh vật, như một hoặc nhiều axetogen hoặc đồng hóa axetic mà có khả năng sử dụng khí tổng hợp từ sự chuyển hóa bằng nhiệt hóa học than hoặc sinh khối, thành sản phẩm bao gồm axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic hoặc hỗn hợp của sản phẩm bất kỳ trong số các sản phẩm này; và hydro hóa sản phẩm này để tạo ra rượu.

Điôxit cacbon được tạo ra và/hoặc lignin được giải phóng trong quy trình bất kỳ được mô tả theo sáng chế có thể thu được. Điôxit cacbon thu được có thể được chelat hóa, ví dụ, bằng cách phun điôxit cacbon được giữ lại vào trong kết cấu địa chất có khả năng giữ điôxit cacbon, ví dụ, trong khoảng thời gian lớn hơn 100 năm, ví dụ, lớn hơn 250 năm, 500 năm, 1,000 năm hoặc lớn hơn 10.000 năm. Ví dụ, điôxit cacbon được tạo ra trong quy trình bất kỳ được mô tả ở đây có thể được chelat hóa, ví dụ, bằng cách cố định điôxit cacbon bằng cách sử dụng vi sinh vật bất kỳ được mô tả ở đây. Ví dụ, vi sinh vật có thể bao gồm tảo và điôxit cacbon có thể được chelat hóa dưới dạng hydrat cacbon và/hoặc lipid. Nếu muốn, ví dụ, để tạo ra diezen sinh học, lipid có thể được chuyển hóa thành este, ví dụ, metyl, etyl hoặc propyl este.

Thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu, theo sáng chế, nghĩa là làm biến đổi cách sắp xếp liên kết hóa học hoặc hình dạng của cấu trúc. Ví dụ, biến đổi trong cấu trúc phân tử có thể bao gồm thay đổi cấu trúc siêu phân tử của nguyên liệu, oxy hóa nguyên liệu, thay đổi số phân tử lượng trung bình, thay đổi mức kết tinh trung bình, thay đổi diện tích bề mặt, thay đổi mức polyme hóa, thay đổi độ xoắn, thay đổi mức phân nhánh, ghép lên nguyên liệu khác, thay đổi kích thước miền tinh thể, hoặc thay đổi tổng thể kích thước miền.

Tất cả các tài liệu công bố, đơn yêu cầu cấp patent, patent và các tài liệu khác được liệt kê hoặc được kèm theo được đưa vào bản mô tả để tham khảo với toàn bộ phạm vi của chúng.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là sơ đồ minh họa quy trình để làm giảm tính khó xử lý của của nguyên liệu khó xử lý.

Fig.1A là sơ đồ minh họa sự chuyển hóa đường thu được từ sinh khối thành etanol.

Fig.1B là sơ đồ minh họa sự chuyển hóa đường thu được từ sinh khối thành axit hữu cơ.

Fig.2 là sơ đồ minh họa quy trình sản xuất etanol.

Fig.3 là sơ đồ minh họa quy trình sản xuất etanol khác.

Fig.4 là sơ đồ minh họa quy trình sản xuất etanol khác.

Fig.5 là sơ đồ minh họa quy trình sản xuất etanol khác.

Fig.6 là sơ đồ minh họa quy trình sản xuất etanol khác.

Fig.7 là sơ đồ minh họa việc sử dụng phần dư chuyển hóa sinh học trong quy trình sản xuất etanol.

Fig.7 A là sơ đồ minh họa sự chuyển hóa canxi axetat và etanol thành etyl axetat.

Fig.8 là sơ đồ minh họa việc sản xuất propylen glycol.

Fig.9 là hình vẽ minh họa việc thu giữ cacbon trong kết cấu địa chất.

Fig.10 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa sự quang hợp hydrat cacbon và lipit.

Fig.11 là hình vẽ minh họa việc sản xuất diesel sinh học.

Fig.12 là sơ đồ thể hiện quy trình sản xuất nhiên liệu sử dụng tảo, trong khi Fig.12A là hình vẽ phóng to vùng 12.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Nguyên liệu có chứa cacbon, như sinh khối (ví dụ, than, sinh khối thực vật, sinh khối động vật và sinh khối rác thải thành thị) có thể được xử lý tới mức khó xử lý thấp hơn (nếu cần) và được chuyển hóa thành sản phẩm hữu dụng như axit hữu cơ, muối của axit hữu cơ, anhydrit, este của axit hữu cơ và nhiên liệu, ví dụ, nhiên liệu dùng để đốt trong động cơ hoặc nguyên liệu chế biến dùng cho các pin nhiên liệu. Hệ thống và

các quy trình được mô tả ở đây để sử dụng các nguyên liệu thừa một cách dễ dàng, nhưng thường khó chế biến, như tiền chất than hoặc than, ví dụ, than bùn, than non, than á bitum, bitum đến antraxit, cát dầu, đá phiến có dầu hoặc nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza. Nhiều quy trình trong số đó có thể khó xử lý mức thấp hơn một cách có hiệu quả nguyên liệu chứa cacbon bất kỳ, như nguyên liệu chứa cacbon được mô tả theo sáng chế, làm cho việc xử lý dễ dàng hơn, như bằng phương pháp xử lý sinh học (ví dụ, bằng vi sinh vật bất kỳ được mô tả theo sáng chế, như đồng hóa axetic hoặc dị hóa axetic, và/hoặc enzym bất kỳ được mô tả theo sáng chế), xử lý nhiệt (ví dụ, khí hóa, bể gãy phân tử hoặc nhiệt phân) hoặc phương pháp hóa học (ví dụ, thủy phân axit hoặc oxy hóa). Nói chung, nếu cần, các nguyên liệu có thể được xử lý tự nhiên để dùng cho chế biến và/hoặc sau chế biến, thường bằng cách giảm kích thước. Nguyên liệu được xử lý tự nhiên có thể được xử lý hoặc được chế biến sử dụng một hoặc nhiều phương pháp trong số phương pháp được mô tả ở đây, như bức xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân hoặc nổi hơi nước. Nhiều hệ thống và phương pháp xử lý có thể được sử dụng kết hợp của hai, ba, hoặc thậm chí bốn kỹ thuật trên hoặc kỹ thuật được mô tả ở trên với kỹ thuật khác không được mô tả ở đây.

Trong một số trường hợp, để tạo ra nguyên liệu chứa hydrat cacbon, như xenluloza hoặc hemixenluloza, mà có thể được chuyển hóa bởi vi sinh vật thành nhiều sản phẩm mong muốn, như các nhiên liệu dễ cháy (ví dụ, etanol, butanol hoặc hydro), axit hữu cơ hoặc các anhydrit, nguyên liệu chế biến bao gồm một hoặc nhiều đơn vị sacarit có thể được xử lý bằng một hoặc nhiều quy trình trong số các quy trình được mô tả theo sáng chế. Các sản phẩm và phụ phẩm khác có thể được sản xuất bao gồm, ví dụ, thức ăn cho người, thức ăn cho động vật, dược phẩm, và chất dinh dưỡng.

Khi axit hữu cơ được chế biến thì trước tiên, axit này có thể được chuyển hóa thành các hợp chất trung gian khác (ví dụ, este và anhydrit), và sau đó được chuyển hóa thành rượu bằng cách hydro hóa, ví dụ, hydro hóa áp suất cao, như áp suất nằm trong khoảng từ  $25 \cdot 10^5$  Pa (25 bar) và  $700 \cdot 10^5$  Pa (700 bar), ví dụ,  $50 \cdot 10^5$  Pa (50 bar) đến  $500 \cdot 10^5$  Pa (500 bar), hoặc  $100 \cdot 10^5$  Pa (100 bar) đến  $400 \cdot 10^5$  Pa (400 bar), trong điều kiện có mặt của chất xúc tác, như chất xúc tác đồng cromit, chất xúc tác coban, chất xúc tác kẽm hoặc chất xúc tác paladi. Hydro hóa este đã được mô tả trong patent Hoa Kỳ số 4,113,662 cấp cho Wall, R.G.. Việc xử lý axit hữu cơ có thể có một số ưu

điểm so với việc sản xuất trực tiếp rượu trong một số trường hợp (ví dụ, về hiệu quả sử dụng cacbon), sẽ được mô tả chi tiết hơn ở đây. Theo một số phương án của sáng chế, các axetogen hoặc đồng hóa axetic có khả năng sử dụng khí tổng hợp từ quy trình chuyển hóa bằng nhiệt hóa học, có thể được sử dụng để tăng cường hiệu quả của việc chuyển hóa.

Tham khảo Fig.1, trong một số ví dụ và nếu cần, nguyên liệu thứ nhất, như nguyên liệu lignoxenluloza, có mức khó xử lý thứ nhất được xử lý, ví dụ được xử lý bằng dòng chứa các hạt, như hạt điện tử, để tạo ra nguyên liệu thứ hai có mức khó xử lý thứ hai thấp hơn mức khó xử lý thứ nhất. Ở điểm này và nếu cần, nguyên liệu thứ hai có thể được thủy phân, ví dụ, bằng cách sử dụng enzym, thành đường, như glucoza, đường pentoza và arabinoza. Theo Fig.1A và Fig.1B, đường có thể được chuyển hóa trực tiếp thành rượu bằng vi sinh vật, như một hoặc nhiều loại vi khuẩn hoặc nấm, như nấm men và/hoặc nấm pichia, hoặc đường có thể được chuyển hóa thành axit hữu cơ, như axit axetic và/hoặc axit lactic. Nếu muốn, axit hữu cơ có thể được chuyển hóa thành este, và sau đó este được hydro hóa trong điều kiện có mặt hydro dưới áp suất cao và có mặt của chất xúc tác để thu được rượu.

Các ví dụ về sinh khối

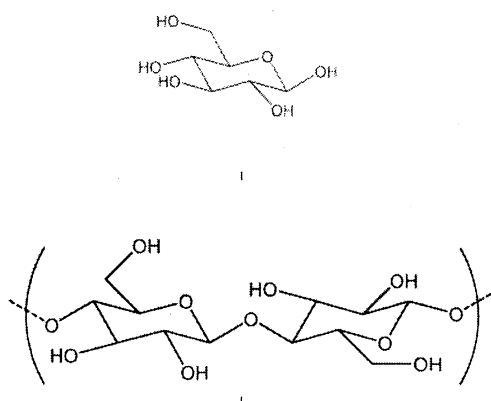
Nói chung, nguyên liệu sinh khối bất kỳ là hoặc bao gồm các hydrat cacbon gồm có một hoặc nhiều đơn vị sacarit hoặc bao gồm một hoặc nhiều đơn vị sacarit có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây, chẳng hạn được chế biến để giảm bớt mức khó xử lý của sinh khối. Ví dụ, nguyên liệu sinh khối có thể bao gồm một hoặc nhiều nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza, hoặc nguyên liệu tinh bột, như hạt ngô, hạt gạo hoặc lương thực khác.

Ví dụ, các nguyên liệu này có thể bao gồm giấy, sản phẩm từ giấy, gỗ, nguyên liệu liên quan tới gỗ, tấm mùn cưa, cỏ, trấu gạo, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xydan, cây chuối abaca, rơm, lõi ngũ cốc, trấu gạo, sơ dừa, tảo, rong biển, bông, xenluloza tổng hợp hoặc hỗn hợp bất kỳ của các nguyên liệu này.

Ví dụ, sinh khối có thể là dạng sợi trong tự nhiên. Các nguồn sợi bao gồm các nguồn sợi xenluloza, bao gồm giấy và sản phẩm từ giấy (ví dụ, giấy nhiều lớp và giấy Kraft), và các nguồn sợi lignoxenluloza, bao gồm gỗ, và các nguyên liệu liên quan tới gỗ, ví dụ, tấm mùn cưa. Các nguồn sợi thích hợp khác bao gồm các nguồn sợi tự

nhiên, ví dụ, cỏ, trấu gạo, bã mía, bông, cây đay, cây gai dầu, cây lanh, cây tre, cây xydan, cây chuối abaca, rom, lõi ngũ cốc, trấu gạo, xơ dừa; các nguồn sợi có hàm lượng  $\alpha$ -xenluloza cao, ví dụ, bông. Các nguồn sợi có thể thu được từ nguyên liệu vải vụn mới, ví dụ, vải thừa, vải thải loại sau khi sử dụng, ví dụ, giẻ. Khi sản phẩm từ giấy được sử dụng làm các nguồn sợi, chúng có thể là nguyên liệu mới, ví dụ, nguyên liệu mới dạng mảnh, hoặc chúng có thể là rác thải sau khi sử dụng. Ngoài nguyên liệu thô mới, chất thải sinh hoạt, công nghiệp (ví dụ, đồ thừa), và chất thải xử lý (ví dụ, thải ra từ xử lý giấy) cũng có thể được dùng làm các nguồn sợi. Ngoài ra, nguồn sợi có thể thu được hoặc lấy được từ con người (ví dụ, nước cống), các chất thải động vật hoặc thực vật. Các nguồn sợi bổ sung được mô tả trong các patent Hoa Kỳ số 6,448,307, 6,258,876, 6,207,729, 5,973,035 và 5,952,105.

Theo một số phương án của sáng chế, hydrat cacbon hoặc bao gồm nguyên liệu có một hoặc nhiều liên kết  $\beta$ -1,4 và có số phân tử lượng trung bình nằm trong khoảng từ 3,000 đến 50,000. Hydrat cacbon hoặc bao gồm xenluloza (I), thu được từ ( $\beta$ -glucoza 1) qua ngưng tụ của liên kết glycozit  $\alpha$ (1,4). Liên kết này trái ngược với liên kết glycozit  $\alpha$ (1,4) có mặt trong tinh bột và các hydrat cacbon khác.



Nguyên liệu tinh bột bản thân nó chứa tinh bột, ví dụ, tinh bột ngũ cốc, tinh bột lúa mì, tinh bột khoai tây hoặc tinh bột gạo, dẫn xuất của tinh bột, hoặc nguyên liệu bao gồm tinh bột, như sản phẩm thực phẩm ăn được hoặc cây trồng. Ví dụ, nguyên liệu tinh bột có thể là arracacha, kiều mạch, chuối, lúa mạch, bột sắn, sắn dây, oca, bột cọ sagu, cây lúa miến, khoai tây, khoai lang, khoai sọ, củ từ, hoặc một hoặc nhiều đậu, như hạt đậu, đậu lăng hoặc hạt đậu Hà Lan. Hỗn hợp của hai hoặc hơn hai nguyên liệu



tinh bột cũng là nguyên liệu tinh bột. Theo các phương án cụ thể, nguyên liệu tinh bột này thu được từ ngô. Các tinh bột ngũ cốc và dẫn xuất được mô tả trong tài liệu "Corn Starch" Corn Refiners Association (11<sup>th</sup> Edition, 2006).

Các ví dụ về các nguyên liệu và hỗn hợp chứa cacbon khác

Tiền chất than hoặc than, ví dụ, than bùn, than non, than á bitum, bitum đến antraxit, cát dầu, đá phiến có dầu cũng có thể được sử dụng làm nguồn cacbon. Ngoài ra, hỗn hợp của nguyên liệu sinh khối bất kỳ được mô tả ở theo sáng chế và nguyên liệu chứa cacbon bất kỳ khác được mô tả ở đây có thể được sử dụng để sản xuất một trong số các sản phẩm được mô tả ở đây, như etanol, axit axetic hoặc etyl axetat.

Chế biến vật lý

Trong một số trường hợp, các phương pháp có thể bao gồm chế biến vật lý, ví dụ, bằng cách giảm kích thước của các nguyên liệu, như bằng cách chặt, nghiền, cắt, đập hoặc băm. Ví dụ, trong một số trường hợp, nguyên liệu mềm (ví dụ, giấy tái sinh, nguyên liệu tinh bột, than hoặc cỏ kê Mỹ) được chế biến bằng cách cắt hoặc băm. Ví dụ, trong các trường hợp khác, nguyên liệu đầu tiên được xử lý sơ bộ hoặc được chế biến sử dụng một hoặc nhiều phương pháp trong số các phương pháp được mô tả ở đây, như bức xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân hoặc nổ hơi nước, và sau đó được giảm kích thước hoặc tiếp tục được giảm kích thước. Đầu tiên xử lý và sau đó giảm kích thước có thể sẽ có lợi vì các nguyên liệu đã xử lý có xu hướng dễ vỡ hơn và do đó dễ giảm kích thước hơn. Sàng và/hoặc nam châm có thể được sử dụng để loại bỏ vật thể quá cỡ hoặc không mong muốn như, ví dụ, đá hoặc đinh từ dòng cấp nguyên liệu.

Các hệ thống chế biến nguyên liệu có thể được thiết kế để tạo ra các dòng có các tính chất cụ thể như, ví dụ, kích thước tối đa nhất định, các tỷ lệ dài-rộng cụ thể hoặc tỷ lệ diện tích bề mặt cụ thể. Chế biến vật lý có thể làm tăng tỷ lệ phản ứng hoặc giảm bớt thời gian xử lý do cần phải khai mở nguyên liệu và làm cho chúng có thể sử dụng được đối với các quy trình và/hoặc chất phản ứng, như chất phản ứng trong dung dịch. Mật độ khối của nguyên liệu chế biến có thể được kiểm soát (ví dụ, được tăng lên). Trong một vài trường hợp, tốt hơn là chế biến nguyên liệu có mật độ khối thấp, tăng mật độ nguyên liệu (ví dụ, làm cho nó trở nên dễ dàng hơn và rẻ hơn để vận chuyển tới

khu vực khác), và sau đó chuyển đổi nguyên liệu này thành trạng thái có mật độ khối thấp hơn.

#### Giảm kích thước

Theo một số phương án, nguyên liệu cần được chế biến dưới dạng nguyên liệu dạng sợi bao gồm các sợi được tạo ra bằng cách cắt nguồn sợi. Ví dụ, việc cắt có thể được thực hiện bằng dao cắt quay.

Ví dụ, nguồn sợi, ví dụ, là nguồn chất khó xử lý hoặc có mức khó xử lý được giảm bớt, có thể được cắt, ví dụ, trong dao cắt quay, để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất. Nguyên liệu dạng sợi thứ nhất được cho đi qua sàng thứ nhất, ví dụ, có cỡ lỗ trung bình 1,59 mm hoặc nhỏ hơn (1/16 inch, 0,0625 inch), tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ hai. Nếu muốn, nguồn sợi có thể được cắt trước khi phá vỡ, ví dụ, bằng thiết bị cắt vụn. Ví dụ, khi giấy được dùng làm nguồn sợi, đầu tiên giấy có thể được cắt thành các dải, ví dụ, có độ rộng từ 1/4 đến 1/2-inch, sử dụng thiết bị cắt vụn, ví dụ, thiết bị cắt vụn dạng vít quay ngược, như các thiết bị được sản xuất bởi Munson (Utica, N.Y.). Thay vì cắt vụn, giấy có thể được giảm kích thước bằng cách cắt thành kích thước mong muốn sử dụng máy xén giấy. Ví dụ, máy xén giấy có thể được sử dụng để cắt giấy thành các tấm có độ rộng, ví dụ, 10 inch, dài khoảng 12 inch.

Theo một số phương án, việc phá vỡ nguồn sợi và cấp nguyên liệu dạng sợi thứ nhất thu được qua sàng thứ nhất được thực hiện đồng thời. Việc phá vỡ và cấp nguyên liệu cũng có thể được thực hiện trong quy trình dạng mẻ.

Ví dụ, dao cắt quay có thể được sử dụng để đồng thời phá vỡ nguồn sợi và sàng nguyên liệu dạng sợi thứ nhất. Dao cắt quay bao gồm phễu có thể được cấp nguồn sợi đã nghiền vụn được chế biến bằng cách nghiền vụn nguồn sợi. Nguồn sợi đã nghiền vụn được phá vỡ từ các cánh cố định và các cánh quay để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ nhất. Nguyên liệu dạng sợi thứ nhất đi qua sàng, và nguyên liệu dạng sợi thứ hai thu được được giữ trong thùng. Để hỗ trợ cho việc thu gom nguyên liệu dạng sợi thứ hai, thùng có thể có áp suất thấp hơn áp suất khí quyển, ví dụ, ít nhất thấp hơn 10% áp suất khí quyển, ví dụ, ít nhất thấp hơn 25% áp suất khí quyển, ít nhất thấp hơn 50% áp suất khí quyển, hoặc ít nhất thấp hơn 75% áp suất khí quyển. Theo một số phương án, nguồn chân không được sử dụng để duy trì áp suất trong thùng thấp hơn áp suất khí quyển.

Việc phá vỡ có thể có lợi cho việc "khai mở" và "ép" các nguyên liệu dạng sợi, làm cho xenluloza của các nguyên liệu mẫn cảm hơn đối với sự phân chia chuỗi và/hoặc giảm bớt mức kết tinh. Các nguyên liệu hở cũng có thể mẫn cảm hơn đối với việc oxy hóa khi được chiếu xạ.

Nguồn sợi có thể được phá vỡ ở trạng thái khô (ví dụ, có ít hoặc không có nước trên bề mặt), trạng thái hydrat hoá (ví dụ, có đến mười % theo khối lượng được hấp thụ nước), hoặc trạng thái ướt, ví dụ, nằm trong khoảng từ 10% đến khoảng 75% theo khối lượng nước. Nguồn sợi có thể thậm chí được phá vỡ trong khi một phần hoặc toàn bộ ngập trong chất lỏng, như nước, etanol hoặc isopropanol.

Nguồn sợi cũng có thể được phá vỡ dưới dạng khí (như dòng hoặc khí quyển của hơi mà không phải là không khí), ví dụ, oxy hoặc nitơ, hoặc hơi nước.

Các phương pháp khác sản xuất nguyên liệu dạng sợi bao gồm, ví dụ, nghiền đá, xẻ hoặc xé cơ học, nghiền kiểu chót hoặc nghiền dùng đĩa không khí.

Nếu muốn, các nguyên liệu dạng sợi có thể được tách, ví dụ, liên tục hoặc theo mẻ, thành phân đoạn theo độ dài, độ rộng, tỷ trọng, loại nguyên liệu, hoặc kết hợp bất kỳ trong số các thuộc tính này. Ví dụ, để tạo ra vật liệu composit, tốt hơn là làm ngắn tương đối chiều dài phân bố của sợi.

Các nguyên liệu dạng sợi cũng có thể được tách riêng, ví dụ, bằng cách sử dụng khí tốc độ cao, ví dụ, không khí. Theo cách này, các nguyên liệu dạng sợi được tách bằng việc kéo duỗi các phân đoạn khác nhau, được đặc trưng bằng lượng tử, nếu mong muốn. Thiết bị tách như vậy được đưa ra trong patent Hoa Kỳ số 6,883,667 cấp cho Lindsey và cộng sự.

Các nguyên liệu chứa sắt có thể được tách ra khỏi nguyên liệu dạng sợi bất kỳ bằng cách đưa nguyên liệu dạng sợi bao gồm nguyên liệu chứa sắt qua nam châm, ví dụ, nam châm điện, và sau đó đưa nguyên liệu dạng sợi thu được qua một loạt sàng, mỗi sàng có lỗ được định cỡ khác nhau.

Các nguyên liệu dạng sợi có thể được chiếu xạ ngay lập tức sau khi chế biến, hoặc chúng có thể có thể được làm khô, ví dụ, ở xấp xỉ 105 °C trong khoảng từ 4 đến 18 giờ, sao cho độ ẩm ví dụ, thấp hơn khoảng 0,5% trước khi sử dụng.

Nếu muốn, lignin có thể được loại ra khỏi bất kỳ trong số nguyên liệu dạng sợi chứa lignin. Ngoài ra, để hỗ trợ cho việc làm vỡ nguyên liệu chứa xenluloza, nguyên

liệu này có thể được xử lý trước khi chiếu xạ bằng nhiệt, hóa chất (ví dụ, axit vô cơ, bazơ hoặc chất oxy hóa đặc như natri hypocorit) và/hoặc enzym.

Theo một số phương án, cỡ lỗ trung bình của sàng thứ nhất là nhỏ hơn 0,79 mm (1/32 inch, 0,03125inch), ví dụ, nhỏ hơn 0,51 mm (1/50 inch, 0,02000 inch), nhỏ hơn 0,40 mm (1/64 inch, 0,015625inch), nhỏ hơn 0,23 mm (0,009 inch), nhỏ hơn 0,20 mm (1/128 inch, 0,0078125inch), nhỏ hơn 0,18 mm (0,007 inch), nhỏ hơn 0,13 mm (0,005 inch), hoặc thậm chí nhỏ hơn 0,10 mm (1/256 inch, 0,00390625 inch). Sàng có thể được chế tạo, ví dụ, bằng cách đan từng sợi có đường kính thích hợp để tạo ra cỡ lỗ mong muốn. Ví dụ, sợi đơn có thể được làm từ kim loại, ví dụ, thép không gỉ. Khi các cỡ lỗ trở nên nhỏ hơn, thì yêu cầu về cấu trúc sợi đơn có thể trở nên lớn hơn. Ví dụ, đối với các cỡ lỗ nhỏ hơn 0,40 mm, thì có thể sẽ thuận lợi cho việc tạo ra các sàng từ các sợi đơn thu được từ nguyên liệu mà không phải là thép không gỉ, ví dụ, titan, các hợp kim titan, các kim loại vô định hình, niken, vonfram, rodi, reni, gốm, hoặc thủy tinh. Theo một số phương án, sàng được tạo ra từ tấm, ví dụ tấm kim loại, có lỗ, ví dụ, cắt thành tấm sử dụng laze. Theo một số phương án, diện tích hở của lỗ sàng là nhỏ hơn 52%, ví dụ, nhỏ hơn 41%, nhỏ hơn 36%, nhỏ hơn 31% hoặc nhỏ hơn 30%.

Nguyên liệu dạng sợi thứ ba có thể được chế biến từ nguyên liệu dạng sợi thứ hai bằng cách phá vỡ nguyên liệu dạng sợi thứ hai và đưa nguyên liệu thu được qua sàng thứ ba có cỡ lỗ trung bình nhỏ hơn sàng thứ nhất.

Nói chung, các sợi của các nguyên liệu dạng sợi có thể có tỷ lệ đường kính-chiều dài trung bình tương đối lớn (ví dụ, lớn hơn 20-tới-1), thậm chí chúng còn được phá vỡ hơn một lần. Ngoài ra, các sợi của các nguyên liệu dạng sợi được mô tả ở đây có thể có sự phân bố tỷ lệ độ dài và/hoặc đường kính-độ dài tương đối hẹp.

Trong bản mô tả này, độ rộng sợi trung bình (ví dụ, đường kính) là độ rộng được xác định quang học bằng cách ngẫu nhiên chọn khoảng 5.000 sợi. Độ dài sợi trung bình là độ dài có trọng lượng theo độ dài được hiệu chỉnh. BET (Brunauer, Emmet and Teller) diện tích bề mặt là diện tích bề mặt đa điểm, và độ xốp là độ xốp được xác định bằng máy đo độ xốp thủy ngân.

Tỷ lệ đường kính-độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể là, ví dụ lớn hơn 8/1, ví dụ, lớn hơn 10/1, lớn hơn 15/1, lớn hơn 20/1, lớn hơn 25/1, hoặc lớn hơn 50/1. Độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể là, ví dụ, từ

khoảng 0,5 mm đến 2,5 mm, ví dụ, từ khoảng 0,75 mm đến 1,0 mm, và độ rộng trung bình (ví dụ, đường kính) của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 có thể là, ví dụ, từ khoảng 5  $\mu\text{m}$  đến 50  $\mu\text{m}$ , ví dụ, từ khoảng 10  $\mu\text{m}$  đến 30  $\mu\text{m}$ .

Theo một số phương án, độ lệch chuẩn của độ dài của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14 là nhỏ hơn 60% độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai 14, ví dụ, nhỏ hơn 50% độ dài trung bình, nhỏ hơn 40% độ dài trung bình, nhỏ hơn 25% độ dài trung bình, nhỏ hơn 10% độ dài trung bình, nhỏ hơn 5% của độ dài trung bình, hoặc thậm chí nhỏ hơn 1% độ dài trung bình.

Theo một số phương án, diện tích bề mặt BET của nguyên liệu dạng sợi thứ hai là lớn hơn 0,1  $\text{m}^2/\text{g}$ , ví dụ, lớn hơn 0,25  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 0,5  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 1,0  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 1,5  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 1,75  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 5,0  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 10  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 25  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 35  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 50  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 60  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 75  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 100  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 150  $\text{m}^2/\text{g}$ , lớn hơn 200  $\text{m}^2/\text{g}$ , hoặc thậm chí lớn hơn 250  $\text{m}^2/\text{g}$ .

Độ xốp của nguyên liệu dạng sợi thứ hai có thể là, ví dụ, lớn hơn 20 %, lớn hơn 25 %, lớn hơn 35 %, lớn hơn 50 %, lớn hơn 60 %, lớn hơn 70 %, lớn hơn 80 %, lớn hơn 85 %, lớn hơn 90 %, lớn hơn 92 %, lớn hơn 94 %, lớn hơn 95 %, lớn hơn 97,5 %, lớn hơn 99 %, hoặc thậm chí lớn hơn 99,5 %.

Theo một số phương án, tỷ lệ của tỷ lệ đường kính-độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ nhất so với tỷ lệ đường kính-độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai là, ví dụ, nhỏ hơn 1,5, nhỏ hơn 1,4, nhỏ hơn 1,25, nhỏ hơn 1,1, nhỏ hơn 1,075, nhỏ hơn 1,05, nhỏ hơn 1,025, hoặc thậm chí về cơ bản là bằng 1.

Theo phương án cụ thể, nguyên liệu dạng sợi thứ hai được phá vỡ một lần nữa và nguyên liệu dạng sợi thu được được cho đi qua sàng thứ ba có cỡ lỗ trung bình nhỏ hơn cỡ lỗ của sàng thứ nhất để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ ba. Trong các ví dụ này, tỷ số của tỷ lệ đường kính-độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ hai so với tỷ lệ đường kính-độ dài trung bình của nguyên liệu dạng sợi thứ ba có thể là, ví dụ, nhỏ hơn 1,5, ví dụ, nhỏ hơn 1,4, nhỏ hơn 1,25, hoặc thậm chí nhỏ hơn 1,1.

Theo một số phương án, nguyên liệu dạng sợi thứ ba được cho đi qua sàng thứ ba để tạo ra nguyên liệu dạng sợi thứ tư. Nguyên liệu dạng sợi thứ tư có thể là, ví dụ, được cho đi qua sàng thứ tư để tạo ra nguyên liệu thứ năm. Các quy trình sàng tương

tự có thể được lặp lại nhiều lần nếu muốn để tạo ra nguyên liệu dạng sợi mong muốn có các tính chất mong muốn.

#### Tăng tỷ trọng

Nguyên liệu được tăng tỷ trọng có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây, hoặc vật liệu bất kỳ được chế biến bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây sau đó có thể được được tăng tỷ trọng.

Nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu dạng sợi được chế biến hoặc chưa được chế biến, có mật độ khối thấp có thể được tăng tỷ trọng thành sản phẩm có mật độ khối cao hơn. Ví dụ, nguyên liệu thành phần có mật độ khối  $0,05 \text{ g/cm}^3$  có thể được tăng tỷ trọng bằng cách hàn kín nguyên liệu dạng sợi trong cấu trúc có thể thấm khí tương đối, ví dụ, túi được làm từ polyetylen, túi được làm từ các lớp khác nhau của polyetylen và nylon, hoặc túi được làm từ nguyên liệu có thể phân hủy như màng có gốc tinh bột, và sau đó thu hồi khí đã sinh ra, ví dụ, không khí, từ cấu trúc này. Sau khi thu hồi không khí ra khỏi cấu trúc, nguyên liệu dạng sợi có thể có mật độ khối, ví dụ, lớn hơn  $0,3 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,5 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,6 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,7 \text{ g/cm}^3$  hoặc hơn, ví dụ,  $0,85 \text{ g/cm}^3$ . Trước khi và/hoặc sau khi tăng tỷ trọng, sản phẩm có thể được xử lý bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả ở đây, như được chiếu, ví dụ, bằng bức xạ gama. Điều này có thể có lợi khi muốn vận chuyển nguyên liệu tới địa điểm khác, ví dụ, nhà máy sản xuất ở xa, trong đó nguyên liệu dạng sợi thành phần có thể được bổ sung vào dung dịch, ví dụ, để tạo ra etanol. Sau khi cất hoặc đục thùng cấu trúc mà khí có thể thấm qua, nguyên liệu dạng sợi được tăng tỷ trọng có thể trở lại gần như mật độ khối ban đầu của nó, ví dụ, lớn hơn 60 % mật độ khối ban đầu của nó, ví dụ, 70 %, 80 %, 85 % hoặc hơn, ví dụ, 95 % mật độ khối ban đầu của nó. Để khử điện tĩnh trong nguyên liệu dạng sợi, tác nhân chống tĩnh điện có thể được bổ sung cho nguyên liệu.

Theo một số phương án, cấu trúc, ví dụ, túi, được tạo ra của nguyên liệu có thể hòa tan trong chất lỏng, như nước. Ví dụ, cấu trúc có thể được tạo ra từ polyvinyl rượu sao cho nó hòa tan khi tiếp xúc với hệ gốc nước. Các phương án này cho phép các cấu trúc được tăng tỷ trọng bằng cách bổ sung trực tiếp vào các dung dịch bao gồm vi sinh vật, mà không có sự giải phóng hàm lượng thứ nhất của cấu trúc, ví dụ, bằng cách cất hoặc đục thùng.

Vật liệu bất kỳ, ví dụ, nguyên liệu sinh khối, có thể kết hợp với chất phụ gia và chất kết dính bất kỳ mong muốn, và sau đó được tăng tỷ trọng áp dụng áp suất, ví dụ, bằng cách đưa nguyên liệu qua mỏ kẹp đã được xác định từ con lăn áp lực quay ngược hoặc bằng cách đưa nguyên liệu qua máy cán viên tròn. Trong quá trình áp dụng áp suất, có thể, tùy ý, cấp nhiệt để hỗ trợ trong việc làm tăng tỷ trọng của nguyên liệu dạng sợi. Sau đó nguyên liệu đã được tăng tỷ trọng có thể được chiếu xạ.

Theo một số phương án, nguyên liệu trước khi làm tăng tỷ trọng có mật độ khối nhỏ hơn  $0,25\text{g/cm}^3$ , ví dụ,  $0,20\text{ g/cm}^3$ ,  $0,15\text{ g/cm}^3$ ,  $0,10\text{ g/cm}^3$ ,  $0,05\text{ g/cm}^3$  hoặc nhỏ hơn, ví dụ,  $0,025\text{g/cm}$ . Mật độ khối được xác định bằng cách sử dụng ASTM D1 895B. Tóm lại, phương pháp này thực hiện bằng cách đổ đầy xylanh định lượng có khối lượng của mẫu đã biết và thu được trọng lượng của mẫu này. Mật độ khối được tính toán bằng cách chia trọng lượng của mẫu theo đơn vị gam theo thể tích đã biết của hình trụ theo centimet khối.

Chất kết dính được ưu tiên bao gồm chất kết dính tan được trong nước, trương nở do nước, hoặc có nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh nhỏ hơn  $25^{\circ}\text{C}$ , như xác định bởi phép đo nhiệt lượng quét chênh lệch. Chất kết dính tan được trong nước, nghĩa là chất kết dính có độ tan ít nhất khoảng  $0,05\%$  trọng lượng trong nước. Chất kết dính có thể trương nở trong nước, nghĩa là chất kết dính làm tăng thể tích trong hơn  $0,5\%$  khi tiếp xúc với nước.

Theo một số phương án, chất kết dính có thể tan hoặc trương nở lên do nước bao gồm nhóm chức có khả năng tạo ra liên kết, ví dụ, liên kết hydro, với các sợi của nguyên liệu dạng sợi, ví dụ, nguyên liệu dạng sợi xenluloza. Ví dụ, nhóm chức có thể là nhóm axit carboxylic, nhóm carboxylat, nhóm cacbonyl, ví dụ, của aldehyt hoặc keton, nhóm axit sulfonic, nhóm sulfonat, nhóm axit phosphoric, nhóm phosphat, nhóm amit, nhóm amtrung, nhóm hydroxyl, ví dụ, của rượu, và hỗn hợp bất kỳ trong số các nhóm này, ví dụ, từ nhóm axit carboxylic đến nhóm hydroxyl. Các ví dụ monome cụ thể bao gồm glyxerin, glyoxal, axit ascorbic, urea, glyxin, pentaerythritol, monosacarit hoặc disacarit, axit xitric, và axit tartric. Các sacarit thích hợp bao gồm glucoza, sucroza, lactoza, riboza, fructoza, manoza, arabinoza và erythroza. Các ví dụ của polyme bao gồm polyglycol, oxit polyetylen, axit polycarboxylic, polyamit, polyamin và axit polysulfonic và polysulfonat. Các ví dụ polymer cụ thể bao gồm

polypropylen glycol (PPG), polyetylen glycol (PEG), oxit polyetylen, ví dụ, POLYOX<sup>®</sup>, copolyme của etylen oxit và propylen oxit, axit polyacrylic (PAA), polyacrylamit, polypeptit, polyetylenimin, polyvinylpyridin, poly(natri-4-styren sulfonat) và poly(2-acrylamido-metyl-l- propansulfonic axit).

Theo một số phương án, chất kết dính bao gồm polyme có nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh thấp hơn 25<sup>0</sup>C. Ví dụ về polyme này bao gồm elastome dẻo nhiệt (TPE). Ví dụ về các TPE này bao gồm amit dạng khối chứa poly ete, có bán trên thị trường với nhãn hiệu PEBAX<sup>®</sup>, elastome polyester, có sẵn mang nhãn hiệu HYTREL<sup>®</sup>, và copolyme dạng khối chứa styren, như có sẵn mang nhãn hiệu KRATON<sup>®</sup>. Polyme thích hợp khác có nhiệt độ chuyển tiếp thủy tinh thấp hơn 25<sup>0</sup>C bao gồm etylen vinyl axetat copolyme (EVA), polyolefin, ví dụ, polyetylen, polypropylen, etylen-propylen copolyme, và copolymer của etylen và alpha olefin, ví dụ, 1-octen, có bán trên thị trường với nhãn hiệu ENGAGE<sup>®</sup>.

Theo một phương án cụ thể, chất kết dính là lignin, ví dụ, lignin tự nhiên hoặc được cải biến tổng hợp.

Lượng thích hợp của chất kết dính được bổ sung vào nguyên liệu, được tính toán dựa vào trọng lượng khô, ví dụ, từ khoảng 0,01 % tới khoảng 50 %, ví dụ, 0,03 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,25 %, 0,5 %, 1,0 %, 5 %, 10 % hoặc hơn, ví dụ, 25 %, trên tổng trọng lượng của nguyên liệu đã được làm tăng tỷ trọng. Chất kết dính có thể được bổ sung vào nguyên liệu dưới dạng nguyên chất, chất lỏng tinh khiết, như chất lỏng có chất kết dính được hòa tan ở đây, như bột khô của chất kết dính, hoặc dạng viên tròn của chất kết dính.

Nguyên liệu đã được làm tăng tỷ trọng dạng sợi có thể được sản xuất trong máy cán viên tròn. Nguyên liệu này, sau khi tăng tỷ trọng, có thể thuận lợi cho việc tạo viên tròn hoặc mảnh có nhiều hình dạng. Sau đó các viên tròn có thể được chiếu xạ hoặc theo cách khác được xử lý bằng phương pháp bất kỳ được mô tả ở đây. Theo một số phương án, viên tròn hoặc các mảnh có dạng hình trụ, ví dụ, có kích thước ngang tối đa, ví dụ, 1 mm hoặc lớn hơn, ví dụ, 2 mm, 3 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm, 15 mm hoặc hơn, ví dụ, 25mm. Các viên tròn có thể được tạo ra sao cho chúng có rỗng bên trong. Chỗ lõm có thể thường trùng với tâm của viên tròn, hoặc không trùng với tâm của viên



tròn. Việc làm cho viên tròn có chỗ lõm bên trong để tăng tốc độ hòa tan trong chất lỏng.

Viên tròn có thể có, ví dụ, hình dạng nằm ngang là nhiều-lobal, ví dụ, tri-lobal như được thể hiện trên hình vẽ, hoặc tetra-lobal, penta-lobal, hexa-lobal hoặc deca-lobal. Việc tạo ra viên tròn dưới các hình dạng nằm ngang cũng có thể làm tăng trong dung dịch.

Xử lý để hòa tan, giảm bớt tính khó xử lý hoặc hoặc để chức hóa

Các nguyên liệu mà đã được hoặc không được chế biến tự nhiên có thể được xử lý để sử dụng trong quy trình sản xuất bất kỳ được mô tả theo sáng chế. Các quy trình xử lý có thể bao gồm một hoặc nhiều quy trình trong số các quy trình được mô tả ở đây, như chiếu xạ, siêu âm, oxy hóa, nhiệt phân hoặc nổ hơi nước. Phương pháp xử lý có thể được sử dụng kết hợp với hai, ba, bốn, hoặc thậm chí tất cả các kỹ thuật trong số các kỹ thuật này (theo trình tự bất kỳ).

Xử lý bằng chiếu xạ

Một hoặc nhiều trình tự xử lý chiếu xạ có thể được sử dụng để xử lý các nguyên liệu từ nhiều nguồn khác nhau để chiết ra các các chất hữu ích từ nguyên liệu, và để tạo ra nguyên liệu hữu cơ phân giải một phần, mà có chức năng như đầu vào cho bước và/hoặc trình tự xử lý tiếp theo. Việc chiếu xạ có thể làm giảm bớt phân tử lượng và/hoặc mức kết tinh và/hoặc khó xử lý của nguyên liệu. Theo một số phương án, năng lượng được lắng phủ trong nguyên liệu mà giải phóng electron từ quỹ đạo nguyên tử của nó được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu. Bức xạ có thể được tạo ra bởi 1) các hạt nặng được tích điện, như các hạt alpha hoặc proton, 2) các điện tử, được tạo ra, ví dụ, trong máy gia tốc phân hủy beta hoặc chùm electron, hoặc 3) bức xạ điện từ, ví dụ, tia gamma, tia X, hoặc tia cực tím. Theo một cách, bức xạ được tạo ra bằng các chất phóng xạ có thể được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu. Theo một số phương án, việc kết hợp theo trình tự bất kỳ hoặc đồng thời bằng phương pháp từ (1) đến (3) có thể được sử dụng. Theo một cách khác, bức xạ điện từ (ví dụ, được tạo ra sử dụng bộ phát chùm electron) có thể được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu.

Các liều lượng được áp dụng phụ thuộc vào tác dụng mong muốn và nguyên liệu cụ thể. Ví dụ, các liều cao bức xạ có thể phá vỡ liên kết hóa học bên trong các hợp phần của nguyên liệu. Theo một số ví dụ khi sự phân chia chuỗi là điều mong muốn

và/hoặc việc tạo chức hóa chuỗi polyme là điều mong muốn, thì các hạt nặng hơn các điện tử, như proton, hạt nhân heli, ion agon, ion silic, ion neon, ion cacbon, ion phospho, ion oxy hoặc ion nitơ có thể được sử dụng. Khi sự phân chia chuỗi mở vòng là mong muốn, thì các hạt được tích điện dương có thể được sử dụng cho các tính chất của axit Lewis của chúng cho sự phân chia chuỗi mở vòng tăng cường. Ví dụ, khi oxy hóa ở mức tối đa là mong muốn, thì ion oxy có thể được sử dụng, và khi nitro hóa ở mức tối đa là mong muốn, thì ion nitơ có thể được sử dụng.

Theo một phương pháp, nguyên liệu thứ nhất hoặc bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) được chiếu xạ, ví dụ, xử lý bằng cách bức xạ ion hóa (ví dụ, dưới dạng bức xạ gama, bức xạ tia X, tia cực tím từ 100 nm đến 280 nm (UV), chùm các điện tử hoặc các hạt được tích điện khác) để tạo ra nguyên liệu thứ hai bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và nguyên liệu thứ hai) có thể kết hợp với vi sinh vật (cùng với hoặc không cùng với xử lý enzym) mà có thể sử dụng nguyên liệu thứ hai và/hoặc nguyên liệu thứ nhất hoặc đường thành phần hoặc lignin của nó để tạo ra nhiên liệu hoặc sản phẩm hữu dụng khác, các sản phẩm này hoặc bao gồm hydro, rượu (ví dụ, etanol hoặc butanol, như n-, sec- hoặc t-butanol), axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp bất kỳ trong số các chất này.

Vì nguyên liệu thứ hai có xenluloza có phân tử lượng giảm so với nguyên liệu thứ nhất, và trong một số ví dụ, mức kết tinh giảm, nên nguyên liệu thứ hai thường dễ phân tán, trương nở và/hoặc tan hơn trong dung dịch chứa vi sinh vật và/hoặc enzym. Các tính chất tạo ra nguyên liệu thứ hai miễn cảm hơn với sự ăn mòn hóa học, enzym và/hoặc sinh học so với nguyên liệu thứ nhất, mà có thể cải thiện mạnh tốc độ sản xuất và/hoặc mức sản xuất các sản phẩm mong muốn, ví dụ, etanol. Bức xạ cũng có thể làm tiệt trùng các nguyên liệu hoặc môi trường bất kỳ cần để xử lý sinh học nguyên liệu này.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) là thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) nhiều hơn khoảng 10 %, ví dụ, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 %, 60 %, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 75 %.

Trong một số ví dụ, nguyên liệu thứ hai có xenluloza mà có mức kết tinh ( $C_2$ ) thấp hơn mức kết tinh ( $C_1$ ) của xenluloza của nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, ( $C_2$ ) có thể thấp hơn ( $C_1$ ) tới nhiều hơn khoảng 10 %, ví dụ, 15, 20, 25, 30, 35, 40, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 50 %.

Theo một số phương án, mức bắt đầu của chỉ số kết tinh (trước khi chiếu xạ) là từ khoảng 40 đến khoảng 87,5 %, ví dụ, từ khoảng 50 đến khoảng 75 % hoặc từ khoảng 60 đến khoảng 70 %, và mức chỉ số kết tinh sau khi chiếu xạ là từ khoảng 10 đến khoảng 50 %, ví dụ, từ khoảng 15 đến khoảng 45 % hoặc từ khoảng 20 đến khoảng 40 %. Tuy nhiên, trong một số phương án, ví dụ, sau khi chiếu xạ phạm vi rộng, có thể có mức chỉ số kết tinh thấp hơn 5 %. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi chiếu xạ về cơ bản là vô định hình.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình ban đầu (trước khi chiếu xạ) là từ khoảng 200.000 đến khoảng 3.200.000, ví dụ, từ khoảng 250.000 đến khoảng 1.000.000 hoặc từ khoảng 250.000 đến khoảng 700.000, và số phân tử lượng trung bình sau khi chiếu xạ là từ khoảng 50.000 đến khoảng 200.000, ví dụ, từ khoảng 60.000 đến khoảng 150.000 hoặc từ khoảng 70.000 đến khoảng 125.000. Tuy nhiên, trong một số phương án, ví dụ, sau khi chiếu xạ phạm vi rộng, có thể có số phân tử lượng trung bình ít hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí ít hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ hai có thể có mức oxy hóa ( $O_2$ ) mức oxy hóa cao hơn ( $O_1$ ) của nguyên liệu thứ nhất. Mức oxy hóa cao hơn của nguyên liệu có thể hỗ trợ trong khả năng phân tán, khả năng trương nở và/hoặc độ tan của nó, tiếp tục tăng cường độ nhạy cảm của nguyên liệu đối với sự tấn công hóa học, enzym hoặc sinh học. Theo một số phương án, để làm tăng mức oxy hóa nguyên liệu thứ hai đối với nguyên liệu thứ nhất, việc chiếu xạ được thực hiện dưới môi trường oxy hóa, ví dụ, trong lớp phủ không khí hoặc oxy, tạo ra nguyên liệu thứ hai được oxy hóa nhiều hơn nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể có nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, nhóm este hoặc các nhóm axit carboxylic, mà có thể làm tăng tính ưa nước của nó.

#### Bức xạ bằng ion hóa

Mỗi dạng bức xạ ion hóa nguyên liệu chứa cacbon qua sự tương tác cụ thể, như được xác định bởi năng lượng của bức xạ. Các hạt nặng được nạp vào chủ yếu ion hóa

chất qua tán xạ Coulomb; Ngoài ra, sự tương tác này tạo ra các điện tử mạnh mà có thể còn ion hóa chất. Các hạt alpha là giống với nhân của nguyên tử heli và được tạo ra do sự phân hủy alpha của nhiều nguyên tử phóng xạ, như chất đồng vị bismut, poloni, nguyên tố phóng xạ nhân tạo, radon, franxi, radi, nhiều actinit, như actini, thori, urani, neptuni, curium, californi, ameriđi, và pluton.

Khi các hạt được sử dụng, chúng có thể là các hạt trung tính (chưa được tích điện), được tích điện dương hoặc được tích điện âm. Khi được tích điện, các hạt được tích điện có thể mang điện tích dương hoặc điện tích âm đơn, hoặc đa điện tích, ví dụ, một, hai, ba hoặc thậm chí bốn hoặc nhiều hơn bốn điện tích. Trong các ví dụ trong đó sự phân chia chuỗi được mong muốn, tốt hơn là các hạt được tích điện có điện tích dương, một phần là do bản chất axit của chúng. Khi các hạt được sử dụng, các hạt có thể có khối lượng của điện tử nghỉ, hoặc lớn hơn, ví dụ, 500, 1000, 1500, 2000, 10.000 hoặc thậm chí 100.000 lần khối lượng của điện tử nghỉ. Ví dụ, các hạt có thể có khối lượng là từ khoảng 1 đơn vị nguyên tử đến khoảng 150 đơn vị nguyên tử, ví dụ, từ khoảng 1 đơn vị nguyên tử đến khoảng 50 đơn vị nguyên tử, hoặc từ khoảng 1 đến khoảng 25, ví dụ, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 hoặc 15 đơn vị nguyên tử. Máy gia tốc được sử dụng để tăng tốc các hạt có thể là DC tĩnh điện, DC điện động lực, RF tuyến tính, sàng tuyến tính cảm ứng từ hoặc sàng liên tục. Ví dụ, máy gia tốc loài xyclotron có tại IBA, Bỉ, như hệ Rhodatrond®, trong khi máy gia tốc loài DC có tại RDI, bây giờ là Công nghiệp IBA, như Dynamitron®. Máy gia tốc ion và các ion được nêu trong Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Kran, John Wiley & Sons, inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206, Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Treatment" Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 March 2006, Iwata, Y. et al, "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators" Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland and Leaner, CM. et al., "Status of Superconducting ECR Ion Source Venus" Proceedings of EPAC 2000, Vienna, Austria.

Bức xạ gama có ưu điểm là chiều sâu thẩm thấu lớn vào trong nhiều nguyên liệu. Các nguồn của tia gama bao gồm phóng xạ nuclei, như chất đồng vị coban, canxi, technicium, crom, gali, indi, iot, sắt, krypton, samari, selen, natri, tali, và xenon.

Các nguồn tia X bao gồm sự va chạm chùm tia electron với kim loại đích, như vonfram hoặc molybden hoặc hợp kim, hoặc các nguồn ánh sáng huỳnh quang, như các nguồn ánh sáng được sản xuất thương mại bởi Lyncean.

Nguồn của phóng xạ tia cực tím bao gồm đèn đơteri hoặc cadimi.

Nguồn của phóng xạ hồng ngoại bao gồm sa phia, kẽm, hoặc các đèn cửa gồm cửa sổ selenua.

Nguồn của sóng viba bao gồm klystron, các nguồn RF loài Slevins, hoặc các nguồn chùm nguyên tử sử dụng các chất khí hydro, oxy, hoặc nitơ.

Theo một số phương án, chùm các điện tử được dùng làm nguồn phóng xạ. Chùm các điện tử có ưu điểm tốc độ liều cao (ví dụ, 1, 5, hoặc thậm chí 10 Mrad cho mỗi giây), năng suất cao, ít tạp nhiễm hơn, và thiết bị lưu giữ ít hơn. Các điện tử cũng có thể hiệu quả hơn trong việc làm phân chia chuỗi. Ngoài ra, các điện tử có năng lượng 4-10 MeV có thể có chiều sâu thẩm thấu từ 5 đến 30 mm hoặc hơn, như 40 mm.

Chùm tia electron có thể được tạo ra, ví dụ, bằng máy phát điện tĩnh điện, máy phát điện ghép tầng, máy phát điện biến áp, máy gia tốc năng lượng thấp có hệ quét, máy gia tốc năng lượng thấp có catốt tuyến tính, máy gia tốc tuyến tính, và máy gia tốc xung. Các điện tử làm nguồn phóng xạ ion hóa có thể hữu ích, ví dụ, cho các đồng tương đối mỏng của các nguyên liệu, ví dụ, nhỏ hơn 0,5 inch, ví dụ, nhỏ hơn 0,4 inch, 0,3 inch, 0,2 inch, hoặc nhỏ hơn 0,1 inch. Theo một số phương án, năng lượng của mỗi electron của chùm tia electron là từ khoảng 0,3 MeV đến khoảng 2,0 MeV (triệu electron vôn), ví dụ, từ khoảng 0,5 MeV đến khoảng 1,5 MeV, hoặc từ khoảng 0,7 MeV đến khoảng 1,25 MeV.

Các thiết bị chiếu xạ chùm tia electron có thể mua được từ Ion Beam Applications, Louvain-la-Neuve, Belgium hoặc Titan Corporation, San Diego, năng lượng electron điển hình có thể là 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV, hoặc 10 MeV. Công suất thiết bị chiếu xạ chùm tia electron điển hình có thể là 1 kW, 5 kW, 10 kW, 20 kW, 50 kW, 100 kW, 250 kW, hoặc 500 kW. Mức khử polyme hóa của nguyên liệu tùy thuộc vào năng lượng electron được sử dụng và liều lượng được áp dụng, trong khi thời gian tiếp xúc tùy thuộc vào công suất và liều lượng. Các liều lượng phổ biến có thể có các giá trị 1 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 20 kGy, 50 kGy, 100 kGy, hoặc 200 kGy.

Chùm hạt ion

Các hạt nặng hơn các điện tử có thể được sử dụng để chiếu xạ các nguyên liệu, như các hydrat cacbon hoặc nguyên liệu chứa các hydrat cacbon, ví dụ, nguyên liệu xenluloza, nguyên liệu lignoxenluloza, nguyên liệu tinh bột, hoặc hỗn hợp của một trong số các chất này và các chất khác được mô tả ở đây. Ví dụ, proton, heli nuclei, ion argon, ion silic, ion neon, ion cacbon, ion phospho, ion oxy hoặc ion nitơ có thể được sử dụng. Theo một số phương án, các hạt nặng hơn các điện tử có thể tạo ra lượng cao hơn sự phân chia chuỗi (so với các hạt nhẹ hơn). Trong một số ví dụ, các hạt được nạp điện dương có thể tạo ra lượng phân chia chuỗi cao hơn các hạt được nạp điện âm do tính axit của chúng.

Các chùm hạt nặng hơn có thể được tạo ra, ví dụ, sử dụng máy gia tốc tuyến tính hoặc xyclotron. Theo một số phương án, năng lượng mỗi hạt của chùm tia là từ khoảng 1,0 MeV/đơn vị nguyên tử đến khoảng 6.000 MeV/đơn vị nguyên tử, ví dụ, từ khoảng 3 MeV/ đơn vị nguyên tử đến khoảng 4.800 MeV/đơn vị nguyên tử, hoặc từ khoảng 10 MeV/đơn vị nguyên tử đến khoảng 1.000 MeV/đơn vị nguyên tử.

Theo các phương án cụ thể, các chùm ion được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu có chứa cacbon, ví dụ, nguyên liệu sinh khối, có thể bao gồm nhiều hơn một loài của ion. Ví dụ, các chùm ion có thể bao gồm hỗn hợp của hai hoặc hơn hai (ví dụ, ba, bốn hoặc hơn) khác nhau ion. Các ví dụ về hỗn hợp này có thể bao gồm ion cacbon và proton, ion cacbon và ion oxy, ion nitơ và proton, và ion sắt và proton. Nói chung, hỗn hợp của bất kỳ trong số các ion được nêu trên đây (hoặc ion bất kỳ khác) có thể được sử dụng để tạo ra các chùm ion bức xạ. Cụ thể, hỗn hợp của các ion tương đối nặng và tương đối nhẹ có thể được sử dụng trong chùm ion đơn.

Theo một số phương án, các chùm ion cho chiếu xạ nguyên liệu bao gồm các ion tích điện dương. Các ion tích điện dương có thể bao gồm, ví dụ, các ion hydro tích điện dương (ví dụ, các proton), các ion khí trơ (ví dụ, heli, neon, argon), ion cacbon, ion nitơ, ion oxy, nguyên tử silicon, ion phospho, và ion kim loại như ion natri, ion canxi, và/hoặc ion sắt. Dù không muốn bị ràng buộc bởi bất kỳ lý thuyết nào, cần hiểu rằng các ion tích điện dương xử lý hóa học như là gốc bazơ Lewis khi được tiếp xúc với các nguyên liệu, làm cho các phản ứng phân chia chuỗi mở vòng nguyên tử trong môi trường khử.

Theo các phương án cụ thể, các chùm ion để chiếu xạ nguyên liệu bao gồm các ion tích điện âm. Các ion tích điện âm có thể bao gồm, ví dụ, các ion hydro tích điện âm (ví dụ, các ion hydrua), và các ion tích điện âm của nhiều nuclei điện âm tương đối (ví dụ, ion oxy, ion nitơ, ion cacbon, ion silic, và ion phospho). Dù không muốn bị ràng buộc bởi bất kỳ lý thuyết nào, cần hiểu rằng các ion tích điện âm xử lý hóa học như là gốc bazơ Lewis khi được tiếp xúc với các nguyên liệu, gây ra các phản ứng phân chia chuỗi mở vòng trong môi trường khử.

Theo một số phương án, chùm để chiếu xạ nguyên liệu có thể bao gồm nguyên tử trung tính. Ví dụ, một hoặc nhiều của nguyên tử hydro, nguyên tử heli, nguyên tử cacbon, nguyên tử nitơ, oxy nguyên tử, nguyên tử neon, nguyên tử silicon, nguyên tử phospho, nguyên tử argon, và nguyên tử sắt có thể bao gồm trong các chùm được sử dụng để chiếu xạ của nguyên liệu sinh khối. Nói chung, hỗn hợp của hai hoặc hơn hai loài trên đây của nguyên tử (ví dụ, ba hoặc hơn, bốn hoặc hơn, hoặc thậm chí nhiều hơn) có thể là có mặt trong các chùm tia.

Theo các phương án cụ thể, các chùm ion được sử dụng để chiếu xạ nguyên liệu bao gồm ion điện tích đơn như một hoặc nhiều  $H^+$ ,  $H^-$ ,  $He^+$ ,  $Ne^+$ ,  $Ar^+$ ,  $C^+$ ,  $C^-$ ,  $O^+$ ,  $O^-$ ,  $N^+$ ,  $N^-$ ,  $Si^+$ ,  $Si^-$ ,  $P^+$ ,  $P^-$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^+$ , và  $Fe^+$ . Theo một số phương án, các chùm ion có thể bao gồm ion đa điện tích như một hoặc nhiều  $C^{2+}$ ,  $C^{3+}$ ,  $C^{4+}$ ,  $N^{3+}$ ,  $N^{5+}$ ,  $N^{3-}$ ,  $O^{2+}$ ,  $O^{2-}$ ,  $O_2^{2-}$ ,  $Si^{2+}$ ,  $Si^{4+}$ ,  $Si^{2-}$ , và  $Si^{4-}$ . Nói chung, các chùm ion cũng có thể bao gồm nhiều ion đa nhân tổng hợp mang nhiều điện tích dương hoặc điện tích âm. Theo các phương án cụ thể, bởi vì cấu trúc của ion đa nhân, các điện tích dương hoặc âm có thể là được phân bố một cách hiệu quả qua hầu như toàn bộ cấu trúc của ion. Theo một số phương án, các điện tích dương hoặc âm có thể được khu biệt một phần nào đó qua phần của cấu trúc của các ion.

#### Bức xạ điện từ

Theo một vài phương án trong đó chiếu xạ được thực hiện bằng bức xạ điện từ, bức xạ điện từ có thể có, ví dụ, năng lượng trên photon (theo điện tử vôn) lớn hơn  $10^2$  eV, ví dụ, lớn hơn  $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $10^6$ , hoặc thậm chí lớn hơn  $10^7$  eV. Theo một số phương án, bức xạ điện từ có năng lượng trên photon từ  $10^4$  đến  $10^7$ , ví dụ, từ  $10^5$  đến  $10^6$  eV. Bức xạ điện từ có thể có tần số, ví dụ, lớn hơn  $10^{16}$  Hz, lớn hơn  $10^{17}$  Hz,  $10^{18}$ ,

$10^{19}$ ,  $10^{20}$ , hoặc thậm chí lớn hơn  $10^{21}$  Hz. Theo một số phương án, bức xạ điện từ có tần số từ  $10^{18}$  đến  $10^{22}$  Hz, ví dụ, từ  $10^{19}$  đến  $10^{21}$  Hz.

### Liều lượng

Theo một số phương án, chiếu xạ (bằng nguồn phóng xạ bất kỳ hoặc kết hợp các nguồn) được thực hiện cho đến khi nguyên liệu tiếp nhận một lượng ít nhất 0,25 Mrad, ví dụ, ít nhất 1,0 Mrad, ít nhất 2,5 Mrad, ít nhất 5,0 Mrad, hoặc ít nhất 10,0 Mrad. Theo một số phương án, chiếu xạ được thực hiện cho đến khi nguyên liệu tiếp nhận lượng từ 1,0 Mrad đến 6,0 Mrad, ví dụ, từ 1,5 Mrad đến 4,0 Mrad.

Theo một số phương án, chiếu xạ được thực hiện với tỷ lệ liều lượng từ 5,0 đến 1500,0 kilorad/giờ, ví dụ, từ 10,0 đến 750,0 kilorad/giờ hoặc từ 50,0 đến 350,0 kilorad/giờ.

Theo một số phương án, hai hoặc hơn hai nguồn phóng xạ được sử dụng, như hai hoặc hơn hai bức xạ ion hóa. Ví dụ, các mẫu có thể được xử lý, theo trình tự bất kỳ, với dòng chứa các điện tử, tiếp đó là bức xạ gama và ánh sáng cực tím có bước sóng từ khoảng 100 nm đến khoảng 280 nm. Theo một số phương án, các mẫu đã được xử lý bằng ba nguồn phóng xạ ion hóa, như chùm các điện tử, bức xạ gama, và ánh sáng cực tím mạnh.

### Siêu âm

Một hoặc nhiều trình tự xử lý siêu âm có thể được sử dụng để xử lý các nguyên liệu từ nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu dụng ra từ nguyên liệu, và để tạo ra nguyên liệu hữu cơ phần giải một phần (khi nguyên liệu hữu cơ được sử dụng) có chức năng như đầu vào cho bước và/hoặc trình tự tiếp theo. Siêu âm có thể có phân tử lượng giảm và/hoặc mức kết tinh của các nguyên liệu, như một hoặc nhiều nguyên liệu trong số nguyên liệu được mô tả ở đây, ví dụ, một hoặc nhiều nguồn hydrat cacbon, như nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza, hoặc nguyên liệu tinh bột.

Theo một phương pháp, nguyên liệu thứ nhất bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) được phân tán trong môi trường, như nước, và được siêu âm và/hoặc theo cách khác được tạo xốp, để tạo ra nguyên liệu thứ hai bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và nguyên liệu thứ



hai trong các phương án cụ thể) có thể kết hợp với một vi sinh vật (cùng với hoặc không cùng với xử lý enzym) mà có thể sử dụng nguyên liệu thứ nhất và/hoặc thứ hai để sản xuất ra nhiên liệu, nhiên liệu này hoặc bao gồm hydro, rượu, axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp của chất bất kỳ trong số các chất này.

Vì nguyên liệu thứ hai có xenluloza có phân tử lượng giảm so với nguyên liệu thứ nhất, và trong một số ví dụ, mức kết tinh giảm, nên nguyên liệu thứ hai thường dễ phân tán, dễ trương nở và/hoặc dễ tan hơn trong dung dịch chứa vi sinh vật, ví dụ, ở nồng độ lớn hơn  $10^6$  vi sinh vật/mL. Các tính chất này làm cho nguyên liệu thứ hai miễn cảm hơn đối với sự tấn công hóa học, enzym và/hoặc vi khuẩn khi so với nguyên liệu thứ nhất, chúng có thể cải thiện đáng kể tốc độ sản xuất và/hoặc mức sản xuất của sản phẩm mong muốn, ví dụ, etanol. Siêu âm cũng có thể làm tiệt trùng nguyên liệu, nhưng không nên sử dụng trong khi vi sinh vật được cho là còn sống.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) là thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) nhiều hơn khoảng 10 %, ví dụ, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 %, 60 %, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 75 %.

Trong một số ví dụ, nguyên liệu thứ hai có xenluloza mà có mức kết tinh ( $C_2$ ) thấp hơn mức kết tinh ( $C_1$ ) của xenluloza của nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, ( $C_2$ ) có thể là thấp hơn ( $C_1$ ) nhiều hơn khoảng 10 %, ví dụ, 15, 20, 25, 30, 35, 40, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 50 %.

Theo một số phương án, mức bắt đầu của chỉ số kết tinh (trước khi siêu âm) là từ khoảng 40 đến khoảng 87,5 %, ví dụ, từ khoảng 50 đến khoảng 75 % hoặc từ khoảng 60 đến khoảng 70 %, và mức chỉ số kết tinh sau khi siêu âm là từ khoảng 10 đến khoảng 50 %, ví dụ, từ khoảng 15 đến khoảng 45 % hoặc từ khoảng 20 đến khoảng 40 %. Tuy nhiên, theo các phương án cụ thể, ví dụ, sau khi siêu âm phạm vi rộng, có thể có mức chỉ số kết tinh thấp hơn 5 %. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi siêu âm về cơ bản là vô định hình.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình ban đầu (trước khi siêu âm) là từ khoảng 200.000 đến khoảng 3.200.000, ví dụ, từ khoảng 250.000 đến khoảng 1.000.000 hoặc từ khoảng 250.000 đến khoảng 700.000, và số phân tử lượng trung bình sau khi siêu âm là từ khoảng 50.000 đến khoảng 200.000, ví dụ, từ khoảng 60.000 đến khoảng 150.000 hoặc từ khoảng 70.000 đến khoảng 125.000. Tuy nhiên, trong

một số phương án, ví dụ, sau khi siêu âm phạm vi rộng, có thể có số phân tử lượng trung bình thấp hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ hai có thể có mức oxy hóa ( $O_2$ ) mức oxy hóa cao hơn ( $O_1$ ) của nguyên liệu thứ nhất. Mức oxy hóa cao hơn của nguyên liệu có thể hỗ trợ trong khả năng phân tán, khả năng trương nở và/hoặc độ tan của nó, còn nâng cao độ nhạy cảm của nguyên liệu đối với sự tấn công hóa học, enzym hoặc vi khuẩn. Theo một số phương án, để làm tăng mức oxy hóa nguyên liệu thứ hai so với nguyên liệu thứ nhất, siêu âm được thực hiện trong môi trường oxy hóa, tạo ra nguyên liệu thứ hai được oxy hóa nhiều hơn nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể có thêm nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, nhóm este hoặc nhóm axit carboxylic, mà có thể làm tăng tính ưa nước của nó.

Theo một số phương án, môi trường siêu âm là môi trường nước. Nếu muốn, môi trường này có thể bao gồm chất oxy hóa, như peroxit (ví dụ, hydro peroxit), chất phân tán và/hoặc chất đệm. Ví dụ về chất phân tán bao gồm chất phân tán ion, ví dụ, natri lauryl sulfat, và chất phân tán không ion, ví dụ, poly(etylen glycol).

Theo một số phương án khác, môi trường siêu âm là môi trường không có nước. Ví dụ, siêu âm có thể được thực hiện trong hydrocacbon, ví dụ, toluen hoặc heptan, ete, ví dụ, dietyl ete hoặc tetrahydrofuran, hoặc thậm chí trong khí hóa lỏng như argon, xenon, hoặc nitơ.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, cần hiểu rằng siêu âm phá vỡ liên kết trong nguyên liệu chứa cacbon bằng cách tạo ra các bọt khí trong môi trường chứa xenluloza, mà được tạo ra và phát nổ nhanh chóng. Trong quá trình phát nổ của bóng, quá trình này có thể xảy ra trong nhỏ hơn nano giây, lực khép làm tăng thêm nhiệt độ cục bộ trong bọt khí đến khoảng 5100 K (thậm chí cao hơn trong một số ví dụ; xem, ví dụ, Suslick et al, Nature 434, 52-55) và sinh ra áp suất từ vài trăm atmôfe tới 1000 atmôfe hoặc lớn hơn. Cần hiểu rằng nhiệt độ và áp suất cao này phá vỡ liên kết.

Ngoài ra, dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết bất kỳ, cần hiểu rằng mức kết tinh giảm đã tăng lên, ít nhất một phần, từ tốc độ làm nguội cực kỳ cao trong suốt quá trình xẹp xuống của các bọt bong bóng, mà có thể lớn hơn khoảng  $10^{11}$  K/giây. Tốc độ làm nguội cao nói chung không cho phép xenluloza cấu tạo và kết tinh, tạo ra

nguyên liệu có mức kết tinh giảm. Các hệ thống siêu âm và âm hóa học được đưa ra ở, ví dụ, patent Hoa Kỳ số 5,766,764 cấp cho OHi và cộng sự; patent Hoa Kỳ số 5,828,156 cấp cho Roberts; Mason, Chemistry with Ultrasound, Elsevier, Oxford, (1990); Suslick (editor), Ultrasound: its Chemical, Physical and Biological Effects, VCH, Weinheim, (1988); Price, "Current Trends in Sonochemistry" Royal Society of Chemistry, Cambridge, (1992); Suslick et al, Ann. Rev. Mater. Sci. 29, 295, (1999); Suslick et al, Nature 353, 414 (1991); Hiller et al., Phys. Rev. Lett. 69, 1182 (1992); Barber et al., Nature, 352, 414 (1991); Suslick et al., J. Am. Chem. Soc, 108, 5641 (1986); Tang et al., Chem. Comm, 2119 (2000); Wang et al., Advanced Mater., 12, 1137 (2000); Landau et al., J. of Catalysis, 201, 22 (2001); Perkas et al., Chem. Comm., 988 (2001); Nikitenko et al., Angew. Chem. Inter. Ed. (December 2001); Shafi et al., J. Phys. Chem B 103, 3358 (1999); Avivi et al, J. Amer. Chem. Soc. 121, 4196 (1999); và Avivi et al., J. Amer. Chem. Soc. 122, 4331 (2000).

### Nhiệt phân

Một hoặc nhiều bước xử lý nhiệt phân có thể được sử dụng để xử lý nguyên liệu chứa cacbon từ nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu dụng ra từ nguyên liệu, và để tạo ra các nguyên liệu được phân giải một phần có chức năng như là đầu vào cho bước và/hoặc trình tự tiếp theo.

Trong một số ví dụ, nguyên liệu thứ nhất bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) được nhiệt phân, ví dụ, bằng cách gia nhiệt nguyên liệu thứ nhất trong lò ống (với sự có mặt hoặc không có mặt của oxy), để tạo ra nguyên liệu thứ hai bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất. Nguyên liệu thứ hai (hoặc nguyên liệu thứ nhất và nguyên liệu thứ hai theo các phương án cụ thể) kết hợp với vi sinh vật (cùng với hoặc không cùng với thủy phân axit hoặc enzym) mà có thể sử dụng nguyên liệu thứ nhất và/hoặc thứ hai để tạo ra nhiên liệu bao gồm hoặc hydro, rượu (ví dụ, ethanol hoặc butanol, như n-, sec hoặc t- butanol), axit hữu cơ, hydrocacbon hoặc hỗn hợp bất kỳ trong số các chất này.

Vì nguyên liệu thứ hai có xenluloza có phân tử lượng giảm so với nguyên liệu thứ nhất, và trong một số ví dụ, mức kết tinh giảm, nguyên liệu thứ hai thường dễ phân tán, dễ phòng và/hoặc dễ tan hơn trong dung dịch chứa vi sinh vật, ví dụ, ở nồng độ

lớn hơn  $10^6$  vi sinh vật/mL. Các tính chất này làm cho nguyên liệu thứ hai mẫn cảm hơn với sự tấn công hóa học, enzym và hoặc vi khuẩn khi so với nguyên liệu thứ nhất, chung có thể cải thiện đáng kể tốc độ sản xuất và/hoặc mức sản xuất của sản phẩm mong muốn, ví dụ, etanol. Nhiệt phân cũng có thể làm tiệt trùng nguyên liệu thứ nhất và nguyên liệu thứ hai.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) là thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) khoảng 10 %, ví dụ, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 %, 60 %, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 75 %.

Trong một số ví dụ, nguyên liệu thứ hai có xenluloza mà có mức kết tinh ( $C_2$ ) thấp hơn mức kết tinh ( $C_1$ ) của xenluloza của nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, ( $C_2$ ) có thể là thấp hơn ( $C_1$ ) nhiều hơn khoảng 10 %, ví dụ, 15, 20, 25, 30, 35, 40, hoặc thậm chí nhiều hơn khoảng 50 %.

Theo một số phương án, mức bắt đầu của kết tinh (trước khi nhiệt phân) là từ khoảng 40 đến khoảng 87,5 %, ví dụ, từ khoảng 50 đến khoảng 75 % hoặc từ khoảng 60 đến khoảng 70 %, và mức chỉ số kết tinh sau khi nhiệt phân là từ khoảng 10 đến khoảng 50 %, ví dụ, từ khoảng 15 đến khoảng 45 % hoặc từ khoảng 20 đến khoảng 40 %. Tuy nhiên, theo các phương án cụ thể, ví dụ, sau khi nhiệt phân phạm vi rộng, có thể có mức chỉ số kết tinh thấp hơn 5 %. Theo một số phương án, nguyên liệu sau khi nhiệt phân về cơ bản là vô định hình.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình ban đầu (trước khi nhiệt phân) là từ khoảng 200.000 đến khoảng 3.200.000, ví dụ, từ khoảng 250.000 đến khoảng 1.000.000 hoặc từ khoảng 250.000 đến khoảng 700.000, và số phân tử lượng trung bình sau khi nhiệt phân là từ khoảng 50.000 đến khoảng 200.000, ví dụ, từ khoảng 60.000 đến khoảng 150.000 hoặc từ khoảng 70.000 đến khoảng 125.000. Tuy nhiên, trong một số phương án, ví dụ, sau khi nhiệt phân phạm vi rộng, có thể có số phân tử lượng trung bình thấp hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, nguyên liệu thứ hai có thể có mức oxy hóa ( $O_2$ ) cao hơn ( $O_1$ ) của nguyên liệu thứ nhất. Mức oxy hóa cao hơn của nguyên liệu này có thể hỗ trợ không chỉ trong khả năng phân tán, khả năng trương nở và/hoặc độ tan của nó, mà còn nâng cao độ nhạy cảm của các nguyên liệu đối với sự tấn công hóa học, enzym hoặc vi

khuẩn. Theo một số phương án, để làm tăng mức oxy hóa nguyên liệu thứ hai so với nguyên liệu thứ nhất, nhiệt phân được thực hiện trong môi trường oxy hóa, tạo ra nguyên liệu thứ hai được oxy hóa nhiều hơn so với nguyên liệu thứ nhất. Ví dụ, nguyên liệu thứ hai có thể có nhiều nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, nhóm este hoặc nhóm axit carboxylic, mà có thể làm tăng tính ưa nước của nó.

Theo một số phương án, nhiệt phân của các nguyên liệu là liên tục. Theo một số phương án khác, nguyên liệu được nhiệt phân trong khoảng thời gian xác định trước, và sau đó để nguội trong khoảng thời gian xác định trước trước khi nhiệt phân lại.

#### Oxy hoá

Một hoặc nhiều bước xử lý oxy hóa có thể được sử dụng để xử lý các nguyên liệu chứa cacbon từ nhiều nguồn khác nhau để chiết các chất hữu dụng ra từ nguyên liệu này, và để tạo ra nguyên liệu được phân giải và/hoặc biến đổi một phần có chức năng như đầu vào cho bước và/hoặc trình tự tiếp theo.

Theo một phương pháp, nguyên liệu thứ nhất bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ nhất ( $M_{N1}$ ) và có hàm lượng oxy thứ nhất ( $O_1$ ) được oxy hóa, ví dụ, bằng cách gia nhiệt nguyên liệu thứ nhất trong dòng không khí hoặc không khí được làm giàu oxy, để tạo ra nguyên liệu thứ hai bao gồm xenluloza có số phân tử lượng trung bình thứ hai ( $M_{N2}$ ) và có hàm lượng oxy thứ hai ( $O_2$ ) cao hơn hàm lượng oxy thứ nhất ( $O_1$ ).

Các nguyên liệu này cũng có thể kết hợp với chất lỏng và/hoặc chất rắn. Chất lỏng và/hoặc rắn có thể bao gồm vi sinh vật, ví dụ, vi khuẩn, và/hoặc enzym. Ví dụ, vi khuẩn và/hoặc enzym có thể làm việc trên nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza để tạo ra nhiên liệu, như etanol, hoặc sản phẩm phụ, như protein. Các nhiên liệu và các sản phẩm phụ được mô tả trong đơn sáng chế Hoa Kỳ có tiêu đề "FIBROUS MATERIALS AND COMPOSITES," số 11/453,951, 15.6.2006. Toàn bộ nội dung của đơn này được đưa vào đây để tham khảo.

Theo một số phương án, số phân tử lượng trung bình thứ hai là không quá 97 % thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất, ví dụ, không lớn hơn 95 %, 90, 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45, 40, 30, 20, 12,5, 10,0, 7,5, 5,0, 4,0, 3,0, 2,5, 2,0 hoặc không quá 1,0 % thấp hơn số phân tử lượng trung bình thứ nhất. Lượng giảm của phân tử

lượng sẽ phụ thuộc vào ứng dụng. Ví dụ, theo một số phương án được ưu tiên đưa ra vật liệu compozit, số phân tử lượng trung bình thứ hai về cơ bản giống với số phân tử lượng trung bình thứ nhất. Trong các ứng dụng khác, như sản xuất etanol hoặc nhiên liệu hoặc sản phẩm phụ khác, lượng cao hơn của việc giảm phân tử lượng thường được ưu tiên.

Theo một số phương án trong đó các nguyên liệu được sử dụng để sản xuất nhiên liệu hoặc sản phẩm phụ, số phân tử lượng trung bình ban đầu (trước khi oxy hóa) là từ khoảng 200.000 đến khoảng 3.200.000, ví dụ, từ khoảng 250.000 đến khoảng 1.000.000 hoặc từ khoảng 250.000 đến khoảng 700.000, và số phân tử lượng trung bình sau khi oxy hóa là từ khoảng 50.000 đến khoảng 200.000, ví dụ, từ khoảng 60.000 đến khoảng 150.000 hoặc từ khoảng 70.000 đến khoảng 125.000. Tuy nhiên, trong một số phương án, ví dụ, sau khi oxy hóa phạm vi rộng, có thể có số phân tử lượng trung bình thấp hơn khoảng 10.000 hoặc thậm chí thấp hơn khoảng 5.000.

Theo một số phương án, hàm lượng oxy thứ hai ít nhất là khoảng năm % cao hơn hàm lượng oxy thứ nhất, ví dụ, 7,5 % cao hơn, 10,0 % cao hơn, 12,5 % cao hơn, 15,0 % cao hơn hoặc 17,5 % cao hơn. Theo một số phương án được ưu tiên, hàm lượng oxy thứ hai ít nhất là khoảng 20,0 % cao hơn hàm lượng oxy thứ nhất nguyên liệu thứ nhất. Hàm lượng oxy đo được bằng phân tích nguyên tố bằng nhiệt phân mẫu trong lò vận hành ở 1300 °C hoặc cao hơn. Máy phân tích nguyên tố thích hợp là máy phân tích LECO CHNS-932 có lò nhiệt phân nhiệt độ cao VTF-900.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi bất kỳ lý thuyết nào, cần hiểu rằng oxy hóa làm tăng số lượng nhóm liên kết hydro trên nguyên liệu, ví dụ, nguyên liệu lignoxenluloza hoặc xenluloza. Ví dụ về nhóm liên kết hydro bao gồm nhóm hydroxyl, nhóm aldehyt, nhóm keton, nhóm axit carboxylic hoặc nhóm anhydrit. Các nhóm này có thể làm tăng khả năng phân tán của nguyên liệu và/hoặc độ tan của nó (ví dụ, trong chất lỏng).

Nói chung, oxy hóa nguyên liệu xảy ra trong môi trường oxy hóa. Ví dụ, oxy hóa có thể được thực hiện hoặc được hỗ trợ bằng nhiệt phân trong môi trường oxy hóa, như trong không khí hoặc agon được làm giàu trong không khí. Để hỗ trợ trong oxy hóa, nhiều chất hóa học, như các chất oxy hóa, axit hoặc các bazơ có thể được bổ sung vào nguyên liệu trước khi hoặc trong quá trình oxy hóa. Ví dụ, peroxit (ví dụ, benzoyl peroxit) có thể được bổ sung trước khi oxy hóa.

Một số phương pháp oxy hóa giảm bớt sự khó xử lý của nguyên liệu chứa cacbon, như than hoặc nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza, sử dụng hóa học loài Fenton hoặc Fenten. Hóa học loài Fenten được nêu trong Pestovsky et al., *Angew. Chem., int. Ed.* 2005, 44, 6871-6874, toàn bộ phần bộc lộ của nó được đưa vào đây để tham khảo. Nói chung, để sử dụng phương pháp này, nguyên liệu thứ nhất, như nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza, có mức khó xử lý thứ nhất được đưa ra và kết hợp với một hoặc nhiều hỗn hợp bao gồm một hoặc nhiều nhóm không phóng xạ, xảy ra tự nhiên 5, 6, 7, 8, 9, 10 hoặc 11 các nguyên tố để tạo ra hỗn hợp. Tùy ý, một hoặc nhiều chất oxy hóa có thể làm tăng trạng thái oxy hóa của ít nhất vài nguyên tố cũng được kết hợp với hỗn hợp này. Hỗn hợp này được phép tiếp xúc với nguyên liệu và việc tiếp xúc như vậy được duy trì trong một khoảng thời gian và trong điều kiện đủ để tạo ra nguyên liệu thứ hai, như nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza, có mức khó xử lý thứ hai thấp hơn mức khó xử lý thứ nhất.

Theo một số phương án, một hoặc nhiều nguyên tố là ở trạng thái oxy hóa 1+, 2+, 3+, 4+ hoặc 5+. Các ví dụ cụ thể, một hoặc nhiều nguyên tố bao gồm Mn, Fe, Co, Ni, Cu hoặc Zn, tốt hơn nếu là Fe hoặc Co. Ví dụ, Fe hoặc Co có thể là dưới dạng sulfat, ví dụ, sulfat sắt (II) hoặc sắt (III). Các ví dụ cụ thể, một hoặc nhiều nguyên tố là ở trạng thái oxy hóa 2+, 3+ hoặc 4+. Ví dụ, sắt có thể là dưới dạng sắt (II), sắt (III) hoặc sắt (IV).

Ví dụ các hỗn hợp sắt (II) bao gồm sulfat heptahydrat sắt, axetylaxetonat sắt (II), L-ascorbat (+)-sắt (II), bromua sắt (II), clorua sắt (II), clorua hydrat sắt (II), clorua tetrahydrat sắt (II), etylendiamoni sulfat tetrahydrat sắt (II), florua sắt (II), gluconat hydrat sắt (II), D-gluconat dehydrat sắt (II), iodua sắt (II), lactat hydrat sắt (II), molybdat sắt (II), oxalat dehydrat sắt (II), oxit sắt (II), oxit sắt (II,III), perclorat hydrat sắt (II), phtalocyanin sắt (II), phức chất phtalocyanin bis(pyridin) sắt (II), sulfat heptahydrat sắt (II), sulfat hydrat sắt (II), sulfua sắt (II), tetrafloroborat hexahydrat sắt (II), titanat sắt (II), sulfat hexahydrat amoni sắt (II), sulfat amoni sắt (II), dicacbonyl dimme xyclopentadienyl sắt (II), muối natri etylendiamintetraaxetic axit hydrat sắt (III) và xitrat sắt.

Ví dụ về các hỗn hợp sắt (III) bao gồm axetylaxetonat sắt (III), bromua sắt (III), clorua sắt (III), clorua hexahydrat sắt (III), dung dịch clorua sắt (III), clorua sắt (III)

trên gen silica, xitrat sắt (III), tribasic monohydrat, ferroxyanua sắt (III), florua sắt (III), florua trihydrat sắt (III), nitrat nonahydrat sắt (III), nitrat sắt (III) trên gen silica, oxalat hexahydrat sắt (III), oxit sắt (III), perclorat hydrat sắt (III), phosphate sắt (III), phosphat dehydrat sắt (III), phosphat hydrat sắt (III), phosphat tetrahydrat sắt (III), phtalocyachín clorua sắt (III), phtalocyachín-4,4',4'',4'''-tetrasulfonic axit sắt (III), hỗn hợp với oxy hydrat mononatri muối, pyrophosphate sắt (III), sulfat hydrat sắt (III), p-toluensulfonat hexahydrat sắt (III), tris(2,2,6,6-tetrametyl-3,5-heptandionate) sắt (III) và xitrat amoni sắt (III).

Ví dụ về các hỗn hợp coban (II) bao gồm axetat coban (II), axetat tetrahydrat coban (II), axetylaxetonat hydrat coban (II), benzoylaxetonate coban (II), bromua coban (II), bromua hydrat coban (II) và cacbonat hydrat coban (II).

Ví dụ về các hỗn hợp coban (III) bao gồm axetylaxetonat coban (III), florua coban (III), oxit coban (III), sepulchrat triclorea coban (III), clorua hexammine coban (III), bis(xyclopentadienyl)coban (III) hexaflophosphat và bis(etylxcyclopentadienyl)coban (III) hexaflophosphat.

Ví dụ về các chất oxy hóa bao gồm peroxit, như hydro peroxit và benzoyl peroxit, persulfat, như amoni persulfat, các dạng được hoạt hóa của oxy, như ozon, permanganat, như kali permanganat, perclorat, như natri perclorat, và hypocorits, như natri hypocorit (chất tẩy trắng trong hộ gia đình).

Trong vài trường hợp, độ pH được duy trì ở hoặc thấp hơn khoảng 5,5 trong quá trình tiếp xúc, như từ 1 đến 5, từ 2 đến 5, từ 2,5 đến 5 hoặc từ khoảng 3 đến 5. Các điều kiện cũng có thể bao gồm khoảng thời gian tiếp xúc từ 2 đến 12 giờ, ví dụ, từ 4 đến 10 giờ hoặc từ 5 đến 8 giờ. Trong một số ví dụ, các điều kiện bao gồm không vượt quá 300°C, ví dụ, không vượt quá 250, 200, 150, 100 hoặc 50°C. Trong trường hợp đặc biệt mong muốn, nhiệt độ nêu trên về cơ bản là nhiệt độ môi trường, ví dụ, ở hoặc khoảng 20-25°C.

Theo một số phương án ưu tiên, một hoặc nhiều chất oxy hóa được áp dụng cho nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ nhất và một hoặc nhiều hỗn hợp như khí, như bằng cách tạo ra ozon tại chỗ bằng cách chiếu xạ nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ nhất và một hoặc nhiều hỗn hợp qua không khí bằng dòng chứa các hạt, như các điện tử.



Theo các phương án ưu tiên cụ thể, nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ nhất được phân tán trước trong nước hoặc môi trường nước bao gồm một hoặc nhiều hỗn hợp được phân tán và/hoặc được hòa tan ở đây, nước được loại bỏ sau thời gian ngâm (ví dụ, nước mềm và nước tự do được loại bỏ bằng cách lọc), và sau đó một hoặc nhiều chất oxy hóa được áp dụng tạo hỗn hợp như khí, như bằng cách tạo ozon tại chỗ bằng cách chiếu xạ xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ nhất và một hoặc nhiều hỗn hợp qua không khí bằng dòng chứa các hạt, như các điện tử (ví dụ, mỗi dòng được gia tốc bằng sự chênh lệch điện thế từ 3 MeV đến 10 MeV). Việc ngâm có thể mở các phần bên trong cho oxy hóa.

Theo một số phương án, hỗn hợp nêu trên bao gồm một hoặc nhiều hỗn hợp và một hoặc nhiều chất oxy hóa, và tỷ số mol của một hoặc nhiều hỗn hợp với một hoặc nhiều chất oxy hóa là từ khoảng 1 : 1000 đến khoảng 1 : 25, như từ khoảng 1 : 500 đến khoảng 1 : 25 hoặc từ khoảng 1 : 100 đến khoảng 1 : 25.

Theo một số phương án ưu tiên, hỗn hợp còn bao gồm một hoặc nhiều hydroquinon, như 2,5-đimetoxyhydroquinon (DMHQ) và/hoặc một hoặc nhiều benzoquinon, như 2,5-đimetoxy-1,4-benzoquinon (DMBQ), mà có thể hỗ trợ trong phản ứng vận chuyển electron.

Theo một số phương án ưu tiên, một hoặc nhiều chất oxy hóa được tạo điện hóa tại chỗ. Ví dụ, hydro peroxit và/hoặc ozon có thể được tạo điện hóa bên trong bình phản ứng hoặc tiếp xúc.

Các quy trình khác để hòa tan, giảm sự khó xử lý hoặc để tạo chức

Quy trình bất kỳ trong số các quy trình của đoạn văn này có thể được sử dụng một mình mà không cần đến quy trình nào trong số các quy trình được mô tả ở đây, hoặc kết hợp với quy trình bất kỳ trong số các quy trình được mô tả ở đây (theo trình tự bất kỳ): nổi hơi nước, xử lý axit (bao gồm xử lý axit được cô và loãng bằng axit vô cơ, như axit lưu huỳnh, axit hydrochloric và axit hữu cơ, như axit trifloaxetic), xử lý bazơ (ví dụ, xử lý bằng vôi hoặc natri hydroxit), xử lý UV, xử lý ép đùn dạng vít (xem, ví dụ, đơn yêu cầu cấp patent Hoa Kỳ số 61/073,530, nộp ngày 18.11.2008, xử lý dung môi (ví dụ, xử lý bằng chất lỏng ion) và nghiền lạnh (xem, ví dụ, đơn yêu cầu cấp patent Hoa Kỳ số 61/081,709).

Chuyển hóa bằng nhiệt hóa học

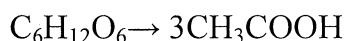
Quy trình chuyển hóa bằng nhiệt hóa học bao gồm bước thay đổi cấu trúc phân tử của nguyên liệu chứa cacbon ở nhiệt độ cao. Các ví dụ cụ thể bao gồm khí hóa, nhiệt phân, tinh lọc, oxy hóa một phần và kết hợp của các qui trình này (theo trình tự bất kỳ).

Việc khí hóa chuyển hóa nguyên liệu có chứa cacbon thành khí tổng hợp (khí tổng hợp), có thể bao gồm metanol, cacbon monoxit, đioxit cacbon và hydro. Nhiều vi sinh vật, như các acetogen hoặc đồng hóa axetic có khả năng sử dụng khí tổng hợp từ sự chuyển hóa bằng nhiệt hóa học than hoặc sinh khối, để tạo ra sản phẩm bao gồm rượu, axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic hoặc hỗn hợp của chất bất kỳ trong số các chất này. Khí hóa nguyên liệu chứa cacbon, như than và sinh khối (ví dụ, nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza), có thể được thực hiện bằng nhiều kỹ thuật. Ví dụ, khí hóa có thể được thực hiện sử dụng reforming hơi nước từng bước bằng bình phản ứng kiểu tầng sôi trong đó nguyên liệu chứa cacbon được nhiệt phân trước mà không có sự tham gia của oxy và sau đó hơi nước nhiệt phân được reforming thành khí tổng hợp với hơi nước tạo ra hydro và oxy bổ sung. Theo kỹ thuật này, nhiệt xử lý có từ việc thiêu kết than. Một kỹ thuật khác sử dụng thiết bị phản ứng khoan vít trong đó hơi nước (và oxy) được đưa vào ở giai đoạn nhiệt phân và nhiệt xử lý được tạo ra từ việc thiêu kết một lượng khí được tạo ra trong giai đoạn sau. Một kỹ thuật khác sử dụng reforming dòng bị cuốn theo trong đó cả hơi nước bên ngoài lẫn không khí được đưa vào trong bình phản ứng khí hóa một tầng. Trong quá trình khí hóa oxy hóa một phần, oxy tinh khiết được sử dụng mà không có hơi nước.

Sản xuất nhiên liệu, axit, este và/hoặc các sản phẩm khác

Tài nguyên sinh khối điển hình chứa xenluloza, hemixenluloza, và lignin cộng với lượng ít hơn của các protein, chất chiết và các khoáng chất. Như được mô tả ở đây, phức chất hydrat cacbon được chứa trong các phân đoạn xenluloza và hemixenluloza có thể được xử lý thành đường có thể lên men sử dụng phương pháp xử lý được mô tả ở đây, tùy ý, cùng với axit hoặc thủy phân. Như được nêu ra ở đây, đường được giải phóng có thể được chuyển hóa thành nhiều sản phẩm, như các rượu hoặc axit hữu cơ. Sản phẩm thu được phụ thuộc vào vi sinh vật được sử dụng và các điều kiện mà dưới các điều kiện đó việc xử lý sinh học xảy ra.

Ví dụ, khi đồng hóa axetic được sử dụng chuyển hóa glucoza thành axetat, axit axetic hoặc hỗn hợp của chúng (được biểu thị bằng công thức trực tiếp dưới đây),



phản ứng này có gần như 100% hiệu suất cacbon và axetat thu được chứa khoảng 94% năng lượng hóa học của glucoza ban đầu (bỏ qua việc sản xuất khối tế bào). Hiệu quả năng lượng hóa học đã được xác định như là tỷ số của nhiệt đốt sản phẩm được chia cho nhiệt đốt của nguyên liệu nạp vào, nhân với 100 và để chuyển đổi thành tỷ lệ %. Ví dụ, xem các giá trị từ Bảng 3,7 của Roels, J. A., Energetics và Kinetics trong Biotechnology, Elsevier Biomedical, 1983, nhiệt đốt (Cơ sở HHV) của glucoza và axit axetic lần lượt là 2807 KJ/mol và 876 kJ/mol, do đó hiệu suất năng lượng hóa học cho phản ứng này là  $(3 \times 876/2807) \times 100 = 93,4\%$ .

Nhiều vi khuẩn, như vi khuẩn kỵ khí, có khả năng lên men các hợp phần khí tổng hợp ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) thành sản phẩm hữu dụng. Bảng 1 thể hiện nhiều vi khuẩn đồng hóa axetic sẽ tạo ra axetat từ hỗn hợp khí tổng hợp ở khoảng 77% hiệu suất hóa học. Một nhóm vi khuẩn khác, đã biết như là dị hóa axetic, có thể tạo ra etanol trực tiếp từ hỗn hợp khí tổng hợp ở hiệu suất năng lượng hóa học khoảng 80%. Tài liệu chuyên ngành này có nhiều Ví dụ về vi khuẩn, như vi khuẩn kỵ khí, có khả năng chuyển hóa cả đường lẫn nguyên liệu chế biến chứa khí tổng hợp. Ví dụ, Axetonma và vi khuẩn thực (*Butyribacterium*) có thể tạo ra hỗn hợp của axetat và axit butyric từ nhiều trong số các nguyên liệu được mô tả ở đây.

Bảng 1 : Ví dụ về hiệu suất năng lượng hóa học của vi khuẩn đồng hóa và dị hóa axetic

| Đồng hóa axetic                                                                                | Hiệu suất năng lượng hóa học % |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| $4\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{CO}_2$           | 77,4                           |
| $2\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$            | 77,0                           |
| $2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$          | 76,6                           |
| Dị hóa axetic –Etanol như sản phẩm chính                                                       |                                |
| $6\text{CO} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 4\text{CO}_2$  | 80,6                           |
| $2\text{CO} + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$    | 80,1                           |
| $2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$ | 79,8                           |

Ví dụ về các sản phẩm điển hình từ việc chuyển hóa của vi khuẩn đồng hóa axetic hoặc dị hóa axetic (ví dụ, lên men) bao gồm axetat, propionat, butyrat, hydro, đioxit cacbon, và metan. Số lượng vi khuẩn cấy tinh khiết của một hoặc nhiều vi khuẩn đồng hóa axetic có thể được sử dụng để đưa hầu hết sản phẩm thành axetat. Sau đó axetat có thể được thu hồi như muối hữu cơ hoặc axit hữu cơ, hoặc tiếp tục chuyển thành aldehyt, este, rượu hoặc alkene. Hỗn hợp axit hữu cơ thu được có thể được thu hồi và/hoặc được chuyển thành các muối axit hữu cơ, axit, aldehyt, este, các rượu, alken. Nếu muốn, các hỗn hợp này có thể được tách thành các phân đoạn tương đối tinh khiết.

Cả đường dẫn đường và dẫn khí tổng hợp trong các axetogen và vi khuẩn khác có thể được sử dụng để dẫn cacbon và năng lượng hóa học của nguyên liệu được mô tả ở đây thành axetat hoặc sản phẩm hoặc sản phẩm phụ bất kỳ khác được mô tả ở đây (sản phẩm và sản phẩm phụ thực sự tùy thuộc vào vi sinh vật và các điều kiện được sử dụng). Một ưu điểm của việc sử dụng cả đường lẫn khí tổng hợp để chuyển hóa là nó loại bỏ được mọi giới hạn về hiệu suất năng lượng có thể thu được tối đa gây ra bởi các giới hạn về số lượng cacbon có mặt trong nguyên liệu chế biến dưới dạng các hydrat cacbon phức tạp và/hoặc có thể lên men. Điều này đặc biệt hữu dụng cho nguyên liệu chế biến sinh khối với mức năng lượng tương đối thấp dưới dạng các hydrat cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza lignin cao.

Nói chung, nhiều vi sinh vật có thể tạo ra nhiều sản phẩm hữu dụng, như nhiên liệu, bằng cách tiến hành ví dụ, lên men nguyên liệu đã xử lý có chứa cacbon.

Vi sinh vật có thể là vi sinh vật tự nhiên hoặc vi sinh vật được tạo ra bằng kỹ thuật di truyền. Ví dụ, vi sinh vật có thể là vi khuẩn, ví dụ, vi khuẩn cellulolytic, nấm, ví dụ, men, thực vật hoặc sinh vật đơn bào, ví dụ, tảo, protozoa hoặc sinh vật đơn bào giống nấm, ví dụ, nấm mốc bùn. Khi các vi sinh vật có thể tương hợp, thì hỗn hợp của các vi sinh vật có thể được sử dụng. Vi sinh vật này có thể là vi sinh vật ưa khí hoặc vi sinh vật kỵ khí. Vi sinh vật có thể là vi sinh vật cùng lên men (tạo ra sản phẩm cuối cùng đơn lẻ hoặc về cơ bản là đơn lẻ). Vi sinh vật có thể là vi sinh vật đồng hóa axetic, vi sinh vật homolactic, vi khuẩn axit propionic, vi khuẩn axit butyric, vi khuẩn axit succinic hoặc vi khuẩn axit 3-hydroxypropionic. Vi sinh vật có thể là loài được chọn từ nhóm *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Moorella*, *Thermoanaerobacter*, khuẩn

*Propionivi*, *Propionispora*, *Anaerobiospirillum*, và *Bacteriodes*. Các ví dụ cụ thể, vi sinh vật có thể là *Clostridium formicoaxeticum*, *Clostridium butyricum*, *Moorella thermoaxetica*, *Thermoanaerobacter kivui*, *Lactobacillus delbrukii*, khuẩn *Propionivi axitipropionici*, *Propionispora arboris*, *Anaerobiospirillum succinicproducing*, *Bacteriodes amylophilus* hoặc *Bacteriodes ruminicola*. Ví dụ, vi sinh vật có thể là vi sinh vật tái tổ hợp được tạo ra bằng kỹ thuật di truyền để tạo ra sản phẩm mong muốn, như tái tổ hợp *Escherichia coli* trans được tạo thành với một hoặc nhiều gen có khả năng mã hóa các protein để hướng tới việc sản xuất các sản phẩm mong muốn được sử dụng (xem, ví dụ, patent Hoa Kỳ số 6,852,517, cấp ngày 08/02/2005).

Các vi sinh vật khác bao gồm nhiều loài *Sacchromyces* spp. ví dụ, *Sacchromyces cerevisiae* (nấm men bánh mỳ), *Saccharomyces distaticus*, *Saccharomyces uvarum*; loài *Kluyveromyces*, ví dụ, loài *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces fragilis*; loài *Candida*, ví dụ, *Candida pseudotropicalis*, và *Candida brassicae*, loài *Clavispora*, ví dụ, loài *Clavispora lusitaniae* và *Clavispora opuntiae*, loài *Pachysolen*, ví dụ, loài *Pachysolen tannophilus*, loài *Bretannomyces*, ví dụ, loài *Bretannomyces clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Xenluloza bioconversion technology, trong Handbook on Bioetanol: Production and Utilization, Wyman, CE. , ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212).

Các men có trên thị trường bao gồm, ví dụ, Red Star<sup>®</sup>/Lesaffre Etanol Red (có từ Red Star/Lesaffre, USA) FALI<sup>®</sup> (có từ Fleischmann's Yest, chi nhánh của Burns Philip Food Inc., USA), SUPERSTART<sup>®</sup> (có từ Alltech), GERT STRAND<sup>®</sup> (có từ Gert Strand AB, Sweden) và FERMOL<sup>®</sup> (có từ DSM Specialties).

Vi khuẩn mà có thể lên men sinh khối thành etanol và sản phẩm khác bao gồm, ví dụ, *Zymomonas mobilis* và *Clostridium thermocellum* (Philippidis, 1996, supra). Leschine et al. (International Journal of systematic and Evolutionary Microbiology 2002, 52, 1155-1160) biệt lập vi khuẩn kỵ khí, mesophilic, cellulolytic từ đất rừng, *Clostridium phytofermentans* sp. nov., mà chuyển hóa xenluloza thành etanol.

Việc lên men của sinh khối thành etanol và sản phẩm khác có thể được tiến hành sử dụng các loại cụ thể của vi sinh vật ưa nhiệt hoặc nói chung được tạo ra bằng kỹ thuật di truyền như loài *Thermoanaerobacter*, bao gồm *T. mathranii*, và các loài men như loài *Pichia*. Ví dụ chủng *T. mathranii* là A3M4 được mô tả trong Sonne-Hansen et

al. (applied Microbiology và Biotechnology 1993, 38, 537-541) hoặc Ahring et al. (Arch. Microbiol. 1997, 168, 114-119).

Để hỗ trợ cho việc phá vỡ nguyên liệu chứa xenluloza (xử lý bằng phương pháp bất kỳ được mô tả ở đây hoặc thậm chí không được chế biến), một hoặc nhiều enzym, ví dụ, enzym nấm mốc có thể được sử dụng. Theo một số phương án, nguyên liệu chứa xenluloza được xử lý đầu tiên bằng enzym, ví dụ, bằng cách kết hợp nguyên liệu và enzym trong dung dịch nước. Sau đó nguyên liệu này có thể kết hợp với vi sinh vật bất kỳ được mô tả ở đây. Theo một số phương án khác, nguyên liệu chứa xenluloza, một hoặc nhiều enzym đến vi sinh vật kết hợp đồng thời, ví dụ, bằng cách kết hợp trong dung dịch nước.

Các enzym và các vi sinh vật hoại sinh làm vỡ sinh khối, như xenluloza và/hoặc phần lignin của sinh khối, có chứa hoặc tạo ra nhiều enzym nấm mốc (xelulaza), ligninaza hoặc nhiều chất chuyển hóa hoại sinh phân tử nhỏ. Các enzym này có thể là phức chất của các enzym có tác dụng hiệp đồng để phân giải xenluloza tinh thể hoặc phần lignin của sinh khối. Ví dụ về các enzym nấm mốc bao gồm: endoglucanaza, cellobiohydrolaza, và xelobiaza ( $\beta$ -glucosidaza). Cơ chất xenluloza đầu tiên được hydro hóa bằng endoglucanaza ở các vị trí ngẫu nhiên tạo ra các hợp chất trung gian oligome. Sau đó các hợp chất trung gian này là cơ chất để chia tách glucanaza như xelobiohydrolaza để tạo ra xelobioza từ đoạn cuối của polyme xenluloza. Xelobioza là đime được liên kết ở vị trí 1.4 tan được trong nước của glucoza. Cuối cùng xelobiaza chia tách xelobioza để tạo ra glucoza.

Xelulaza có khả năng phân giải sinh khối và có thể có nguồn gốc từ nấm hoặc vi khuẩn. Các enzym thích hợp bao gồm xelulaza từ loài *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* và *Trichoderma*, và bao gồm loài *Humicola*, *Coprinus*, *Thielavia*, *Fusarium*, *Myceliophthora*, *Acremonium*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium* or *Aspergillus* (xem, ví dụ, EP 458162), cụ thể là loài được sản xuất bởi chủng được chọn từ loài *Humicola insolens* (được tái phân loài là *Scytalidium thermophilum*, xem, ví dụ, patent Hoa Kỳ số 4,435,307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium* sp., *Acremonium per sicinum*, *Acremonium acremonium*, *Acremonium brachypenium*, *Acremonium dichromosporum*,

*Acremonium obclavatum*, *Acremonium pinkertoniae*, *Acremonium roseogriseum*, *Acremonium incoloratum*, và *Acremonium furatum*; tốt hơn là từ loài *Humicola insolens* DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117,65, *Cephalosporium* sp. RYM-202, *Acremonium* sp. CBS 478,94, *Acremonium* sp. CBS 265,95, *Acremonium persicinum* CBS 169,65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium* sp. CBS 535,71, *Acremonium brachypenum* CBS 866,73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683,73, *Acremonium obclavatum* CBS 311,74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157,70, *Acremonium roseogriseum* CBS 134,56, *Acremonium incoloratum* CBS 146,62, và *Acremonium furatum* CBS 299,70H. Các enzym nấm mốc cũng có thể thu được từ *Chrysosporium*, tốt hơn nếu là chủng của *Chrysosporium lucknowense*. Ngoài ra, *Trichoderma* (cụ thể là *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei*, và *Trichoderma koningii*), *Bacillus* chịu kiềm (xem, ví dụ, patent Hoa Kỳ số 3,844,890 và EP 458162), và *Streptomyces* (xem ví dụ, EP 458162) có thể được sử dụng.

Phương pháp khác sử dụng một hoặc nhiều ligninaza và/hoặc các enzym hoại sinh để giảm bớt mức khó xử lý trong nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza. Trong phương pháp này, nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ nhất có mức khó xử lý thứ nhất được tạo ra và kết hợp với một hoặc nhiều ligninaza và/hoặc một hoặc nhiều vi sinh vật hoại sinh, ví dụ, các vi sinh vật phá hủy lignin, để tiếp xúc với nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ nhất. Việc tiếp xúc được duy trì trong khoảng thời gian, như từ 2 đến 24 giờ, ví dụ, từ 6 đến 12 giờ, và trong điều kiện đủ, ví dụ, thấp hơn độ pH khoảng 6, như từ pH 3 đến 5,5, để tạo ra nguyên liệu lignoxenluloza thứ hai có mức khó xử lý thứ hai thấp hơn mức khó xử lý thứ nhất. Sau khi khử khó xử lý, nguyên liệu xenluloza hoặc lignoxenluloza thứ hai có thể được tiếp xúc với một hoặc nhiều enzym đến/hoặc vi sinh vật, ví dụ, để tạo ra sản phẩm bất kỳ được mô tả ở đây, ví dụ, thực phẩm hoặc nhiên liệu, ví dụ, etanol hoặc butanol (ví dụ, n-butanol) hoặc sản phẩm bất kỳ được mô tả trong đơn bất kỳ được đưa vào đây để tham khảo.

Ligninaza có thể là, ví dụ, một hoặc nhiều mangan peroxidaza, lignin peroxidaza hoặc các lacaza.

Theo phương án cụ thể, vi sinh vật hoại sinh có thể là, ví dụ, một hoặc nhiều nấm mục trắng, nấm mục nâu hoặc nấm mục nhẹ. Ví dụ, vi sinh vật hoại sinh có thể là nấm *Basidiomycetes*. Theo các phương án cụ thể, vi sinh vật hoại sinh là *Phanerochaete chrysosporium* hoặc *Gleophyllum trabeum*.

Ligninaza, các vi sinh vật hoại sinh và chất chuyển hóa phân tử nhỏ được mô tả trong Kirk et al., Enzym Microb. Technol. 1986, vol. 8, 27-32, Kirk et al., Các enzym để xử lý giấy và bột giấy, chương 1 (Roles for Microbial Enzymes in Pulp and Paper processing and Kirk et al., Hóa học về gỗ đặc, Chương 12 (Biological Decomposition of Solid Wood (pp. 455-487).

Tham khảo Fig.2, một phương pháp sản xuất etanol từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza đã được chế biến bằng các điện tử gia tốc trong đó ít hơn khoảng 75% khối lượng các hỗn hợp chứa cacbon là dưới dạng các hydrat cacbon, bao gồm chuyển hóa sinh học (cùng với hoặc không cùng với hỗ trợ enzym) phần của nguyên liệu thành axit axetic, este axetat (ví dụ, metyl hoặc etyl este), muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat (được thể hiện một cách đơn giản là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{COOR}$  trên hình vẽ.) và chuyển hóa một phần khác của nguyên liệu sử dụng quy trình nhiệt hóa học (khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp (hỗn hợp của hydro, cacbon monoxit, và trong một số ví dụ, đioxit cacbon hoặc hợp phần của chúng (thường được gọi là khí khử) - được thể hiện trong hình vẽ như là  $\text{H}_2$ ). Sau đó khí tổng hợp hoặc hợp phần của chúng được phản ứng với axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat, ví dụ, trong sự có mặt của chất xúc tác và dưới áp suất cao của hydro (ví dụ,  $50.10^5$  Pa đến  $700.10^5$  Pa) để tạo ra etanol. Hiệu suất năng lượng hóa học của phương pháp này để tạo ra etanol có thể lớn hơn hiệu suất năng lượng hóa học hoặc riêng quy trình sinh học chuyển hóa hoặc quy trình chuyển hóa trong đó tất cả các nguyên liệu lúc đầu được đưa qua bước chuyển hóa bằng nhiệt hóa học như một phần của quy trình để tạo ra etanol.

Trong một số ví dụ, axit và/hoặc muối axit là (các) sản phẩm được sản xuất bởi quy trình sinh học. Trong các ví dụ này, axit và/hoặc muối axit có thể được xử lý bằng axit hóa và/hoặc este hóa trước khi bước cho phản ứng với hợp chất trung gian được tạo ra bằng quy trình nhiệt hóa học. Ví dụ, hợp chất trung gian được sản xuất bởi quy trình



sinh học có thể bao gồm muối của axit carboxylic, mà có thể được axit hóa thành axit carboxylic. Ví dụ, hợp chất trung gian được tạo ra bởi quy trình sinh học có thể bao gồm axit carboxylic mà có thể được este hóa, bằng metanol hoặc etanol để tạo ra este của axit carboxylic tương ứng. Axit hóa và este hóa có thể được thực hiện bằng biện pháp sinh học hoặc hóa học. Ví dụ, trong một phương án, axit hóa có thể bao gồm đưa dioxit cacbon hoặc axit có nồng độ pKa thấp hơn axit carboxylic được axit hóa thành dung dịch bao gồm muối của axit carboxylic. Theo phương án khác, axit hóa có thể bao gồm tạo ra amin bậc ba bằng dioxit cacbon để tạo ra phức chất axit/amin. Quy trình này có thể còn bao gồm bước cho tiếp xúc phức chất axit/amin với dung môi không trộn lẫn được với nước để tạo ra este của dung môi không trộn lẫn được với nước và axit carboxylic. Phương pháp axit hóa và este hóa được mô tả chi tiết trong các Công bố đơn quốc tế số WO 2005/073161 công bố ngày 11.8.2005 và trong WO 00/53791 công bố 14.9.2000.

Tham khảo Fig.3, một phương pháp khác sản xuất etanol từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza đã được chế biến bằng ozon hoặc dung dịch của Fenton, bao gồm chuyển hóa sinh học (không có hoặc có hỗ trợ enzym) phần của nguyên liệu thành axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat (được thể hiện đơn giản là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{COOR}$  trong hình vẽ này.) và chuyển hóa một phần khác của nguyên liệu sử dụng quy trình nhiệt hóa học (khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp. Một phần của khí tổng hợp dưới dạng cacbon monoxit và hydro được cấp vào quy trình sinh học trong quá trình chuyển hóa. Một phần khác của khí tổng hợp (hydro) được sử dụng để phản ứng với axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat, ví dụ, trong sự có mặt của chất xúc tác và dưới áp suất cao của hydro (ví dụ,  $25 \cdot 10^5$  Pa hoặc  $50 \cdot 10^5$  Pa đến  $700 \cdot 10^5$  Pa) để tạo ra etanol.

Tham khảo Fig.4, một phương pháp khác sản xuất etanol từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza được siêu âm để giảm bớt sự khó xử lý của nó, bao gồm chuyển hóa sinh học (không có hoặc có sự có mặt của các enzym) phần của nguyên liệu thành axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat (được thể hiện đơn giản là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{COOR}$  trong hình vẽ) và chuyển hóa một phần khác của nguyên liệu sử dụng

quy trình nhiệt hóa học (khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp. Một phần của khí tổng hợp dưới dạng cacbon monoxit được cấp vào quy trình sinh học chuyển hóa. Một phần khác của khí tổng hợp dưới dạng hydro được sử dụng để phản ứng với axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat để tạo ra etanol.

Tham khảo Fig.5, một phương pháp khác sản xuất etanol từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza được nhiệt phân để giảm bớt sự khó xử lý của nó, bao gồm chuyển hóa sinh học (không có hoặc có mặt của các enzym) phần của nguyên liệu thành axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat (được thể hiện đơn giản là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{COOR}$  trên hình vẽ) và chuyển hóa một phần khác của nguyên liệu sử dụng quy trình nhiệt hóa học (khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp. Một phần của khí tổng hợp dưới dạng cacbon monoxit và hydro được cấp vào quy trình sinh học chuyển hóa. Một phần khác của khí tổng hợp dưới dạng cacbon monoxit được sử dụng để phản ứng với axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat để tạo ra etanol.

Tham khảo Fig.6, một phương pháp khác sản xuất etanol từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như than được nhiệt phân để giảm bớt sự khó xử lý của nó, bao gồm chuyển hóa sinh học (không có hoặc có mặt của các enzym) phần của nguyên liệu thành axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat (được thể hiện đơn giản là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{COOR}$  trên hình vẽ) và chuyển hóa một phần khác của nguyên liệu sử dụng quy trình nhiệt hóa học (khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp mà bao gồm hydro và metanol. Một phần của khí tổng hợp dưới dạng metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) được cấp vào quy trình sinh học chuyển hóa. Một phần khác của khí tổng hợp dưới dạng hydro được sử dụng để phản ứng với axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat để tạo ra etanol.

Tham khảo Fig.7, một phương pháp khác sản xuất etanol từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza đã được xử lý bằng ozon hoặc dung dịch của Fenton và/hoặc được chiếu xạ bằng các điện tử, bao gồm chuyển hóa sinh học (không có hoặc có mặt của các enzym) toàn bộ phần của nguyên liệu mà

có thể chuyển hóa sinh học thành axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat (được thể hiện đơn giản là  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{COOR}$  trên hình vẽ). Phần dư chuyển hóa, ví dụ, phần lignin của nguyên liệu lignoxenluloza, sau đó được chuyển hóa sử dụng quy trình nhiệt hóa học (ví dụ, khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp. Một phần của khí tổng hợp dưới dạng hydro được sử dụng để phản ứng với axit axetic, este axetat, muối axetat, hoặc hỗn hợp của axit axetic, este axetat và muối axetat, ví dụ, trong sự có mặt của chất xúc tác và dưới áp suất cao của hydro (ví dụ,  $25 \cdot 10^5$  Pa hoặc  $50 \cdot 10^5$  Pa đến  $700 \cdot 10^5$  Pa) để tạo ra etanol.

Trong một số ví dụ, các muối axetat được sản xuất một cách có chọn lọc có thể được chuyển hóa thành este (ví dụ, este etyl) sử dụng quy trình chưng cất phản ứng 80a được thể hiện trên Fig. 7A.

Trong bộ phận phản ứng 424, (5%) dung dịch loãng của canxi axetat trong nước được trộn với etanol và được cấp vào cột 422 ở phía trên của bộ phận phản ứng. dioxit cacbon được cấp vào cột 422 ở đáy của bộ phận phản ứng 424. Phản ứng đồng thời của dioxit cacbon với canxi axetat và etanol xảy ra trong khu vực phản ứng 424 trong phần trung tâm của 422 với sự tạo thành của canxi cacbonat và etyl axetat (EtAc).

Hợp phần dễ bay hơi nhất trong hỗn hợp phản ứng là hỗn hợp đồng sôi của etyl axetat/nước/etanol. Thành phần hỗn hợp đồng sôi là 82,6% etyl axetat, 9% nước và 8,4% etanol và có điểm sôi bình thường là  $70,2^\circ\text{C}$ . Hỗn hợp đồng sôi này được loại bỏ từ hỗn hợp phản ứng bằng hóa hơi cùng với một ít EtOH và nước. Sản phẩm đáy từ khu vực phản ứng là nước và dung dịch etanol chứa cacbonat canxi huyền phù, mà chảy vào khu vực khai thác.

Trong bộ phận chia tách trên 450, hỗn hợp đồng sôi được tách ra khỏi etanol và nước cũng được hóa hơi từ hỗn hợp phản ứng. Hỗn hợp etanol/nước được tái tuần hoàn tới khu vực phản ứng 424 và sản phẩm ở trên là hỗn hợp đồng sôi. Dioxit cacbon được tách ra khỏi phần ngưng phía trên và được tái tuần hoàn tới cột với dioxit cacbon bổ sung. Hỗn hợp đồng sôi có thể phá vỡ bằng cách thêm nước, mà gây ra sự chia tách pha, với pha nước và làm giàu etanol được quay trở lại điểm thích hợp trong cột chưng cất phản ứng.

Do etanol quá mức được sử dụng để hỗ trợ cho phản ứng este hóa trong bộ phận phản ứng, nên khu vực khai thác 458 đưa etanol dư trở lại khu vực phản ứng. Trong

khu vực khai thác 458, etanol được loại bỏ từ dòng canxi cacbonat- chứa nước, mà được xả ra từ cột 422 và được tách bằng bộ phận tách lỏng/rắn 462, như ly tâm hoặc lọc chẳng hạn.

Hiệu ứng toàn phần của quy trình chưng cất phản ứng là để thu hồi axit axetic từ loãng muối dung dịch, nhờ đó tạo ra dòng sản phẩm được cô đặc tương đối ở phía trên và không làm bốc hơi nước mà tạo ra phần lớn của dòng. Việc tích hợp ba bộ phận làm giảm bớt tổng yêu cầu năng lượng và việc loại bỏ đồng thời este thành phẩm làm thay đổi trạng thái cân bằng của este hóa, điều này giúp chuyển hóa cao hơn trong thời gian ngắn hơn.

Theo Fig.8, một phương pháp sản xuất propylen glycol (propan-1,2- diol) từ nguyên liệu bao gồm các hỗn hợp chứa cacbon, như nguyên liệu lignoxenluloza đã được xử lý bằng các điện tử gia tốc trong đó ít hơn khoảng 75% khối lượng các hỗn hợp chứa cacbon là dưới dạng các hydrat cacbon, bao gồm chuyển hóa sinh học (không có hoặc có hỗ trợ enzym) phần của nguyên liệu thành axit lactic, este lactat, muối lactat, hoặc hỗn hợp của chúng (được thể hiện đơn giản là  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$  và  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOR}$  trên hình vẽ) và chuyển hóa một phần khác của nguyên liệu sử dụng quy trình nhiệt hóa học (ví dụ, khí hóa) để tạo ra khí tổng hợp (được thể hiện trên hình vẽ là  $\text{H}_2$ ). Sau đó khí tổng hợp được phản ứng với axit lactic, este lactat, muối lactat, hoặc hỗn hợp của chúng, ví dụ, trong sự có mặt của chất xúc tác và dưới áp suất cao của hydro (ví dụ,  $25 \cdot 10^5$  Pa hoặc  $50 \cdot 10^5$  Pa đến  $700 \cdot 10^5$  Pa) để tạo ra propylen glycol.

Khi sử dụng các quy trình tương tự với các quy trình được nêu ở đây, nguyên liệu có chứa cacbon có thể được sử dụng để tạo ra n-propanol, ví dụ, từ hỗn hợp mà bao gồm axit propionic, este propionat, muối propionat, axit axetic, este axetat, muối axetat hoặc hỗn hợp của chúng.

Khi sử dụng các quy trình tương tự với các quy trình được nêu ở đây, nguyên liệu có chứa cacbon có thể được sử dụng để tạo ra butanol và etanol, ví dụ, từ hỗn hợp mà bao gồm axit butyric, este butyrat, muối butyrat, axit axetic, este axetat, muối axetat hoặc hỗn hợp của axit butyric, este butyrat, muối butyrat, axit axetic, este axetat và muối axetat.

Khi sử dụng các quy trình tương tự với các quy trình được nêu ở đây, nguyên liệu có chứa cacbon có thể được sử dụng để tạo ra 1,4-butanediol, ví dụ, từ hỗn hợp bao gồm succinic axit, succinat este, succinat muối, hoặc hỗn hợp của axit succinic, este succinat và muối succinat.

Khi sử dụng các quy trình tương tự với các quy trình được nêu ở đây, nguyên liệu có chứa cacbon có thể được sử dụng để tạo ra 1,3-propandiol, ví dụ, từ hỗn hợp bao gồm axit 3-hydroxypropionic, este 3-hydroxypropionat, muối 3-hydroxypropionat, hoặc hỗn hợp của axit 3-hydroxypropionic, este 3-hydroxypropionat và muối 3-hydroxypropionat.

Các phương án khác

Nhiều phương án của sáng chế đã được mô tả. Tuy nhiên, cần hiểu rằng các cải biến khác nhau có thể được tạo ra mà không vượt ra khỏi phạm vi của sáng chế được bộc lộ ở đây.

Ví dụ, mặc dù khí tổng hợp và các hợp phần khí tổng hợp có thể được sản xuất tại chỗ từ nguyên liệu chứa cacbon, nhưng khí tổng hợp hoặc hợp phần của chúng cũng có thể được mua, ví dụ, từ nhà máy tinh chế dầu.

Mặc dù có thể thực hiện tất cả các quy trình được mô tả ở đây tại một địa điểm tự nhiên, tuy nhiên theo một số phương án, các quy trình này cũng được hoàn thành ở nhiều khu vực khác nhau. Ví dụ, các hỗn hợp este có thể được vận chuyển tới bộ phận cracking hydro áp suất cao ở một vị trí khác.

Mặc dù kỹ thuật được thể hiện ở đây được thực hiện với các nguyên liệu sinh khối chứa cacbon, chúng cũng có thể làm việc với nguyên liệu bất kỳ khác có chứa cacbon được mô tả ở đây, như than, đường và tinh bột. Ví dụ, than hoặc tinh bột có thể được chiếu xạ và sau đó được chuyển hóa thành axit hữu cơ, các muối hoặc axit và/hoặc este của axit hữu cơ.

Mọi dioxit cacbon được tạo ra và/hoặc lignin được giải phóng trong quy trình bất kỳ được mô tả ở đây có thể được giữ. Mọi dioxit cacbon được giữ lại có thể được chelat hóa, ví dụ, bằng cách phun dioxit cacbon được giữ lại vào trong cấu trúc địa chất, như vỉa than chưa khai thác hoặc tầng ngậm nước muối sâu có khả năng giữ dioxit cacbon, ví dụ, trong khoảng thời gian lớn hơn 100 năm, ví dụ, lớn hơn 250 năm, 500 năm, 1.000 năm hoặc lớn hơn 10.000 năm. Ví dụ, dioxit cacbon được tạo ra trong

quy trình bất kỳ được mô tả ở đây có thể được chelat hóa, ví dụ, bằng cách cố định đioxit cacbon bằng cách sử dụng vi sinh vật bất kỳ được mô tả ở đây. Ví dụ, vi sinh vật có thể bao gồm tảo và đioxit cacbon có thể được chelat hóa dưới dạng hydrat cacbon và/hoặc lipid. Nếu muốn, ví dụ, để tạo ra diezen sinh học, lipid có thể được chuyển hóa thành este, ví dụ, metyl, etyl, n-propyl, isopropyl hoặc butyl este. Mọi este có thể được chuyển hóa thành rượu, ví dụ, bằng cách hydro hóa, như được mô tả ở đây.

Theo Fig.9, sự phát ra đioxit cacbon có thể được giữ lại trong nhiều cấu trúc địa chất. Ví dụ, đioxit cacbon có thể được giữ lại trong tầng ngậm nước muối sâu hoặc trong vỉa than chưa khai thác. Đioxit cacbon cũng có thể được sử dụng tổng ra từ đất cứng để thu dầu hoặc khí tự nhiên.

Đioxit cacbon cũng có thể được giữ lại và được sử dụng trong thực phẩm và đồ uống công nghiệp. Ví dụ, đioxit cacbon có thể được chuyển hóa thành băng khô, hoặc có thể được sử dụng trong đồ uống có ga.

Tham khảo Fig.10, vi sinh vật bất kỳ được mô tả ở đây mà có khả năng cố định đioxit cacbon có thể được sử dụng trong chelat hóa đioxit cacbon. Cụ thể, Fig.10 minh họa đường quang hợp trong đó đioxit cacbon trong sự có mặt của ánh sáng, nước, chất dinh dưỡng và vi sinh vật có khả năng cố định đioxit cacbon được chuyển hóa thành nhiều sản phẩm, bao gồm các hydrat cacbon và lipid. Các hydrat cacbon được tạo ra có thể được sử dụng trong quy trình bất kỳ được mô tả ở đây, như để sản xuất etanol, và lipid có thể, ví dụ, được chuyển hóa thành diezen sinh học, được sử dụng trong thực phẩm hoặc làm chất bổ sung ăn kiêng.

Tảo thích hợp bao gồm vi tảo, như tảo cát và vi khuẩn xyano, và vĩ tảo, ví dụ, rong biển. Các ví dụ cụ thể bao gồm *Botryococcus braunii*, *Chlorella*, *Dunaliella tertiolecta*, *Gracilaria*, *Pleurochrysis carterae* (còn được gọi là CCMP647), và *Sargassum*.

Theo Fig.11, lipid, như triglyxerit (béo), có thể được chuyển hóa thành diezen sinh học bằng cách este hóa sử dụng rượu (ROH) và chất xúc tác, như axit, như axit vô cơ (ví dụ, axit lưu huỳnh). Như được thể hiện, đối với mỗi phân tử của triglyxerit, ba phân tử của diezen sinh học được tạo ra, cùng với một phân tử của glyxerol.

Theo các Fig.12 và Fig.12A, chất thải đioxit cacbon và chất dinh dưỡng có thể được cấp vào bình phản ứng tuần hoàn chứa tảo treo lơ lửng trong dung môi, như nước. Nguồn ánh sáng, như mặt trời hoặc nguồn ánh sáng nhân tạo chiếu lên nguyên liệu trong bình phản ứng như một chiếc gương liên tục lưu thông nguyên liệu. Sau khi lượng sản phẩm mong muốn, như một hoặc nhiều hydrat cacbon và/hoặc một hoặc nhiều lipid được sản xuất, thì các thành phần của thiết bị phản ứng không còn và dầu được thu hồi và được chuyển hóa thành nhiên liệu mong muốn, như diesel.

Lignin được giải phóng trong quy trình bất kỳ được mô tả ở đây có thể được giữ lại và sử dụng. Ví dụ, lignin có thể được sử dụng làm chất dẻo, hoặc có thể được nâng cấp tổng hợp thành các chất dẻo khác. Trong một số ví dụ, lignin có thể được sử dụng làm nguồn năng lượng, ví dụ, được đốt để tạo ra nhiệt. Trong một số ví dụ, lignin cũng có thể được chuyển hóa thành lignosulfonat, mà có thể được sử dụng dưới dạng chất kết dính, chất phân tán, chất nhũ hóa hoặc làm chất chelat hóa.

Khi được dùng làm chất kết dính, lignin hoặc lignosulfonat có thể, ví dụ, được sử dụng trong các bánh than, trong gôm, để liên kết cacbon đen, để liên kết phân bón và thuốc diệt cỏ, sản phẩm ngăn bụi, trong sản xuất gỗ dán và tấm mùn cưa, để liên kết thức ăn cho động vật, làm chất kết dính cho sợi thủy tinh, làm chất kết dính trong bột nhão dùng cho vải dầu và làm chất làm ổn định đất.

Dưới dạng chất phân tán, lignin hoặc lignosulfonat có thể được sử dụng, ví dụ, cho hỗn hợp bê tông, đất sét và gôm, các thuốc nhuộm và chất tạo màu, thuốc da và trong tấm thạch cao.

Dưới dạng chất nhũ hóa, lignin hoặc lignosulfonat có thể được sử dụng, ví dụ, trong nhựa đường, chất màu và các chất tạo màu, thuốc trừ dịch hại và sáp nhũ tương.

Dưới dạng chất chelat hóa, lignin hoặc lignosulfonat có thể được sử dụng, ví dụ, trong các hệ vi dưỡng chất, các hỗn hợp làm sạch, và các hệ thống xử lý nước, ví dụ, các hệ thống đun sôi và làm nguội.

Dưới dạng nguồn gia nhiệt, lignin nói chung có hàm lượng năng lượng cao hơn holoxenluloza (xenluloza và hemixenluloza) vì nó chứa nhiều cacbon hơn holoxenluloza. Ví dụ, lignin không có thể có hàm lượng năng lượng từ khoảng 11.000 đến 12.500 BTU trên pao, so với 7.000 và 8.000 BTU trên pao của holoxenluloza. Do đó, lignin có thể được tăng tỷ trọng và được chuyển hóa thành các bánh và viên tròn

dùng cho việc thiêu kết. Ví dụ, lignin có thể được chuyển hóa thành viên tròn bằng phương pháp bất kỳ được mô tả ở đây. Đối với việc thiêu kết viên tròn hoặc bánh chậm, lignin có thể là liên kết ngang, chẳng hạn áp dụng liều bức xạ từ khoảng 0,5 Mrad đến 5 Mrad. Việc tạo liên kết ngang có thể tạo ra hệ số hình dạng thiêu kết chậm. Hệ số hình dạng, như viên tròn hoặc bánh, có thể được chuyển hóa thành "than tổng hợp" hoặc than bằng cách nhiệt phân mà không có mặt của không khí, ví dụ, ở từ 400 đến 950<sup>0</sup>C. Trước khi nhiệt phân, tốt hơn là tạo liên kết ngang lignin để giữ cấu trúc nguyên vẹn.

Do đó, các phương án khác đều thuộc phạm vi của sáng chế thể hiện trong yêu cầu bảo hộ dưới đây.



## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất sản phẩm chứa rượu, axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

xử lý sinh khối để giảm tính khó xử lý của sinh khối này để tạo ra sinh khối đã được xử lý;

chuyển hóa phần thứ nhất của sinh khối đã được xử lý nêu trên bằng cách sử dụng vi sinh vật hoặc hỗn hợp vi sinh vật để tạo ra sản phẩm, trong đó vi sinh vật và hỗn hợp vi sinh vật nêu trên có thể chuyển hóa cả đường lẫn nguyên liệu khí tổng hợp;

chuyển hóa bằng nhiệt hóa phần thứ hai của sinh khối đã được xử lý nêu trên thành khí tổng hợp; và

cấp một hoặc nhiều thành phần của khí tổng hợp cho vi sinh vật hoặc hỗn hợp vi sinh vật trong quá trình chuyển hóa phần thứ nhất của sinh khối đã được xử lý nêu trên.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó một hoặc nhiều thành phần của khí tổng hợp được chọn từ nhóm bao gồm hydro, monoxit cacbon, đioxit cacbon và hỗn hợp của chúng.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó khí tổng hợp được sản xuất bằng cách khí hóa than và/hoặc sinh khối.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước hydro hóa sản phẩm nêu trên hoặc cho sản phẩm nêu trên tiếp xúc với tác nhân khử.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó tác nhân khử là CO.

6. Phương pháp theo điểm 4, trong đó bước hydro hóa sản phẩm bao gồm bước cho sản phẩm nêu trên tiếp xúc với hydro ở áp suất lớn hơn khoảng  $25 \cdot 10^5$  Pa (25 bar) trong điều kiện có mặt của chất xúc tác.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó hydro được tạo ra từ khí tổng hợp được sản xuất bằng cách khí hóa than và/hoặc sinh khối.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bước chuyển hóa phần thứ nhất nêu trên bao gồm bước cho tiếp xúc nguyên liệu đã xử lý nêu trên với enzym.

9. Phương pháp sản xuất rượu, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

xử lý sinh khối để giảm tính khó xử lý của sinh khối này để tạo ra sinh khối đã được xử lý;

chuyển hóa phần thứ nhất của sinh khối đã được xử lý nêu trên bằng cách sử dụng vi sinh vật hoặc hỗn hợp vi sinh vật để tạo ra sản phẩm, trong đó vi sinh vật và hỗn hợp vi sinh vật nêu trên có thể chuyển hóa cả đường lẫn nguyên liệu khí tổng hợp, sản phẩm nêu trên bao gồm rượu, axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng

chuyển hóa bằng nhiệt hóa phần thứ hai của sinh khối đã được xử lý nêu trên thành khí tổng hợp;

cấp một hoặc nhiều thành phần của khí tổng hợp cho vi sinh vật hoặc hỗn hợp vi sinh vật trong quá trình chuyển hóa phần thứ nhất của sinh khối đã được xử lý nêu trên; và

hydro hóa sản phẩm nêu trên để tạo ra rượu.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó axit carboxylic bao gồm axit axetic.

11. Phương pháp theo điểm 9, trong đó este của axit carboxylic bao gồm etyl axetat.

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 11, trong đó vi sinh vật bao gồm vi sinh vật đồng hóa hoặc dị hóa axetic.

13. Phương pháp sản xuất sản phẩm bao gồm bất kỳ rượu, axit carboxylic, muối của axit carboxylic, este của axit carboxylic, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng, phương pháp này bao gồm bước:

xử lý sinh khối để giảm tính khó xử lý của sinh khối này để tạo ra sinh khối đã được xử lý;

chuyển hóa phần thứ nhất của sinh khối đã được xử lý nêu trên bằng cách sử dụng vi sinh vật hoặc hỗn hợp vi sinh vật để tạo ra sản phẩm, trong đó vi sinh vật và hỗn hợp vi sinh vật nêu trên có thể chuyển hóa cả đường lẫn nguyên liệu khí tổng hợp,

chuyển hóa bằng nhiệt hóa học phần thứ hai của sinh khối đã được xử lý nêu trên thành khí tổng hợp;

cấp một hoặc nhiều thành phần của khí tổng hợp cho vi sinh vật hoặc hỗn hợp vi sinh vật trong quá trình chuyển hóa phần thứ nhất của sinh khối đã được xử lý nêu trên; và

giữ lại đioxit cacbon được tạo ra và/hoặc mọi lignin được giải phóng.

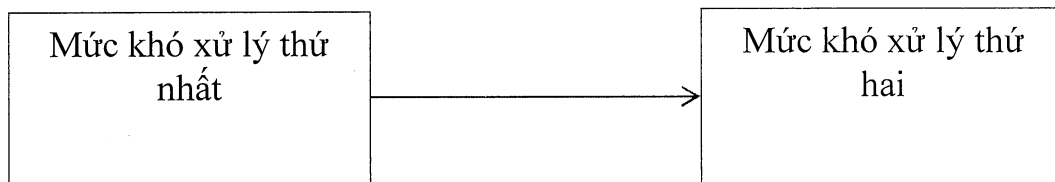
14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó đioxit cacbon được giữ lại và phương pháp này còn bao gồm bước chelat hóa đioxit cacbon được giữ lại này.

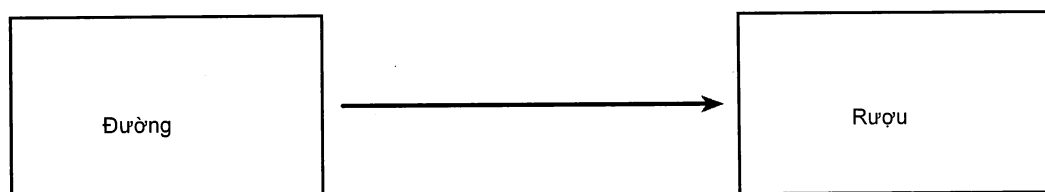
15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó bước chelat hóa đioxit cacbon bao gồm bước phun đioxit cacbon được giữ lại vào trong cấu trúc địa chất có khả năng giữ đioxit cacbon tại chỗ.

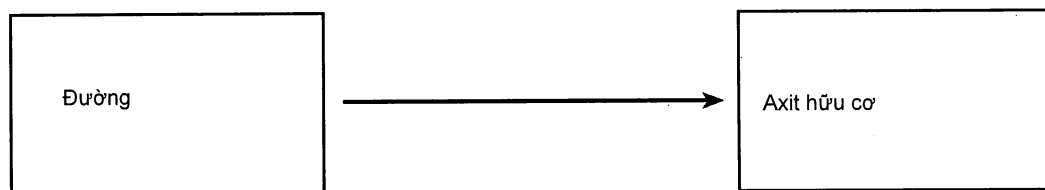
16. Phương pháp theo điểm 14, trong đó bước chelat hóa đioxit cacbon bao gồm bước cố định đioxit cacbon bằng cách sử dụng vi sinh vật.

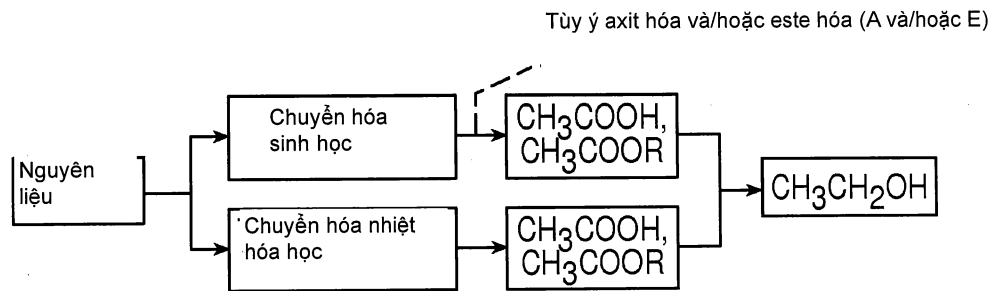
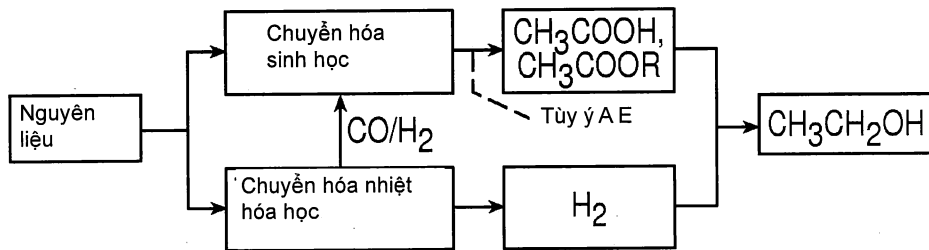
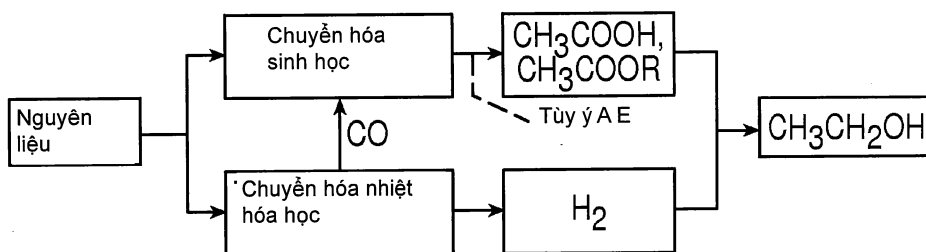
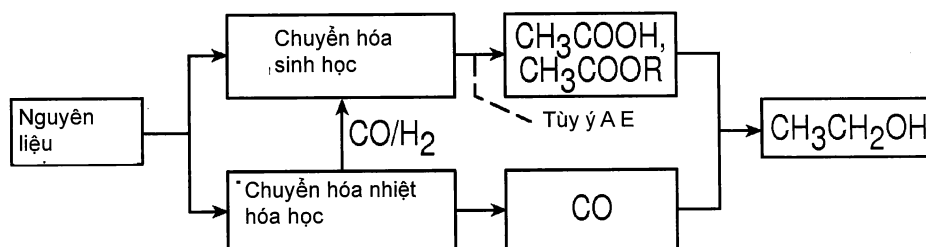
17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó vi sinh vật cố định đioxit cacbon dưới dạng hydrat cacbon.

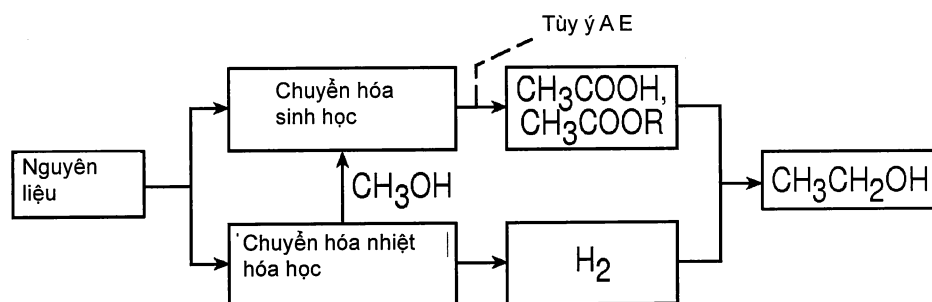
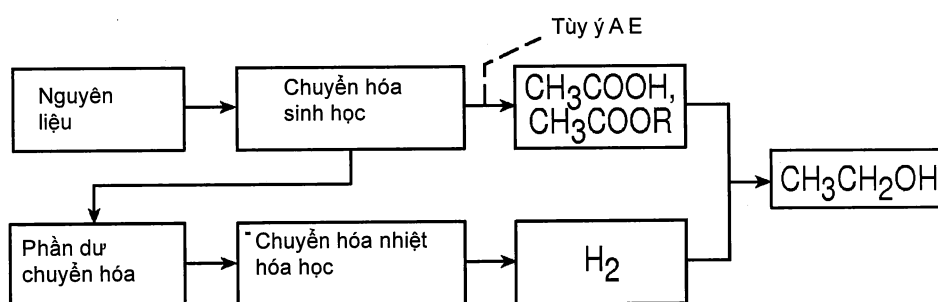
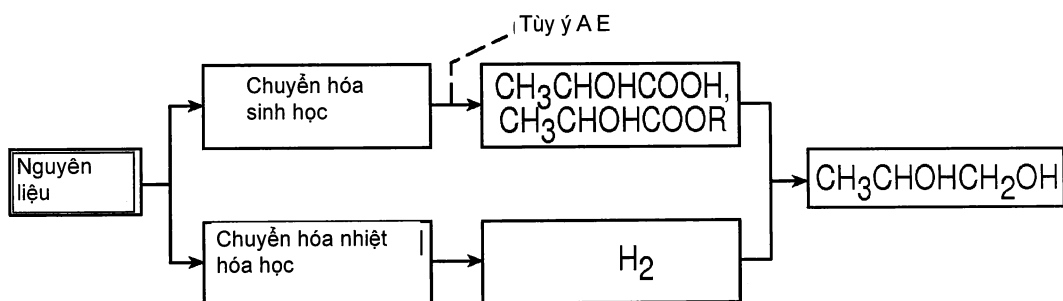
18. Phương pháp theo điểm 16, trong đó vi sinh vật cố định đioxit cacbon dưới dạng lipit.

**FIG. 1**

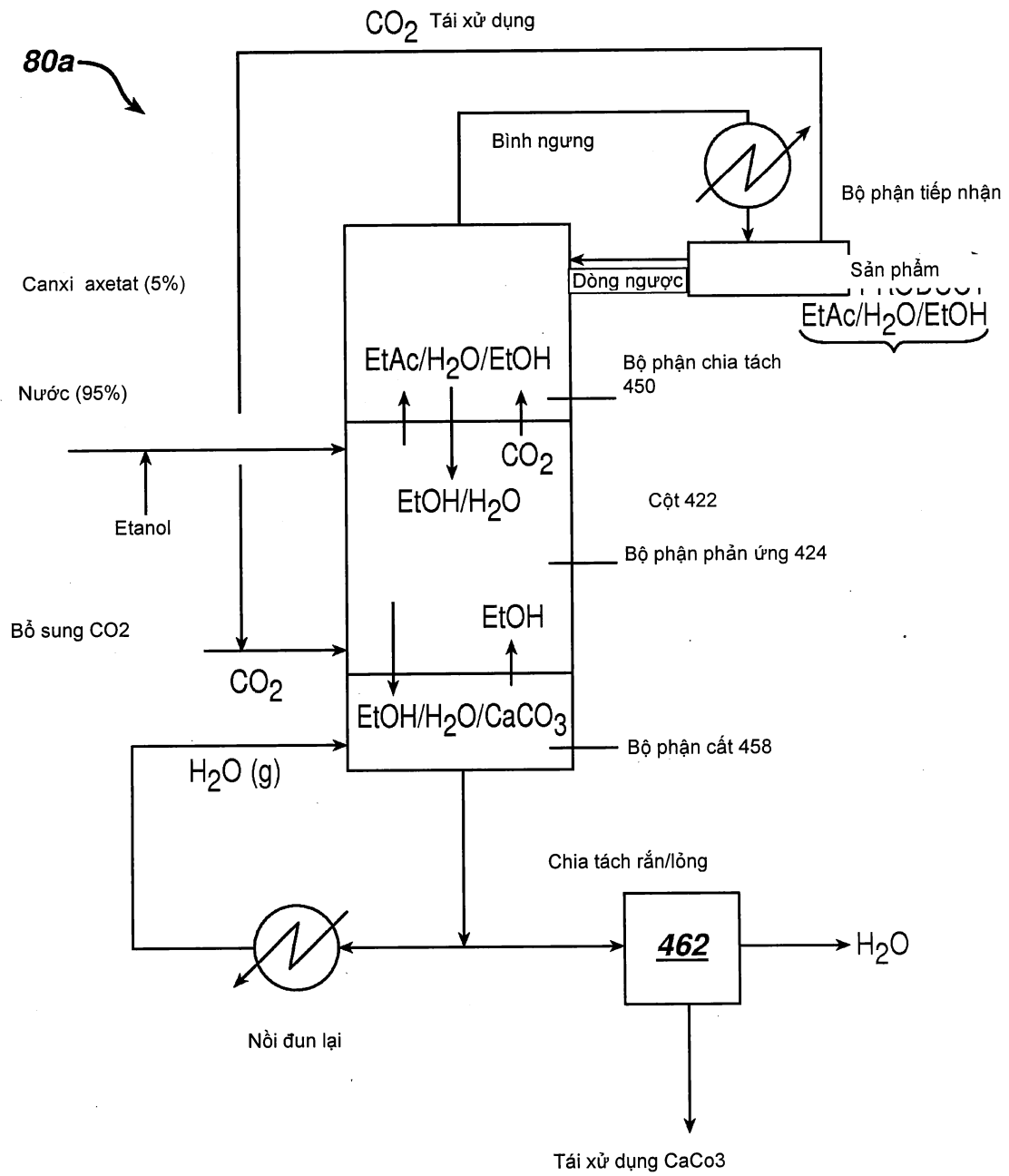
**FIG. 1A**

**FIG. 1B**

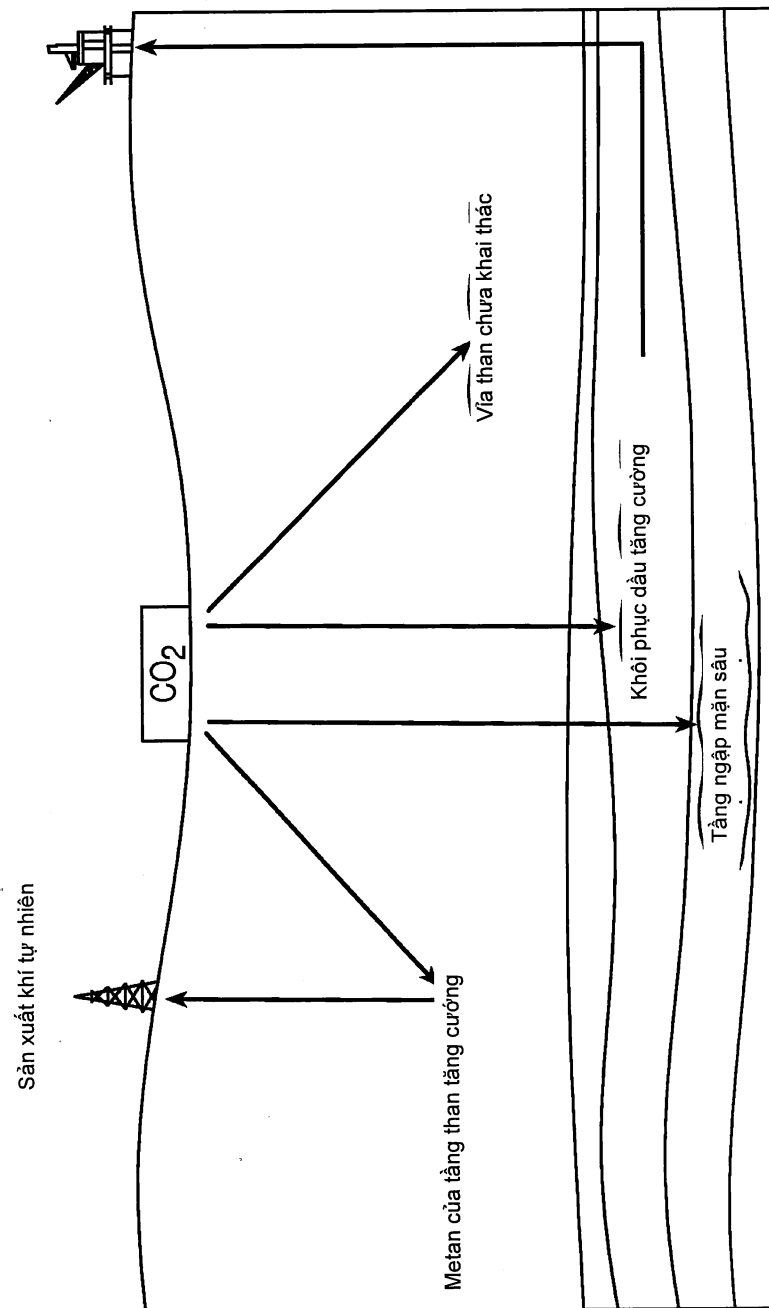
**FIG. 2****FIG. 3****FIG. 4****FIG. 5**

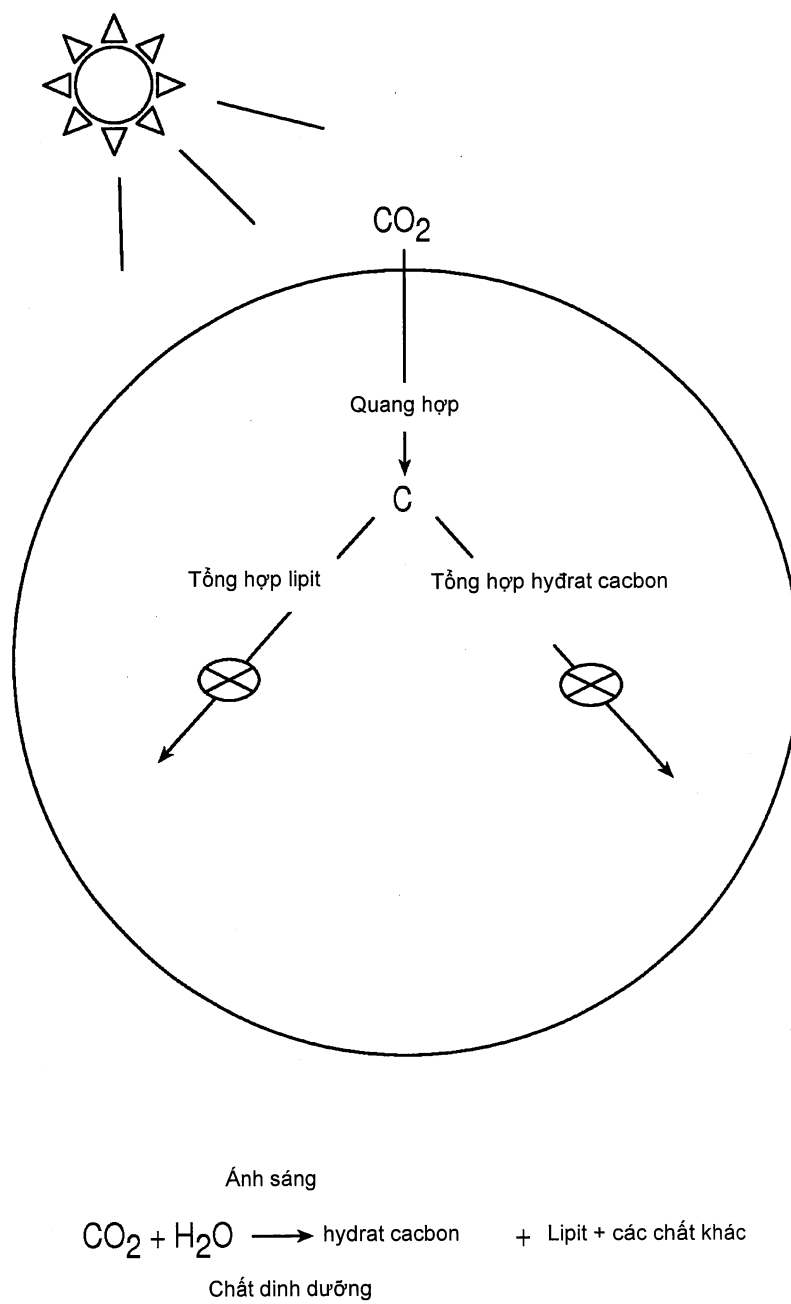
**FIG. 6****FIG. 7****FIG. 8**

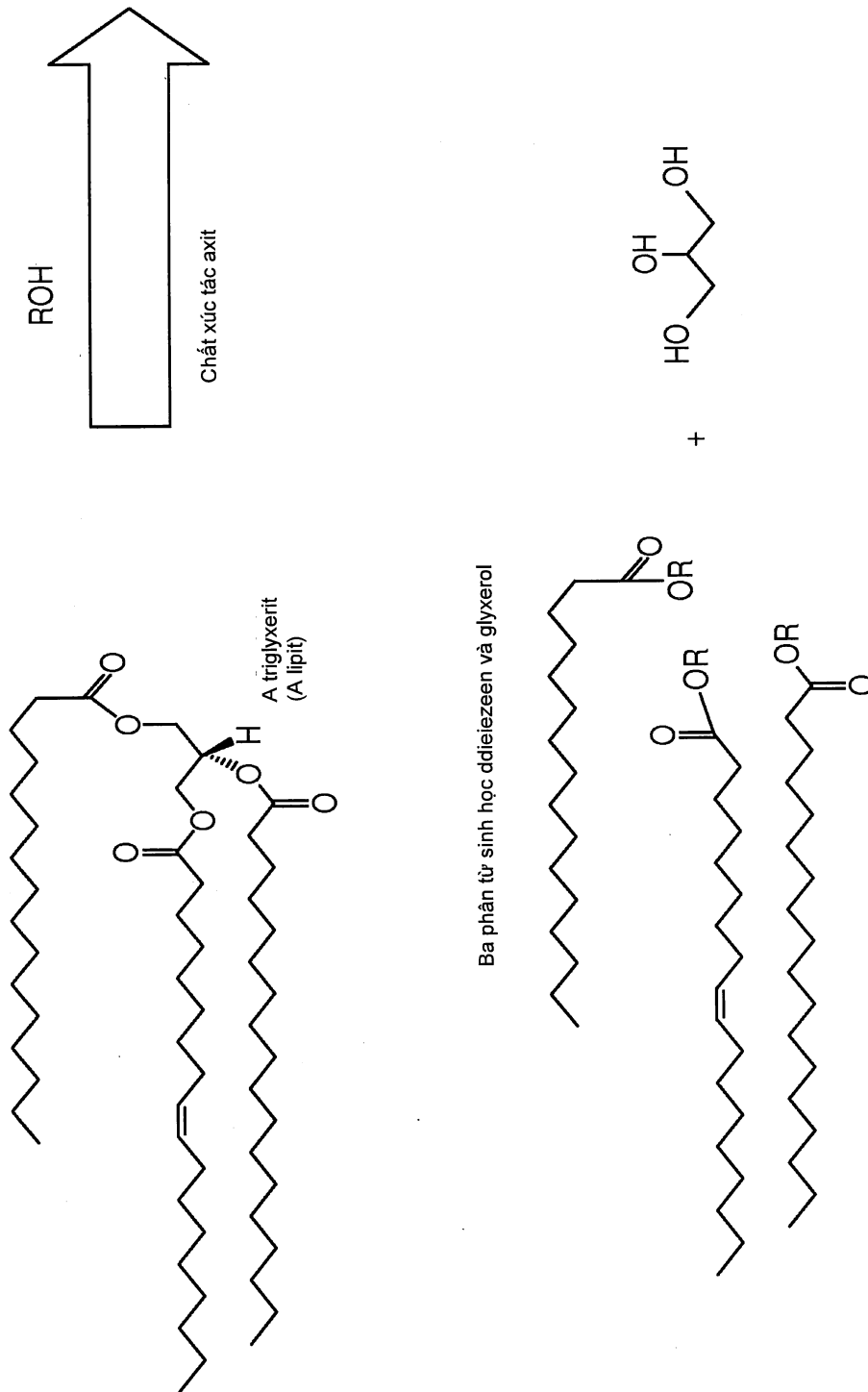


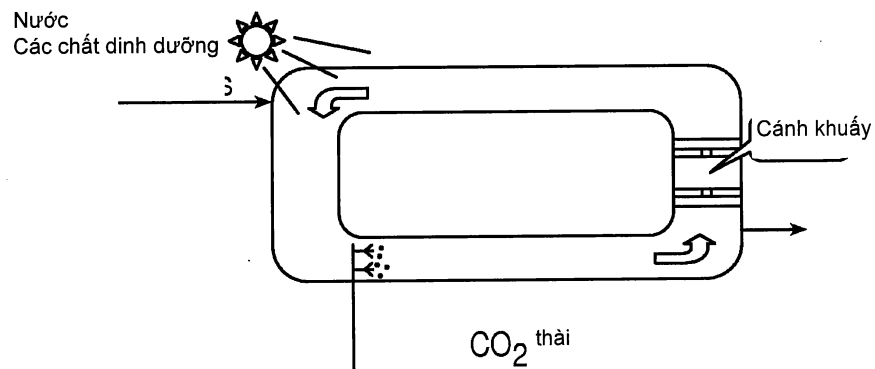
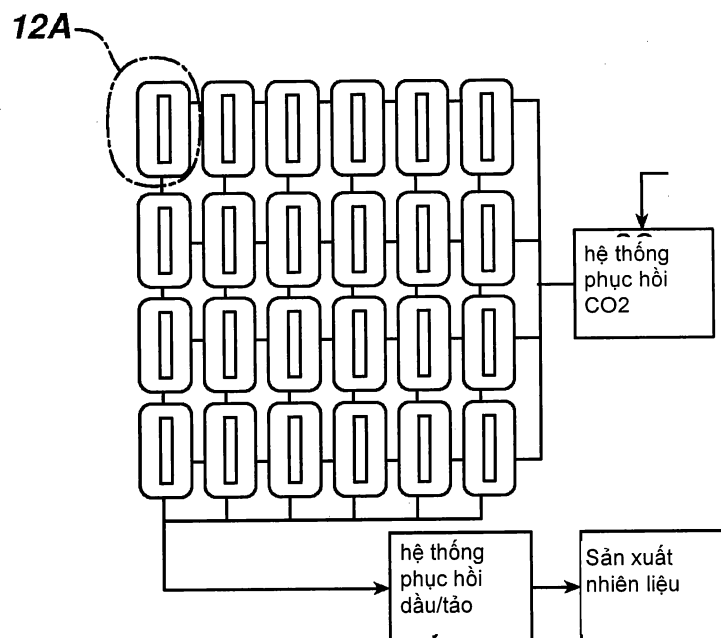
**FIG. 7A**

## BẮT VÀ LƯU GIỮ CACBON

**FIG. 9**

**FIG. 10**

**FIG. 11**

**FIG. 12A****FIG. 12**