



(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)



1-0027785

(51)⁷ C12P 7/06; C12M 1/06; C12P 7/00

(13) B

(21) 1-2014-01148

(22) 14/09/2012

(86) PCT/US2012/055584 14/09/2012

(87) WO/2013/043510 28/03/2013

(30) 13/243,159 23/09/2011 US

(45) 25/03/2021 396

(43) 25/09/2014 318A

(73) COSKATA, INC. (US)

4575 Weaver Parkway, Suite 100, Warrenville, IL 60555, United States of America

(72) TOBEY, Richard, E. (US); HICKEY, Robert (US); TSAI, Shih-perng (US).

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

(54) QUY TRÌNH KHỞI ĐỘNG THIẾT BỊ PHẢN ỨNG THÙNG SÂU QUY MÔ THƯƠNG MẠI

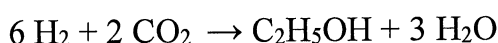
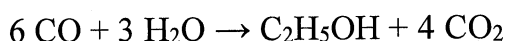
(57) Sáng chế đề cập đến quy trình khởi động thiết bị phản ứng thùng sâu quy mô thương mại được sử dụng trong chuyển hóa sinh học kỵ khí hydro và cacbon monoxit trong dòng cơ chất khí thành các hợp chất hữu cơ được oxy hóa như etanol. Trong quy trình này, máy phun sử dụng chất lỏng động được sử dụng để đưa cơ chất khí vào thiết bị phản ứng lên men thùng sâu trong đó ít nhất một trong số các bước: (i) điều chỉnh tỷ lệ dòng khí: lỏng qua máy phun, (ii) thay đổi lưu lượng chất lỏng qua máy phun, và (iii) điều chỉnh phân mol cacbon monoxit trong khí nạp bằng cách trộn với ít nhất một khí khác, trong đó sự chuyển khối của cacbon monoxit vào dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng được kiểm soát để thu được sự phát triển mạnh mẽ của vi sinh vật trong khi vẫn duy trì nồng độ cacbon monoxit thấp hơn lượng mà gây tác động bất lợi một cách quá mức đến vi sinh vật. Theo các khía cạnh được ưu tiên của sáng chế, khí được tuần hoàn từ khoảng không phía trên của thiết bị phản ứng được sử dụng để điều biến sự cấp cacbon monoxit vào dung môi chứa nước.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình khởi động hệ thống lên men thùng sâu kỵ khí được sử dụng trong quá trình chuyển hóa sinh học kỵ khí của hydro, cacbon monoxit và cacbon đioxit trong dòng cơ chất dạng khí thành các hợp chất hữu cơ được oxy hóa như etanol.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Quá trình lên men kỵ khí từ hydro và cacbon monoxit gồm bước cho cơ chất khí trong dung môi lên men lỏng tiếp xúc với vi sinh vật có khả năng sinh ra các hợp chất hữu cơ được oxy hóa như etanol, axit axetic, propanol và n-butanol. Việc sản xuất các hợp chất hữu cơ được oxy hóa này cần lượng đáng kể hydro và cacbon monoxit. Ví dụ, phương trình chuyển hóa cacbon monoxit và hydro thành etanol theo lý thuyết là:



Như có thể thấy, sự chuyển hóa cacbon monoxit dẫn đến sự tạo thành cacbon đioxit. Quá trình chuyển hóa của hydro gồm sự tiêu thụ hydro và cacbon đioxit, và sự chuyển hóa này đôi khi được gọi là chuyển hóa H_2/CO_2 . Cho mục đích của sáng chế, sự chuyển hóa này được gọi là chuyển hóa hydro.

Thông thường, cơ chất khí cho quá trình chuyển hóa cacbon monoxit và hydro là, hoặc thu được từ, khí tổng hợp (syngas) từ sự khí hóa nguyên liệu cacbon, từ sự tái tạo khí tự nhiên và/hoặc khí sinh học từ sự phân hủy kỵ khí hoặc từ dòng khí thải của các phương pháp công nghiệp khác nhau. Cơ chất khí chứa cacbon monoxit, hydro, và cacbon đioxit và thường chứa các thành phần khác như hơi nước, nitơ, metan, amoniac, hydro sulfua và thành phần tương tự. (Cho mục đích của sáng chế, tất cả các hợp phần khí được báo cáo trên cơ sở khô trừ khi được quy định khác hoặc được quy định rõ ràng).

Các cơ chất khí này thường tốn kém hơn so với lượng nhiệt tương đương của nhiên liệu hóa thạch. Do đó, có mong muốn sử dụng các khí này một cách hiệu quả để tạo ra các sản phẩm giá trị cao hơn. Khả năng thực hiện về tài chính của quy trình chuyển hóa bất kỳ, đặc biệt là với các hóa chất hàng hóa như etanol và axit axetic, sẽ phụ thuộc vào chi phí vốn, hiệu quả của quá trình chuyển hóa cacbon monoxit và hydro thành các sản phẩm mong muốn và chi phí năng lượng để thực hiện quá trình chuyển hóa.

Quy trình lên men khí tổng hợp gặp vấn đề về tính tan kém của cơ chất khí, tức là cacbon đioxit và hydro, trong pha lỏng của dung môi lên men trong đó các quá trình sinh học xảy ra. Munasinghe, và cộng sự, trong tài liệu *Biomass-derived Syngas Fermentation in Biofuels: Opportunities and Challenges*, Biosource Technology, 101 (2010) 5013-5022, tổng kết hệ số chuyển khối thể tích sang môi trường lên men mà được báo cáo trong tài liệu đối với khí tổng hợp và cacbon monoxit trong các cấu trúc thiết bị phản ứng và các điều kiện thủy động lực khác nhau. Nhiều điều kiện có thể giúp tăng cường sự chuyển khối khí tổng hợp sang pha lỏng. Ví dụ, việc làm tăng diện tích bề mặt chung giữa khí nạp và pha lỏng có thể cải thiện tốc độ chuyển khối.

Nhiều quy trình đã được bộc lộ để chuyển hóa cacbon monoxit và hydro thành các hợp chất được oxy hóa. Một quy trình như vậy làm lơ lửng các vi sinh vật dùng cho quá trình chuyển hóa trong dung môi chứa nước chứa trong thiết bị phản ứng thùng khuấy như bằng cách sử dụng cánh khuấy được điều khiển bằng động cơ. Thiết bị phản ứng lên men thùng khuấy tạo ra nhiều ưu điểm. Đối với thiết bị phản ứng thùng khuấy, việc làm tăng khuấy của cánh khuấy được cho là cải thiện sự chuyển khối vì thu được các kích thước bọt khí nhỏ hơn. Tương tự, hoạt động khuấy không chỉ phân phối pha khí vào trong dung môi chứa nước mà còn có thể kiểm soát được thời gian tiếp xúc giữa các pha. Lợi ích lớn khác là hợp phần bên trong thùng khuấy có thể tương đối đồng nhất. Ví dụ, Munasinghe, và cộng sự, trong bài báo đã được công bố từ trước, *Syngas Fermentation to Biofuel: Evaluation of Carbon Monoxide Mass Transfer Coefficient (k_La) in Different Reactor Configurations*, Biotechnol. Prog., 2010, Vol. 26, No. 6, pp 1616 - 1621, kết hợp máy rắc (các lỗ có đường kính 0,5 milimét) với việc trộn cơ học ở các tốc độ quay khác nhau để tạo ra sự chuyển khối tăng cường. Tính đồng nhất này giúp cho có thể kiểm soát tốt quy trình lên men trong quá trình hoạt động ở trạng thái ổn định. Đây là ưu điểm đặc biệt trong quá trình chuyển hóa kỵ

khí của cacbon monoxit và hydro thành các hợp chất được oxy hóa ở đó tồn tại hai con đường chuyển hóa. Do đó, cacbon đioxit được tạo ra từ quá trình chuyển hóa cacbon monoxit gần với con đường tiêu thụ hydro mà tiêu thụ cacbon đioxit. Tính đồng nhất còn tạo thuận lợi cho việc bổ sung cơ chất khí mới. Vấn đề đối với thiết bị phản ứng thùng khuấy là chi phí vốn, lượng lớn năng lượng được tiêu thụ trong bước trộn và khuấy cần thiết, và nhu cầu cho nhiều giai đoạn để thu được sự chuyển hóa cơ chất cao.

Bredwell, và cộng sự, trong tài liệu *Reactor Design Issues for Synthesis-Gas Fermentations*, *Biotechnol. Prog.*, 15 (1999) 834-844, bộc lộ việc sử dụng máy rắc vi bọt khí cùng với khuấy cơ học. Ở trang 839, các tác giả này nói rằng: "Khi máy rắc vi bọt khí được sử dụng, phải dùng đủ năng lượng cho thiết bị phản ứng để tạo ra sự trộn lỏng phù hợp. Do đó, cánh khuấy hướng trục được thiết kế để có sự trượt thấp và dung tích bơm cao thích hợp khi vi bọt khí được sử dụng trong các thùng khuấy."

Các tác giả kết luận: "Khả năng dự đoán và kiểm soát tốc độ kết tụ được cải thiện là cần thiết để thiết kế theo tỷ lệ thiết bị phản ứng sinh học quy mô thương mại sử dụng máy rắc vi bọt khí" (trang 841).

Kiểu thiết bị lên men khác là thiết bị phản ứng lên men cột bọt khí trong đó cơ chất khí được đưa vào ở đáy thùng và bọt khí đi qua dung môi chứa nước ("thiết bị phản ứng bọt khí"). Xem Munasinghe, và cộng sự, trong tài liệu *Biomass-derived Syngas Fermentation in Biofuels: Opportunities and Challenges*, *Biosource Technology*, 101 (2010) 5013-5022. Để nhận được sự chuyển khối mong muốn từ pha khí sang pha lỏng, người công nhân cung cấp khí nạp cho cột bọt khí ở dạng vi bọt khí. Các tác giả báo cáo rằng trong một nghiên cứu, sự chuyển khối thu được đối với thiết bị phản ứng cột bọt khí là cao hơn đối với thiết bị phản ứng thùng khuấy chủ yếu là do nhận được diện tích bề mặt chung lớn hơn đối với thiết bị phản ứng cột bọt khí. Tốt hơn là, thiết bị phản ứng lên men cột bọt khí quy mô thương mại là tương đối đơn giản về thiết kế và cấu trúc và cần tương đối ít năng lượng để hoạt động.

Trong đơn sáng chế Mỹ đang xử lý số [Sở ghi đại diện 2073], được nộp vào ngày nộp đơn kèm theo, các quy trình được bộc lộ để làm tăng tính năng của thiết bị lên men kỵ khí quy mô lớn. Trong các quy trình này, thiết bị phản ứng có độ sâu của dung môi chứa nước ít nhất là khoảng 10 mét được sử dụng, và khí nạp được cấp cho

dung môi chứa nước ở dạng thể phân tán khí trong chất lỏng ổn định. Dung môi chứa nước được khuấy cơ học ở tốc độ đủ để tạo ra hợp phần pha lỏng tương đối đồng nhất bên trong dung môi chứa nước mà không tác động bất lợi đến sự phân tán khí trong chất lỏng. Cho mục đích của sáng chế, thiết bị này được gọi là thiết bị phản ứng thùng phân bố lỏng được hỗ trợ cơ học, hoặc thiết bị phản ứng thùng MLD. Ít nhất một phần khí thải từ dung môi chứa nước được tuần hoàn để thu được hiệu quả chuyển hóa mol của tổng hydro và cacbon monoxit trong cơ chất khí thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa là ít nhất khoảng 80% trong thiết bị phản ứng một giai đoạn. Do đó, có thể đạt được sự tiết kiệm chi phí vốn và năng lượng so với thiết bị phản ứng thùng khuấy truyền thống.

Cho mục đích của sáng chế, cả thiết bị phản ứng lên men sâu cột bọt khí và thiết bị phản ứng thùng MLD quy mô lớn đều được cung cấp pha phân tán khí trong lỏng ổn định và sử dụng tốc độ khuấy thấp, được đề cập đến như là thiết bị phản ứng thùng sâu.

Thiết bị phản ứng thùng sâu sử dụng vi bọt khí có thể tạo ra các điều kiện thuận lợi về mặt kinh tế để chuyển hóa kỵ khí tổng hợp thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa, nhưng vẫn còn các khó khăn. Trong bài báo tổng quan trước đó của họ, Munasignhe, và cộng sự, báo cáo rằng sự chuyển khối khí-lỏng là trở ngại chính cho việc khuếch tán cơ chất dạng khí. Ở trang 5017, tác giả viết: "Việc hoạt động ở áp suất cao cải thiện tính tan của khí trong pha nước. Tuy nhiên, ở nồng độ cao hơn của cơ chất dạng khí, đặc biệt là CO, vi sinh vật kỵ khí bị kìm hãm."

Các công nhân khác hiểu rằng sự có mặt của cacbon monoxit dư thừa có thể tác động bất lợi đến vi sinh vật và hiệu suất của chúng. Xem các đoạn từ 0075 đến 0077 và từ 0085 đến 0086 của đơn sáng chế Mỹ đã được công bố số 20030211585 (Gaddy, và cộng sự) bộc lộ thiết bị phản ứng sinh học thùng khuấy liên tục để sản xuất etanol từ sự lên men vi sinh. Ở đoạn 0077, Gaddy, và cộng sự nêu ra rằng: "Sự có mặt của CO dư thừa không may là cũng dẫn đến sự chuyển hóa H₂ kém, mà có thể không được ưu tiên về mặt kinh tế. Kết quả của việc hoạt động kéo dài dưới sự ức chế cơ chất là sự hấp thụ H₂ kém. Điều này cuối cùng gây ra sự tiêu bào và cần thiết phải khởi động lại thiết bị phản ứng. Khi phương pháp này có kết quả không được định hướng trước về sự ức chế cơ chất CO (sự có mặt quá nhiều CO đối với tế bào sẵn có) trong

suốt quá trình phát triển ban đầu của môi trường nuôi cấy hoặc sau đó, tốc độ nạp khí và/hoặc tốc độ khuấy được giảm cho đến khi sự ức chế cơ chất được giảm bớt."

Ở đoạn 0085, Gaddy, và cộng sự, thảo luận việc cung cấp cacbon monoxit và hydro dư thừa. Các tác giả nói: "Sự dư thừa ít CO và H₂ thu được bằng cách đạt đến sự hoạt động ổn định và sau đó làm tăng dần tốc độ nạp khí và/hoặc tốc độ khuấy (sự gia tăng 10% hoặc ít hơn) cho đến khi sự chuyển hóa CO và H₂ bắt đầu giảm."

Đối với thiết bị phản ứng thùng sâu, chiều cao của dung môi chứa nước là nhân tố quyết định chính đối với thời gian tiếp xúc để sự chuyển hóa sinh học xảy ra. Chiều cao này cũng là nhân tố quyết định áp suất tĩnh ở phần đáy của thiết bị phản ứng. Áp suất càng cao dẫn đến kích thước bọt khí càng nhỏ và áp suất một phần càng cao mà cả hai điều này đều tăng cường hiệu quả chuyển khối và hiệu quả chuyển hóa cơ chất khí trong thiết bị phản ứng lên men. Do đó, trên quy mô thương mại, thiết bị phản ứng thùng sâu có độ sâu ít nhất khoảng 10 mét, tốt hơn là ít nhất khoảng 15 mét và sử dụng vi bọt khí của khí nạp để thu được hiệu quả chuyển hóa mol ít nhất khoảng 60 phần trăm trong tổng số hydro và cacbon monoxit được cung cấp cho thiết bị phản ứng. Tuy nhiên, các thông số hoạt động này làm tăng nguy cơ ức chế cacbon monoxit.

Nguy cơ ức chế cacbon monoxit trong thiết bị phản ứng thùng sâu là rõ ràng hơn trong giai đoạn khởi động. Thường khi khởi động, thiết bị phản ứng được cung cấp môi trường nuôi cấy vi sinh vật từ trang trại giống và kích thước của môi trường nuôi cấy bị hạn chế, thường tới khoảng 10 phần trăm hoặc thấp hơn nồng độ của môi trường nuôi cấy trong thiết bị phản ứng ở trạng thái ổn định. Thiết bị phản ứng sau đó được hoạt động để thu được sự phát triển mạnh mẽ của môi trường nuôi cấy đến mật độ mong muốn cho sự hoạt động ở trạng thái ổn định. Nồng độ môi trường nuôi cấy rất loãng dễ bị làm hỏng hơn môi trường nuôi cấy đặc hơn ở trạng thái ổn định. Đặc biệt là với thiết bị phản ứng quy mô thương mại, tức là, các thiết bị có dung tích lỏng là ít nhất 1 triệu, và thường là ít nhất khoảng 5, ví dụ, từ 5 đến 25 triệu lít, thể tích môi trường nuôi cấy đủ để làm đầy hoàn toàn dung tích của thiết bị phản ứng thường là không có sẵn. Do đó, thiết bị phản ứng có thể chỉ được làm đầy một phần với dung môi chứa nước và môi trường nuôi cấy trước hết phải được phát triển để làm tăng mật độ trong phần được làm đầy. Sau đó, chất lỏng bổ sung được thêm vào thiết bị phản ứng, và môi trường nuôi cấy phải để cho phát triển tiếp đến mật độ có thể tồn tại. Quy

trình này được tiếp tục cho đến khi thiết bị phản ứng thùng sâu đạt đến dung tích mong muốn của nó.

Để giảm thời gian cần để khởi động, có mong muốn cung cấp đủ cơ chất cho vi sinh vật phát triển mạnh mẽ. Tuy nhiên, để giảm nguy cơ vi sinh vật bị quá liều cacbon monoxit, thực tế thường cung cấp cơ chất khí dưới nhu cầu trong quá trình khởi động và do đó kéo dài khoảng thời gian của quy trình khởi động.

Do đó, các quy trình mong muốn nhằm thu được các lợi ích này được tạo ra bởi hệ thống lên men thùng sâu ở các điều kiện trạng thái ổn định có thể khởi động nhanh thiết bị phản ứng thùng sâu mà không gây ra nguy cơ làm hỏng môi trường nuôi cấy vi sinh vật quá mức.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo sáng chế, thiết bị phản ứng lên men thùng sâu để chuyển hóa sinh học kỵ khí cơ chất khí chứa cacbon monoxit, hydro và cacbon đioxit trong dung môi chứa nước chứa vi sinh vật thích hợp để chuyển hóa cơ chất này thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa được khởi động sử dụng chiều cao ban đầu của dung môi chứa nước thấp trong thiết bị phản ứng và ít nhất một máy phun sử dụng chất lỏng động để điều biến sự cấp khí nạp vào dung môi chứa nước để tạo ra sự phát triển mạnh mẽ của môi trường nuôi cấy vi sinh vật đồng thời giảm nguy cơ ức chế cacbon monoxit. Việc điều biến sự cấp khí nạp được thực hiện bằng cách điều chỉnh tỷ lệ dòng khí:lỏng và lưu lượng chất lỏng đến máy phun và bằng cách điều chỉnh phần mol cacbon monoxit trong khí nạp bằng cách trộn với ít nhất một khí khác. Chất lỏng động còn tạo ra lực để gây ra dòng trong dung môi chứa nước để làm giảm nguy cơ cung cấp quá mức cục bộ cacbon monoxit.

Theo một khía cạnh rộng, quy trình theo sáng chế để khởi động thiết bị phản ứng thùng sâu đối với sự chuyển hóa sinh học kỵ khí của cơ chất khí chứa cacbon monoxit, hydro và cacbon đioxit trong dung môi chứa nước chứa vi sinh vật thích hợp để chuyển hóa cơ chất này thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa bao gồm:

a. tạo lớp phủ cho thiết bị phản ứng ở phía trên dung môi chứa nước trong khoảng không phía trên với ít nhất một trong số cacbon đioxit, nitơ, và alkan bậc thấp trừ oxy;

b. cung cấp ban đầu dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng đến độ sâu thấp hơn khoảng 10 mét, tốt hơn là thấp hơn khoảng 7 mét, và đôi khi là thấp hơn khoảng 5 mét, dung môi chứa nước này ở trong các điều kiện lên men và có nồng độ vi sinh vật nằm trong khoảng từ 0,03 đến 3 g/l;

c. cung cấp liên tục khí nạp vào phần đáy của thiết bị phản ứng, việc nạp khí này ở tốc độ đủ để làm tăng nồng độ vi sinh vật, khí nạp chứa cơ chất khí vào phần đáy của thiết bị phản ứng qua ít nhất một máy phun, tốt hơn là hai hoặc nhiều hơn hai máy phun, sử dụng chất lỏng động, tốt hơn là thu được từ dung môi chứa nước, để tạo ra vi bọt khí có đường kính nhỏ hơn khoảng 500 micromét, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20 đến 300 micromét; và

d. làm tăng gián đoạn hoặc liên tục thể tích của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng này đến dung tích mong muốn trong khi vẫn làm tăng nồng độ vi sinh vật đến khoảng từ 3 đến 500 lần so với trong bước (b), tốt hơn là đến khoảng từ 1 đến 10 g/l,

trong đó bằng ít nhất một trong số các bước:

(i) điều chỉnh tỷ lệ dòng khí: lỏng qua máy phun,

(ii) thay đổi lưu lượng chất lỏng qua máy phun, và

(iii) điều chỉnh phần mol cacbon monoxit trong khí nạp bằng cách trộn với ít nhất một khí khác,

sự chuyển khối của cacbon monoxit vào dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng được điều biến để thu được sự phát triển của bước (c) nhưng vẫn duy trì nồng độ cacbon monoxit trong dung môi chứa nước thấp hơn lượng dẫn đến sự ức chế cacbon monoxit.

Việc các giai đoạn khởi động ban đầu được thực hiện sử dụng vi bọt khí là không cần thiết. Do thể tích dung môi chứa nước giảm lúc bắt đầu khởi động và thường nồng độ vi sinh vật thấp, thường rất ít hợp chất hữu cơ được oxy hóa có khả năng được tạo ra. Do đó, tốc độ chuyển khối của cacbon monoxit và hydro là không quan trọng về mặt kinh tế như ở giai đoạn khởi động sau. Do đó, theo một khía cạnh của sáng chế, một phần đến về cơ bản là tất cả khí nạp có thể được cung cấp dưới dạng bọt khí lớn hơn 500 micromét, ví dụ, khoảng từ 1 đến 5 micromét. Tuy nhiên, giai

đoạn sau của quy trình khởi động theo sáng chế ít nhất khoảng 25, tốt hơn là ít nhất khoảng 50 phần trăm thể tích khí nạp được cung cấp ở dạng vi bọt khí, đặc biệt là sau khi chiều cao của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng thùng sâu là ít nhất khoảng 8 mét, thường ít nhất khoảng 5 mét.

Theo khía cạnh được ưu tiên của quy trình theo sáng chế, trong các pha đầu của quy trình khởi động, chiều cao của dung môi chứa nước là đủ thấp mà máy phun có thể được sử dụng trong các điều kiện giống như ống khuếch tán để cho phép tuần hoàn khí ở giữa. Nếu muốn, máy thổi có thể được sử dụng để tạo thuận lợi cho việc nhận được lưu lượng tuần hoàn mong muốn của khoảng không phía trên.

Máy phun có thể có thiết kế thích hợp bất kỳ. Máy phun tia, đặc biệt là máy phun có rãnh, thường được ưu tiên, đặc biệt là chiều cao dung môi chứa nước lớn hơn nhận được trong quy trình khởi động. Máy phun có rãnh có tỷ lệ thu nhỏ cao đối với lưu lượng chất lỏng động với mỗi máy phun được sử dụng trong khi vẫn cho sự hình thành vi bọt khí tốt. Nói chung, đường kính bọt khí trong thùng giảm khi tốc độ của dòng chất lỏng động tăng. Vi bọt khí càng nhỏ có diện tích bề mặt trên một đơn vị thể tích càng cao mà có xu hướng làm tăng sự chuyển khối tốc độ của khí từ vi bọt khí vào chất lỏng xung quanh, tất cả các thứ khác vẫn bằng nhau. Việc làm tăng chất lỏng động lưu lượng qua máy phun cũng có xu hướng làm tăng quá trình khuấy giúp tăng cường sự trộn theo trục của vi bọt khí trong thiết bị phản ứng, đặc biệt là ở mức dung môi chứa nước thấp hơn được sử dụng ở lúc bắt đầu khởi động. Bằng cách điều biến lưu lượng lỏng và khí đến máy phun có rãnh, cũng có thể tạo ra bọt khí lớn hơn, ví dụ, có đường kính lớn hơn 1 mm, để tăng cường quá trình trộn dung môi chứa nước. Ngoài ra, việc điều biến có thể làm cho kích thước vi bọt khí cần được tạo ra mà dẫn đến sự phân tán ổn định khí trong nước.

Theo khía cạnh được ưu tiên của quy trình theo sáng chế, khí nạp chứa khí được tuần hoàn từ khoảng không phía trên và khí được tuần hoàn được sử dụng làm khí điều biến. Phương thức điều biến này có thể được sử dụng để kiểm soát phần mol cacbon monoxit trong khí nạp được cung cấp bởi một hoặc nhiều máy phun. Khí được tuần hoàn có thể chứa về cơ bản là tất cả khí nạp được cung cấp bởi một hoặc nhiều máy phun và tạo ra tác dụng điều biến lên nồng độ cacbon monoxit được hòa tan trong dung môi chứa nước. Hợp phần khí trong khoảng không phía trên sẽ thay đổi khi quy

trình khởi động tiến hành. Ví dụ, khi khí phủ trong khoảng không phía trên ban đầu là nitơ hoặc cacbon đioxit, khi quy trình tiến hành, cacbon monoxit, hydro và đồng sản phẩm cacbon đioxit chưa phản ứng từ quá trình chuyển hóa cacbon monoxit thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa sẽ đi vào khoảng không phía trên. Do đó, khí được tuần hoàn sẽ trở thành nguồn cơ chất khí cho khí nạp. Do đó, khi môi trường nuôi cấy phát triển, khí tuần hoàn có thể cung cấp cho khí nạp phần mol cacbon monoxit thấp hơn của cơ chất khí và nhờ đó tạo ra tác dụng điều biến. Sự tuần hoàn này làm tăng một cách thuận lợi hiệu quả chuyển hóa của cacbon monoxit và hydro chứa trong nguồn cấp mới.

Theo khía cạnh được ưu tiên khác của quy trình theo sáng chế, ít nhất hai máy phun được sử dụng và được sắp xếp theo trình tự với mật độ của môi trường nuôi cấy trong dung môi chứa nước và chiều cao của dung môi chứa nước, tức là, thời gian tiếp xúc sẵn có giữa pha khí và lỏng trong thiết bị phản ứng. Bằng cách sắp xếp theo trình tự, máy phun có thể tắt hoặc có thể có hợp phần khí nạp khác với máy phun khác hoặc có thể có tốc độ nạp chất lỏng động khác với máy phun khác hoặc có thể có tỷ lệ khí nạp:chất lỏng nạp động khác với máy phun khác.

Theo khía cạnh rộng khác, quy trình theo sáng chế để khởi động thiết bị phản ứng thùng sâu cho quá trình chuyển hóa sinh học kỵ khí cơ chất khí chứa cacbon monoxit, hydro và cacbon đioxit trong dung môi chứa nước chứa vi sinh vật thích hợp để chuyển hóa cơ chất đã nói thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa, bao gồm các bước:

a. tạo lớp phủ cho thiết bị phản ứng ở phía trên dung môi chứa nước trong khoảng không phía trên với ít nhất một trong số cacbon đioxit, nitơ, và alkan bậc thấp trừ oxy;

b. cung cấp liên tục khí nạp vào phần đáy của thiết bị phản ứng, khí nạp này ở tốc độ đủ để làm tăng nồng độ vi sinh vật, khí nạp này chứa cơ chất khí đến phần đáy của thiết bị phản ứng thông qua ít nhất một máy phun, tốt hơn là hai hoặc nhiều hơn hai máy phun, sử dụng chất lỏng động, tốt hơn là thu được từ dung môi chứa nước, để tạo thành vi bọt khí có đường kính nhỏ hơn khoảng 500 micromét, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20 đến 300 micromét; và

c. hoạt động chủ yếu là theo phương thức lưu chất lỏng cho đến khi nồng độ vi sinh vật nằm trong khoảng từ 3 đến 500 lần trong bước (b), tốt hơn là đến khoảng từ 1 đến 10 g/l.

Phương thức lưu chất lỏng bao hàm hoạt động của thiết bị phản ứng trong đó về cơ bản là không có dung môi chứa nước được tháo ra từ thiết bị phản ứng cho mục đích dòng sản phẩm hoặc làm sạch sản phẩm. Tốt hơn là nồng độ của hợp chất hữu cơ được oxy hóa trong dung môi chứa nước được duy trì thấp hơn mà tác động bất lợi không phù hợp đến tốc độ phát triển của môi trường nuôi cấy vi sinh vật. Tốt hơn là, thể tích của dung môi chứa nước được tăng trong quá trình khởi động, và nồng độ của hợp chất hữu cơ được oxy hóa được duy trì thấp hơn mà tác động bất lợi không phù hợp đến tốc độ phát triển của môi trường nuôi cấy vi sinh vật bằng cách làm tăng gián đoạn hoặc liên tục thể tích của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng.

Như được thể hiện ở trên, các giai đoạn ban đầu của quá trình khởi động có thể bao gồm bước cung cấp khí nạp ở dạng bọt khí lớn hơn vì bọt khí.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là hình mô tả dạng sơ đồ về thiết bị phản ứng lên men cột bọt khí có khả năng sử dụng quy trình khởi động theo sáng chế.

Fig. 2 là đồ thị sắp xếp trình tự đại diện cho một kiểu khởi động sử dụng quy trình theo sáng chế.

Fig. 3 là hình mô tả dạng sơ đồ về thiết bị phản ứng trộn chất lỏng sâu có khả năng sử dụng quy trình khởi động theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Định nghĩa

Hợp chất hữu cơ được oxy hóa là một hoặc nhiều hợp chất hữu cơ chứa từ hai đến sáu nguyên tử cacbon được chọn từ nhóm gồm axit carboxylic béo và muối, alkanol và muối alkoxit, và aldehyt. Thông thường, hợp chất hữu cơ được oxy hóa là hỗn hợp các hợp chất hữu cơ được tạo ra bởi vi sinh vật chứa trong dung môi chứa nước.

Sự ức chế cacbon monoxit nghĩa là vi sinh vật bị tác động bất lợi bởi nồng độ cao của cacbon monoxit hòa tan trong dung môi chứa nước dẫn đến bị giảm đáng kể, ví dụ, giảm ít nhất 15 phần trăm, chuyển hóa cacbon monoxit hoặc hydro với mỗi g tế bào hoạt động trong một lít, tất cả các điều kiện khác vẫn giữ nguyên. Nồng độ cao của cacbon monoxit hòa tan nghĩa là sự chuyển hóa cao hơn của cacbon monoxit hoặc hydro với mỗi g tế bào hoạt động trong một lít xảy ra ở nồng độ hòa tan thấp của cacbon monoxit. Tác dụng ức chế có thể xảy ra trong vùng được khoan vùng trong dung môi chứa nước; tuy nhiên, việc xảy ra sự ức chế cacbon monoxit thường được quan sát bằng cách đánh giá tốc độ hoạt động cụ thể, tức là, khối lượng tiêu thụ sinh học/khối lượng vi sinh vật hoạt tính/đơn vị thời gian, mà trong điều kiện trạng thái ổn định có thể được ước chừng bằng sự chuyển hóa toàn bộ thể tích dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng. Nồng độ cacbon monoxit được hòa tan trong dung môi chứa nước mà dẫn đến sự ức chế cacbon monoxit thay đổi tùy vào chủng vi sinh vật và điều kiện lên men.

Dung môi chứa nước là pha nước lỏng mà có thể chứa các hợp chất được hòa tan gồm, nhưng không giới hạn ở hydro, cacbon monoxit, và cacbon dioxit.

Khởi động thiết bị phản ứng, cho mục đích của sáng chế, nghĩa là hoạt động bắt đầu quá trình tiêu thụ sinh học cacbon monoxit bởi vi sinh vật trong thiết bị phản ứng được làm đầy một phần bằng dung môi chứa nước và bổ sung liên tục hoặc gián đoạn nước để làm tăng thể tích của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng. Khởi động tiếp diễn ít nhất là cho đến khi sự tăng bổ sung thể tích của dung môi chứa nước không còn quan tâm đến mật độ tế bào vi sinh vật. Tốt hơn là, việc khởi động tiếp diễn cho đến khi hợp chất hữu cơ được oxy hóa được tạo ra ở tốc độ đủ để thu hồi liên tục sản phẩm.

Sự loại trừ cơ bản oxy nghĩa là nồng độ oxy phân tử trong khí thấp hơn khoảng 200, tốt hơn là thấp hơn khoảng 100 phần triệu theo thể tích.

Gián đoạn nghĩa là thỉnh thoảng và có thể là ở các khoảng thời gian đều đặn hoặc không đều.

Nồng độ hợp chất hữu cơ được oxy hóa thấp hơn nồng độ mà tác động bất lợi không phù hợp đến tốc độ phát triển của môi trường nuôi cấy vi sinh vật sẽ phụ thuộc vào loại vi sinh vật và hợp chất hữu cơ được oxy hóa. Tác dụng bất lợi không phù hợp

đến tốc độ phát triển nghĩa là sự giảm đáng kể, thường là ít nhất 20 phần trăm, tốc độ phát triển vi sinh vật được quan sát khi so với tốc độ phát triển quan sát thấy trong dung môi chứa nước có khoảng 10 g/l hợp chất hữu cơ được oxy hóa trong đó, tất cả các thông số khác về cơ bản là giống nhau.

Tính đồng nhất trong thể phân tán pha khí nghĩa là vi bọt khí của khí ở điểm bất kỳ trong dung môi chứa nước có phần mol của cacbon monoxit mà không thay đổi nhiều hơn 20 phần trăm.

Sự phân tán ổn định khí trong lỏng nghĩa là hỗn hợp bọt khí trong lỏng ở đó bọt khí có xu hướng chảy theo cùng chiều như chất lỏng, và sự phân tán đủ ổn định để nó tồn tại xuyên qua dung môi chứa nước ngay cả khi kích thước bọt khí thay đổi và bọt khí lớn hơn tồn tại.

Tổng quan

Quy trình theo sáng chế đề cập đến quy trình khởi động thiết bị phản ứng lên men thùng sâu để chuyển hóa kỵ khí cơ chất khí chứa cacbon monoxit, hydro và cacbon đioxit thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa như etanol, axit axetic, propanol, axit propionic, butanol và axit butyric. Quy trình làm cho có thể phát triển nhanh chóng môi trường nuôi cấy vi sinh vật trong thiết bị phản ứng trong khi vẫn tránh được sự ức chế cacbon monoxit.

Cơ chất và khí nạp

Lên men kỵ khí để tạo ra hợp chất hữu cơ được oxy hóa sử dụng cơ chất chứa cacbon monoxit, cacbon đioxit và hydro, chất sau là chất dùng cho con đường chuyển hóa hydro. Khí nạp sẽ thường chứa nitơ và metan ngoài cacbon monoxit và hydro. Khí tổng hợp là một nguồn của cơ chất khí này. Khí tổng hợp có thể được tạo ra từ nhiều nguyên liệu cấp cacbon. Nguồn này gồm các nguồn hydrocacbon như khí tự nhiên, khí sinh học, sinh khối, đặc biệt là sinh khối từ gỗ, khí được tạo ra bằng cách cải tạo nguyên liệu chứa hydrocacbon, than bùn, than cốc dầu hỏa, than đá, nguyên liệu thải như rác vụn từ sự xây dựng và phá hủy, chất thải rắn đô thị, và khí bãi rác. Khí tổng hợp thường được sinh ra bởi bộ khí hóa. Nguồn bất kỳ trong số các nguồn sinh khối nói trên đều thích hợp để sản xuất khí tổng hợp. Khí tổng hợp đã sản xuất nhờ đó sẽ thường chứa từ 10 đến 60% mol CO, từ 10 đến 25% mol CO₂ và từ 10 đến 60% mol

H₂. Khí tổng hợp còn có thể chứa N₂ và CH₄ cũng như các thành phần vi lượng như H₂S và COS, NH₃ và HCN. Các nguồn cơ chất khí khác gồm khí được tạo ra trong quá trình xử lý dầu hỏa và hóa dầu. Các khí này có thể có các hợp phần về cơ bản là khác khí tổng hợp thông thường, và có thể là hydro về cơ bản là tinh khiết hoặc cacbon monoxit về cơ bản là tinh khiết. Cơ chất khí có thể thu được trực tiếp từ sự khí hóa hoặc từ quá trình xử lý dầu hỏa và hóa dầu hoặc có thể thu được bằng cách trộn hai hoặc nhiều dòng. Tương tự, cơ chất khí có thể được xử lý để loại bỏ hoặc thay đổi hợp phần gồm, nhưng không giới hạn ở, loại bỏ các thành phần bằng phương pháp hấp phụ hóa học hoặc vật lý, phân tách màng, và phản ứng chọn lọc. Các thành phần có thể được thêm vào cơ chất khí như nitơ hoặc khí bổ trợ như amoniac và hydro sulfua.

Để cho dễ đọc, thuật ngữ khí tổng hợp sẽ được sử dụng trong bản mô tả và được nhằm bao gồm các cơ chất khí khác này.

Thiết bị phản ứng lên men thùng sâu và phủ

Thiết bị phản ứng lên men thùng sâu có thể ở dạng bất kỳ mà tạo ra độ sâu đáng kể của dung môi chứa nước. Thiết bị phản ứng thùng sâu có thể tích đủ để quy trình lên men là có sẵn trên thị trường. Tốt hơn là thiết bị phản ứng thùng sâu được thiết kế để chứa ít nhất 1 triệu, và tốt hơn nữa là ít nhất khoảng 5, cụ thể là từ 5 đến 25 triệu lít dung môi chứa nước. Thiết bị phản ứng này được đặc trưng bởi chiều cao ít nhất khoảng 10, thường nằm trong khoảng từ 10 đến 30 mét và tỷ lệ co giữa chiều cao và đường kính là ít nhất khoảng 0,5:1, cụ thể là từ 0,5:1 đến 5:1, tốt hơn là trong khoảng từ 0,75:1 đến 3:1. Thường, thiết bị phản ứng quy mô thương mại được đặc trưng bởi chiều rộng là ít nhất khoảng 5, tốt hơn là ít nhất khoảng 7, cụ thể là nằm trong khoảng từ 7 đến 30 mét. Mặc dù thiết bị phản ứng thường có tiết diện ngang hình tròn, các cấu trúc tiết diện ngang khác cũng có thể được sử dụng với điều kiện là tính đồng nhất trong pha lỏng được thu nhận. Độ sâu của dung môi chứa nước trong các điều kiện sản xuất ở trạng thái ổn định sẽ chiếm gần như toàn bộ chiều cao của thiết bị phản ứng lên men. Chiều cao của dung môi chứa nước sẽ tạo ra một gradien áp suất thủy tĩnh dọc theo trục của thiết bị phản ứng.

Thiết bị phản ứng thùng sâu có thể là thiết bị phản ứng trộn chất lỏng hoặc tốt hơn là thiết bị phản ứng cột bọt khí. Thiết bị phản ứng cột bọt khí có thể chứa các thiết bị thúc đẩy dọc trục như van đổi hướng, ống hút xuống và tương tự mặc dù các thiết bị

này làm tăng chi phí vốn của thiết bị phản ứng. Do đó, hầu hết các thiết bị phản ứng cột bọt khí không chứa các thiết bị này.

Thiết bị phản ứng trộn chất lỏng sử dụng một hoặc nhiều máy khuấy cơ học. Việc khuấy cơ học cần phải đủ để thúc đẩy tính đồng nhất của hợp phần lỏng qua thiết bị phản ứng và không cần, và tốt hơn là không, được sử dụng làm bộ sinh phần đáng kể các bọt khí. Thường hai hoặc hơn hai máy khuấy cơ học được sử dụng ở các chiều cao khác nhau với các thiết bị phản ứng tỷ lệ dài rộng cao hơn. Thiết kế của máy khuấy cơ học đối với thiết bị phản ứng thùng khuấy và cách bố trí của chúng trong thiết bị phản ứng cho các thùng đường kính rất lớn là đã biết với nhà thiết kế thiết bị phản ứng thùng khuấy. Các cánh khuấy bên hoặc máy trộn có cánh khuấy được gắn ở bên cạnh thường được sử dụng. Các cánh khuấy hướng trục đôi khi được sử dụng cho các thùng sâu có đường kính nhỏ hơn khoảng 5 hoặc 7 mét. Tốt hơn là, thiết kế của máy khuấy cơ học và việc bố trí trong thiết bị phản ứng có tính đến phí tổn năng lượng trong việc tạo ra dòng chất lỏng để thu được tính đồng nhất của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng.

Bằng cách sử dụng chất lỏng chuyển động trong máy phun để tạo ra các vi bọt khí để phân tán, hơn là khuấy cơ học, các tiết kiệm năng lượng được thực hiện. Hơn nữa, máy phun có thể cung cấp sự kiểm soát tốt hơn về kích thước của các vi bọt khí. Tốt hơn là, sự khuấy cơ học không quá mạnh đến mức làm hỏng quá mức vi sinh vật, nhưng vẫn đủ để nhận được tính đồng nhất mong muốn của pha lỏng trong thiết bị phản ứng. Thiết bị phản ứng trộn chất lỏng có thể chứa van đổi hướng hoặc thiết bị dẫn dòng tĩnh khác.

Vì lên men là kỵ khí, thiết bị phản ứng lên men thùng sâu phải được bịt kín và không chứa lượng oxy có hại, thường thấp hơn 200, tốt hơn là thấp hơn khoảng 100, phần triệu thể tích khí phủ hoặc khí nạp hoặc nguồn khác. Do đó, để khởi động, thùng phải được làm đầy bằng khí không chứa oxy hoạt tính. Mặc dù nhiều loại khí để phủ có thể được sử dụng, như các khí chứa cacbon đioxit, nitơ hoặc alkan bậc thấp, ví dụ, alkan có từ 1 đến 3 nguyên tử cacbon như metan và khí tự nhiên, các cân nhắc về phí tổn và tính sẵn có đóng vai trò trong việc lựa chọn khí phủ cũng như tính chấp nhận được của nó đối với quy trình lên men kỵ khí và các hoạt động bộ phận tiếp theo. Do đó, metan và các hydrocacbon dạng khí thông thường khác không được ưu tiên. Tương

tự, khí thải từ một hoặc nhiều thiết bị phản ứng lên men kỵ khí có thể được sử dụng để phủ ban đầu đặc biệt là nếu nồng độ cacbon monoxit trong khí thải thấp hơn khoảng 20, tốt hơn là thấp hơn khoảng 15 phần trăm mol.

Quy trình theo sáng chế, như được nêu trên đây, có thể sử dụng hiệu quả các khí phủ này. Sau khi việc khởi động được bắt đầu, hợp phần khí trong khoảng không phía trên sẽ thay đổi như cacbon monoxit và hydro chưa phản ứng và các thành phần khác có trong khí tổng hợp chưa được tiêu thụ trong giai đoạn ban đầu đi qua dung môi chứa nước, sẽ trộn với khí đang tồn tại trong khoảng không phía trên. Các khí phủ ban đầu được ưu tiên chứa khoảng từ 0 đến 50, tốt hơn là từ 0 đến 20 phần trăm mol cacbon monoxit; khoảng từ 0 đến 70 phần trăm mol cacbon đioxit; khoảng từ 0 đến 50, tốt hơn là 0 đến 20 phần trăm mol hydro; từ 0 đến 100 phần trăm mol nitơ và từ 0 đến 100 phần trăm mol alkan bậc thấp.

Việc phủ có thể được thực hiện theo cách thích hợp bất kỳ với điều kiện là oxy hoạt tính bị loại bỏ về cơ bản.

Các hợp chất được oxy hóa và vi sinh vật

Việc khởi động thiết bị phản ứng thùng sâu gồm bước cung cấp môi trường nuôi cấy vi sinh vật, hoặc chất nuôi cấy, trong dung môi chứa nước cho thiết bị phản ứng và sau đó phát triển môi trường nuôi cấy và làm tăng chiều cao của dung môi chứa nước đến mức nhằm đích để tạo ra trạng thái ổn định. Các hợp chất hữu cơ được oxy hóa được sinh ra trong quy trình theo sáng chế sẽ phụ thuộc vào vi sinh vật được sử dụng để lên men và các điều kiện lên men. Chuyển hóa sinh học của CO và H₂/CO₂ thành axit axetic, n-butanol, axit butyric, etanol và các sản phẩm khác là đã biết. Ví dụ, phần mô tả ngắn gọn của các con đường hóa sinh và các động lực của chuyển hóa sinh học được tổng kết bởi Das, A. and L.G. Ljungdahl, Electron Transport System in Acetogens and by Drake, H.L. and K. Kusel, Diverse Physiologic Potential of Acetogens, appearing respectively as Chapters 14 và 13 of Biochemistry và Physiology of Anaerobic Bacteria, L.G. Ljungdahl eds., Springer (2003). Vi sinh vật thích hợp bất kỳ có khả năng chuyển hóa các thành phần khí tổng hợp: CO, H₂, CO₂ riêng hoặc kết hợp với nhau hoặc với các thành phần khác thường có mặt trong khí tổng hợp có thể được sử dụng. Vi sinh vật thích hợp và/hoặc các điều kiện phát triển có thể gồm những cái được bộc lộ trong đơn sáng chế Mỹ số 11/441,392, nộp ngày

25/5/2006, có tên sáng chế "Lên men sinh khối gián tiếp hoặc trực tiếp thành cồn nhiên liệu" mà bộc lộ môi trường nuôi cấy vi sinh vật *Clostridium carboxidivoran* thuần sinh học có tất cả các đặc điểm nhận diện của số ATCC BAA-624; Patent Mỹ số 7,704,723 có tên sáng chế "Phân lập và mô tả đặc điểm các loài Clostridial mới", bộc lộ môi trường nuôi cấy vi sinh vật *Clostridium ragsdalei* thuần sinh học, có tất cả các đặc điểm nhận diện của số BAA-622; cả hai tài liệu này đều được kết hợp trong bản mô tả bằng cách tham khảo. *Clostridium carboxidivoran* có thể được sử dụng, ví dụ, để lên men khí tổng hợp thành etanol và/hoặc n-butanol. *Clostridium ragsdalei* có thể được sử dụng, ví dụ, để lên men khí tổng hợp thành etanol.

Vi sinh vật và điều kiện phát triển thích hợp gồm vi khuẩn kỵ khí *Butyribacteria methylotrophicum*, có đặc điểm nhận diện là ATCC 33266 mà có thể được làm cho thích nghi với CO và được sử dụng và điều này làm cho có thể sản xuất n-butanol cũng như axit butyric như được hướng dẫn trong tài liệu: "Evidence for Production of n-Butanol from Carbon monoxide by *Butyribacteria methylotrophicum*" *Journal of Fermentation and Bioengineering*, vol. 72, 1991, p. 58-60; "Production of butanol and ethanol from syngas via fermentation," *FUEL*, vol. 70, 5/1991, p. 615-619. Vi sinh vật thích hợp khác gồm: *Clostridium Ljungdahlii*, với các chủng có đặc điểm nhận diện là ATCC 49587 (US-A- 5,173,429) và ATCC 55988 và 55989 (US-A-6,136,577) giúp có thể sản xuất etanol cũng như axit axetic; *Clostridium autoethanogenum* sp. nov., an anaerobic bacteria that produces ethanol from carbon monoxide. Jamal Abrini, Henry Naveau, Edmond-Jacques Nyns, *Arch Microbiol.*, 1994, 345-351; *Archives of Microbiology* 1994, 161: 345-351; và *Clostridium Coskatii* có đặc điểm nhận diện là ATCC No. PTA- 10522 nộp với đơn sáng chế Mỹ số 12/272320 ngày 19/3/2010. Tất cả các tài liệu này được kết hợp trong bản mô tả.

Dung môi chứa nước và điều kiện lên men

Dung môi chứa nước sẽ gồm huyền phù gốc nước chứa các vi sinh vật và các chất bổ sung môi trường khác nhau. Vi sinh vật thích hợp thường sống và phát triển dưới các điều kiện kỵ khí, nghĩa là oxy được hòa tan cần phải vắng mặt trong quá trình lên men lỏng. Các chất bổ trợ khác với dung môi chứa nước có thể gồm chất đệm, kim loại vi lượng, vitamin, muối v.v.. Các điều chỉnh trong dung môi có thể gây ra các điều kiện khác nhau ở các lần khác nhau như điều kiện phát triển và không phát triển mà sẽ

tác động đến năng suất của vi sinh vật. Patent Mỹ 7,704,723 đã được tham khảo trước đó bộc lộ các điều kiện và hàm lượng của dung môi chứa nước thích hợp để chuyển hóa sinh học CO và H₂/CO₂ bằng cách sử dụng vi sinh vật kỵ khí.

Trên đỉnh của vùng lên men sâu, cột bọt khí có thể chịu áp suất, ở áp suất khí quyển, hoặc thấp hơn áp suất môi trường. Dung môi được duy trì dưới các điều kiện lên men kỵ khí gồm nhiệt độ thích hợp, ví dụ trong khoảng từ 25° đến 60°C, thường là trong khoảng từ 30° đến 40°C. Các điều kiện lên men, gồm mật độ vi sinh vật, hợp phần dung môi chứa nước, và độ sâu vùng lên men, tốt hơn là đủ để nhận được hiệu quả chuyển hóa mong muốn của hydro và cacbon monoxit.

Thời gian lưu trong thùng của khí trong vùng lên men (thời gian trong thùng để bọt khí di chuyển từ điểm đưa vào đến bề mặt trên của dung môi) sẽ phụ thuộc vào không chỉ độ sâu của dung môi chứa nước mà còn kích thước của bọt khí khi được đưa vào và dòng chất lưu bên trong thiết bị phản ứng. Do đó, thời gian lưu sẽ thay đổi khi chiều cao của dung môi chứa nước tăng trong quá trình khởi động.

Bắt đầu khởi động:

Để khởi động, thùng ban đầu được nạp dung môi chứa nước chứa hỗn hợp vi sinh vật và chất dinh dưỡng lên đến chiều cao khoảng 10 mét, tốt hơn là trong khoảng từ 1,5 đến 5 hoặc 7 mét. Bằng cách duy trì mức thấp của dung môi chứa nước và áp suất trên đỉnh thấp, tốc độ chuyển cacbon monoxit từ pha khí thành pha lỏng có thể được điều biến dễ dàng nhờ đó làm giảm nguy cơ ức chế cacbon monoxit. Ưu điểm nữa được tạo ra bằng cách sử dụng mức thấp của dung môi chứa nước ở thời điểm bắt đầu khởi động là ở chỗ tỷ lệ lưu lượng chất lỏng động với thể tích dung môi chứa nước có thể cao hơn và nhờ đó tăng cường khả năng trộn của dung môi chứa nước và tạo ra sự phân bố đồng nhất hơn của pha khí trong dung môi chứa nước, đặc biệt là đối với thiết bị phản ứng cột bọt khí sâu. Đặc biệt là khi nhiều hơn một máy phun được sử dụng, máy phun có thể được sử dụng duy nhất vì mục đích tạo ra bước trộn, tức là, chỉ chất lỏng động được đưa vào bởi máy phun.

Dung môi chứa nước ban đầu thường chứa lượng cây của dung môi chứa nước từ trang trại giống hoặc vi sinh vật được làm khô lạnh hoặc không hoạt động với phần còn lại là chất mang gốc nước chứa chất dinh dưỡng và các chất bổ trợ khác để lên

men. Mật độ vi sinh vật ban đầu trong lần nạp ban đầu trong khoảng từ 0,03 đến 3, thường trong khoảng từ 0,05 đến 1 g/l.

Nồng độ ban đầu của cacbon monoxit hòa tan trong dung môi chứa nước cần đủ để có thể nuôi vi sinh vật, nhưng tốt hơn là dưới bão hòa trong các điều kiện lên men, ví dụ, trong khoảng từ 0,01 đến 0,1 mmol của cacbon monoxit hòa tan với mỗi lít dung môi chứa nước.

Việc nạp cơ chất khí có thể bắt đầu trước khi, đồng thời với và ngay sau khi dung môi chứa nước ban đầu được đưa vào môi trường nuôi cấy vi sinh vật. Cacbon monoxit trong cơ chất khí cần được cung cấp ở tốc độ và dưới các điều kiện mà tốc độ của sự chuyển khối vào dung môi chứa nước đạt xấp xỉ tốc độ môi trường nuôi cấy vi sinh vật trong dung môi chứa nước chuyển hóa cacbon monoxit, nhờ đó duy trì nồng độ cacbon monoxit hòa tan dưới mức ức chế. Nhiều tác nhân tác động đến tốc độ chuyển khối, gồm, nhưng không bị giới hạn ở, phần mol của cacbon monoxit trong pha khí, nồng độ của cacbon monoxit trong pha lỏng liền kề, kích thước bọt khí, và áp suất thủy tĩnh.

Sự cân bằng giữa cơ chất khí tạo ra đủ để vi sinh vật khỏe mạnh phát triển và sự ức chế cacbon monoxit trong quá trình vận hành khởi động có thể được giám sát theo nhiều cách thuận lợi. Ví dụ, cấp khí nạp, nồng độ cacbon monoxit trong khí nạp, và kích thước vi bọt khí có thể được thiết lập dựa trên sự duy trì nồng độ không đổi của cacbon monoxit trong dung môi chứa nước. Các thông số khác có thể được giám sát và được sử dụng để điều chỉnh các biến số này gồm sự tiêu thụ cacbon monoxit và hydro thực, sự sinh cacbon đioxit thực, mật độ vi sinh vật và tốc độ sinh ra hợp chất hữu cơ được oxy hóa. Tương tự, việc cấp khí nạp, nồng độ cacbon monoxit trong khí nạp, và kích thước vi bọt khí có thể được điều chỉnh để tạo ra tốc độ chuyển khối của cacbon monoxit vào dung môi chứa nước kết hợp với tốc độ tiêu thụ cacbon monoxit bởi môi trường nuôi cấy vi sinh vật trong dung môi chứa nước. Do đó, khi môi trường nuôi cấy phát triển, việc điều biến xảy ra để làm tăng sự chuyển khối để đáp ứng các nhu cầu của môi trường nuôi cấy. Kích thước của môi trường nuôi cấy có thể thu được bằng cách xác định mật độ tế bào sống hoặc thông qua việc áng chừng từ mật độ quang của dung môi.

Phun khí nạp

Quy trình theo sáng chế sử dụng ít nhất một máy phun bằng cách sử dụng chất lỏng động để cung cấp khí nạp cho dung môi chứa nước. Khí nạp gồm khí tổng hợp mới hoặc cơ chất khí khác cũng như khí được tuần hoàn từ khoảng không phía trên và khí bất kỳ khác được nạp cho thiết bị phản ứng vì mục đích bất kỳ, gồm nhưng không giới hạn ở dạng khí hỗ trợ và chất pha loãng. Tốt hơn là, thiết bị phản ứng chứa 2 hoặc nhiều hơn 2 máy phun, và thiết bị phản ứng quy mô thương mại sẽ thường chứa ít nhất 2, thường là từ 4 đến 8 hoặc 10, phần bên của máy phun có 100 hoặc hơn 100 máy phun. Số lượng máy phun được sử dụng thường được chọn dựa trên khả năng có thể chuyển lượng thích hợp của cơ chất khí dưới các điều kiện hoạt động ổn định và tăng cường tính đồng nhất tiết diện ngang của pha khí trong thiết bị phản ứng. Vì lượng cơ chất khí cần bởi môi trường nuôi cấy trong quá trình khởi động thấp hơn lượng cần ở dung tích tổng hoạt động thương mại, độ linh hoạt trong việc sử dụng máy phun được tạo ra để cho các hoạt động khởi động. Ví dụ, khí nạp có thể được cung cấp cho dung môi chứa nước trong quá trình khởi động bởi chỉ một hoặc vài máy phun với máy phun còn lại được tắt đi hoặc được sử dụng để tuần hoàn chất lỏng trong thùng để tăng cường khả năng trộn và tính đồng nhất qua dung môi chứa nước. Nhiều máy phun hơn sẽ được sử dụng để cấp khí nạp ở các tiến trình khởi động để đáp ứng nhu cầu nuôi dưỡng của môi trường nuôi cấy. Cho các mục đích của bản mô tả, nó được đề cập đến là trình tự máy phun.

Máy phun có thể là máy trộn phun/thiết bị thổi khí hoặc máy phun có rãnh. Máy phun có rãnh được ưu tiên, một dạng của nó được bộc lộ trong Patent Mỹ số 4,162,970. Các máy phun này hoạt động sử dụng chất lỏng động. Máy phun, đặc biệt là máy phun có rãnh, có khả năng hoạt động trong phạm vi rộng lưu lượng lỏng và khí và do đó có khả năng giảm đáng kể khả năng chuyển khí. Máy phun được mô tả là có vòi phun có ít nhất khoảng 1, thường là khoảng từ 1,5 đến 5, ví dụ, từ 2 đến 4 cm theo kích thước mặt cắt ngang trong trường hợp máy phun tia hoặc là kích thước mặt cắt ngang nhỏ hơn trong trường hợp máy phun có rãnh. Kích thước mặt cắt ngang của máy phun lớn tạo ra một số lợi ích ngoài việc có thể tạo ra các vi bọt khí. Đầu tiên, chúng không dễ bị bắn gồm cả những nơi dung môi chứa nước được sử dụng làm chất lỏng động như máy phun được thiết kế để tạo ra các vi bọt khí. Thứ hai, những nơi dung môi chứa nước được sử dụng làm chất lỏng động, sự va chạm động lượng cao của các vi sinh vật với bề mặt chất rắn được giảm thiểu nhờ đó giảm thiểu nguy cơ làm

hông vi sinh vật. Thứ ba, năng lượng cần để tạo ra các kích thước vi bọt khí nhất định thường ít hơn năng lượng cần để tạo ra các vi bọt khí có kích thước mà sử dụng máy phun vi bọt khí. Thứ tư, có thể thu được tỷ lệ thu nhỏ cao. Và thứ năm, kích thước vi bọt khí có thể thay đổi dễ dàng trong phạm vi rộng.

Kích thước bọt khí được tạo ra bằng máy phun sẽ bị ảnh hưởng bởi, trong số các tác nhân khác, lưu lượng chất lỏng qua máy phun và tỷ lệ pha khí và pha lỏng đi qua máy phun cũng như đặc điểm của dung môi chứa nước gồm, nhưng không bị giới hạn ở, độ sâu chất lỏng tĩnh của nó. Do đó, máy phun có thể được vận hành để tạo ra kích thước bọt khí được chọn mà tăng cường khả năng sử dụng máy phun theo cách điều biến, tức là, tạo ra sự điều chỉnh tốc độ chuyển cacbon monoxit sang pha lỏng dựa trên kích thước của môi trường nuôi cấy và khả năng chuyển hóa sinh học cacbon monoxit của nó. Sự điều biến cũng có thể được sử dụng để thu được, nếu muốn, sự phân tán khí trong lỏng ổn định. Có thể thu được sự điều biến bằng cách thay đổi một hoặc nhiều (i) tỷ lệ dòng khí: lỏng to the máy phun do đó thay đổi thể tích khí nạp và (ii) thay đổi tốc độ chất lỏng động và do đó kích thước bọt khí tác động đến tốc độ chuyển cacbon monoxit từ pha khí sang pha lỏng. Ngoài ra, việc điều biến có thể có thể thu được bằng cách thay đổi hợp phần khí nạp và do đó phần mol của cacbon monoxit trong khí nạp.

Lúc bắt đầu khởi động, có thể mong muốn sử dụng kích thước bọt khí lớn hơn, tốt hơn là có đường kính nằm trong khoảng từ 100 đến 5000 micromét để cấp ít nhất một phần khí nạp để thu được sự điều biến ban đầu và tránh được sự ức chế cacbon monoxit trước khi kích thước bọt khí giảm xuống nhỏ hơn 500 micromét. Tùy vào khả năng của thiết kế máy phun cụ thể để tạo ra các bọt khí lớn này của khí nạp, khí nạp hoặc một phần khí nạp có thể được đưa vào bằng máy phun. Một phần khí nạp có thể được đưa vào ở dạng các bọt khí lớn hơn nữa trong đó việc trộn tăng cường của dung môi chứa nước được mong muốn. Máy phun có thể được rút dần khi kích thước của môi trường nuôi cấy tăng và kích thước bọt khí nhỏ hơn được tạo ra bằng máy phun có thể được sử dụng trong khi tránh sự ức chế cacbon monoxit nhưng vẫn thu được tốc độ phát triển môi trường nuôi cấy thuận lợi.

Trừ trường hợp được quy định trong các đoạn trước, khí nạp trong quá trình khởi động được đưa vào dưới dạng các vi bọt khí có đường kính nhỏ hơn khoảng 0,5

mm. Tốt nhất là cơ chất khí được đưa bằng máy phun vào dung môi ở dạng các vi bọt khí có đường kính nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,5, tốt hơn là 0,02 đến 0,3 mm. Cơ chất khí có thể được đưa vào phần đáy thiết bị phản ứng thùng sâu dưới dạng khí dòng hoặc dưới dạng pha phân tán khí trong lỏng như được bộc lộ trong Đơn sáng chế Mỹ số 12/826,991, nộp ngày 30/6/2010. Sự có mặt của hợp chất hữu cơ được oxy hóa và/hoặc chất hoạt tính bề mặt khác tăng cường sự tạo thành các vi bọt khí mịn.

Chất lỏng động có thể là chất lỏng thích hợp bất kỳ để đưa vào thiết bị phản ứng lên men. Do đó, chất lỏng tốt hơn là thích hợp để sử dụng làm dung môi chứa nước. Lúc ban đầu khởi động, một hoặc nhiều chất nuôi cấy và dung môi chứa nước bổ sung để tạo mức chất lỏng ban đầu của dung môi chứa nước có thể được sử dụng làm chất lỏng động. Thuận lợi là, chất lỏng động là một hoặc nhiều dung môi chứa nước, chất lỏng thu được từ dung môi chứa nước hoặc chất lỏng bổ sung để thay dung môi chứa nước được tháo ra từ quá trình thu hồi sản phẩm.

Lưu lượng của chất lỏng động được sử dụng trong máy phun sẽ phụ thuộc vào kiểu, kích thước và hình thể của máy phun và kích thước bọt khí mong muốn của khí nạp. Nói chung, tốc độ tốt hơn là đủ để tạo ra vận tốc của dòng phân tán rời khỏi máy phun nằm trong khoảng từ 0,05 đến 5, ví dụ, từ 0,1 đến 2 m/giây. Tỷ lệ cụ thể của khí với chất lỏng động nằm trong khoảng từ 0,1:1 đến 3:1, ví dụ, từ 0,5:1 đến 2:1 m³ thực trên mỗi m³ của chất lỏng động. Khi quá trình khởi động đạt đến các điều kiện hoạt động ở trạng thái ổn định, lưu lượng chất lỏng động thường làm tăng như tỷ lệ của khí với chất lỏng động. Ở các điều kiện trạng thái ổn định, vận tốc của dòng phân tán ra khỏi máy phun thường nằm trong khoảng từ 0,5 đến 5 m/giây và tỷ lệ của khí đến chất lỏng động nằm trong khoảng từ 1:1 đến 3:1 m³ thực trên mỗi m³ của chất lỏng động.

Thường, các vi bọt khí tạo thành pha phân tán khí trong nước ổn định. Việc đưa các vi bọt khí vào dung môi chứa nước đặt các vi bọt khí trong môi trường động. Chiều cao của dung môi chứa nước nghĩa là các vi bọt khí trong pha phân tán sẽ chịu các áp suất cột nước tĩnh khác nhau khi chúng đi lên phía trên qua thiết bị phản ứng. Áp suất tăng sẽ, tất cả về cơ bản là giống nhau, kích thước giảm của vi bọt khí và do đó còn làm tăng tỷ lệ diện tích bề mặt của nó với thể tích. Đối với tốc độ khí nạp nhất định, diện tích bề mặt càng lớn sẽ được tạo ra bởi các vi bọt khí nhỏ hơn mà tăng cường sự chuyển khối. Kích thước của vi bọt khí cũng sẽ bị tác động bởi sự khuếch tán

của các khí từ vi bọt khí vào pha lỏng. Như cacbon monoxit và hydro tạo nên phân mol đáng kể của vi bọt khí khi nó được đưa vào dung môi chứa nước, các điều kiện động sẽ thúc đẩy tập hợp các vi bọt khí mà có đường kính nhỏ để hỗ trợ duy trì sự phân tán khí trong nước qua thiết bị phản ứng.

Máy phun có thể được đặt ở một hoặc nhiều vị trí trong thiết bị phản ứng và được định hướng ở hướng thích hợp bất kỳ. Máy phun thường được đặt ở phần dưới của cột bọt khí sâu hoặc thiết bị phản ứng trộn chất lỏng sâu. Bằng cách đặt máy phun qua chiều cao của thiết bị phản ứng, tính đồng nhất của hợp phần của pha phân tán khí trong lỏng trong dung môi chứa nước được thúc đẩy và ít năng lượng khuấy cơ học có thể cần để duy trì tính đồng nhất mong muốn. Tuy nhiên, máy phun được sử dụng để khởi động thường là các máy có chứa trong dung môi chứa nước. Thiết bị phản ứng trộn chất lỏng thường tạo ra dòng lỏng xác định đi qua máy phun. Thường, máy phun được định hướng để thúc đẩy việc trộn khí nạp với dung môi chứa nước và phân bố trong thiết bị phản ứng.

Sử dụng sự tuần hoàn khí thải

Như được nêu ở trên, khoảng không phía trên phía trên dung môi chứa nước ban đầu được phủ để loại trừ oxy hoạt tính. Ở các tiến trình khởi động, hợp phần khí phía trên dung môi chứa nước sẽ thay đổi do một hoặc nhiều tiêu thụ cacbon monoxit, sự tăng lên của cơ chất chưa phản ứng, và sự làm sạch do bổ sung cơ chất mới và/hoặc pha loãng khí. Khí trong thiết bị phản ứng lên men phía trên dung môi chứa nước được đề cập đến trong bản mô tả là khí thải.

Tốt hơn là ít nhất một phần khí thải được tuần hoàn vào dung môi chứa nước trong quá trình khởi động ban đầu. Trường hợp khí thải chứa cacbon monoxit và hydro, nó có thể đóng vai trò làm khí nạp cho đến khi sự chuyển khối của cacbon monoxit và hydro vào dung môi chứa nước không đủ để duy trì sự phát triển mong muốn của môi trường nuôi cấy. Cũng có thể được trộn với khí tổng hợp mới để tạo ra khí nạp kết hợp. Trường hợp khí phủ giàu nitơ hoặc cacbon đioxit, khí nạp sẽ có thể cần khí tổng hợp mới để tạo ra đa số cacbon monoxit và hydro mong muốn để nuôi môi trường nuôi cấy. Khí thải được tuần hoàn có thể được trộn với khí tổng hợp mới hoặc có thể được phun riêng từ khí tổng hợp mới, trong trường hợp này, nồng độ của

cacbon monoxit trong dung môi chứa nước có thể được điều biến bằng cách giảm phần mol thực của cacbon monoxit trong hệ thống.

Khí thải, ngay cả khi ban đầu chỉ là nitơ hoặc cacbon đioxit, sẽ nhanh chóng bắt đầu tích lũy cơ chất khí ở các tiến trình khởi động và cacbon monoxit và hydro chưa phản ứng đi vào khoảng không phía trên. Bằng cách điều tiết lượng khí nạp và khí thải được tuần hoàn hoặc khí pha loãng khác, có thể kiểm soát phần mol của cacbon monoxit trong khoảng không phía trên đến lượng mong muốn. Thường xuyên, nồng độ cacbon monoxit trong khoảng không phía trên trong quá trình khởi động được duy trì ở mức thấp hơn khoảng 20, tốt hơn là thấp hơn khoảng 15, ví dụ, trong khoảng từ 5 đến 15, phần trăm mol. Trong quy trình được ưu tiên theo sáng chế, khí thải tuần hoàn được sử dụng để điều biến tốc độ cấp cacbon monoxit vào dung môi chứa nước. Khí thải được tuần hoàn có thể là khí nạp vào một hoặc nhiều máy phun, hoặc có thể được trộn với khí tổng hợp mới để cung cấp khí nạp kiểu hỗn hợp cho một hoặc nhiều máy phun. Khi khí thải chứa đáng kể nồng độ cacbon monoxit, ít nhất một trong số cacbon đioxit, nitơ hoặc alkan có thể được trộn với khí tuần hoàn để cung cấp khí nạp có nồng độ cacbon monoxit mong muốn để cấp vào dung môi chứa nước. Khi môi trường nuôi cấy phát triển đến mức đòi hỏi nhiều cơ chất hơn lượng khí thải có thể cung cấp, việc nạp khí tổng hợp mới có thể được bắt đầu. Máy phun sử dụng khí thải được tuần hoàn hoặc máy phun sử dụng khí tổng hợp mới có thể điều biến bằng cách thay đổi khí lưu lượng.

Tiến trình khởi động

Việc khởi động quá trình lên men sâu cột bọt khí cần thực hiện cả việc phát triển mạnh mẽ môi trường nuôi cấy vi sinh vật và làm tăng chiều cao của dung môi chứa nước. Cả hai đều có ảnh hưởng đến tốc độ nạp khí và đến nguy cơ quá liều vi sinh vật với cacbon monoxit. Đối với khía cạnh sau, khi chiều cao của dung môi chứa nước tăng, nồng độ bão hòa của cacbon monoxit mà được đưa vào dung môi chứa nước tăng giả định phần mol của cacbon monoxit trong khí được duy trì không đổi. Áp suất một phần cao hơn làm tăng lực truyền để chuyển cacbon monoxit từ pha khí sang dung môi chứa nước và nguy cơ cấp quá liều cacbon monoxit đồng thời.

Hoạt động khởi động được ưu tiên ban đầu là tập trung vào việc làm tăng mật độ vi sinh vật trước khi làm tăng đáng kể thể tích dung môi chứa nước. Thông thường,

nồng độ tế bào trong lần nạp ban đầu của dung môi chứa nước được tăng lên ít nhất khoảng 0,5, ví dụ khoảng từ 0,5 đến 1,5 g/l trước khi làm tăng thể tích dung môi chứa nước. Việc làm tăng thể tích có thể là liên tục hoặc gián đoạn. Trong sự kiện khác, mật độ tế bào cần được duy trì tại hoặc lớn hơn 0,5 g/l. Ít nhất ban đầu, sự phát triển của môi trường nuôi cấy có thể được thực hiện mà không cần tháo chất lỏng để thu hồi sản phẩm. Tuy nhiên, khi nồng độ hợp chất hữu cơ được oxy hóa tăng lên đến mức định trước, như khi sự phát triển của môi trường nuôi cấy có thể bị tác động bất lợi hoặc khi đủ nồng độ tồn tại để thu hồi sản phẩm, dòng có thể được lấy để thu hồi sản phẩm hoặc bỏ đi và dung môi chứa nước bổ sung chứa chất dinh dưỡng được cung cấp vào thùng. Tương tự, việc làm sạch có thể được thực hiện để loại bỏ các chất rắn và duy trì trong thùng thời gian lưu tế bào trong thùng định trước.

Theo một khía cạnh của sáng chế, hoạt động khởi động được vận hành theo cách về cơ bản là lưu chất lỏng, tức là, về cơ bản là không có sản phẩm hoặc quá trình làm sạch để loại bỏ các chất rắn và không có thời gian lưu tế bào trong thùng định trước được duy trì. Việc bổ sung dung môi chứa nước trong quá trình khởi động có thể là gián đoạn hoặc liên tục và thường ở tốc độ đủ để duy trì nồng độ hợp chất hữu cơ được oxy hóa thấp hơn mức mà tác động bất lợi đến sự phát triển vi sinh vật (sự ức chế sản phẩm). Nồng độ ức chế sản phẩm xảy ra sẽ phụ thuộc vào chủng vi sinh vật được sử dụng, điều kiện lên men và bản chất của hợp chất hữu cơ được oxy hóa. Thông thường, việc khởi động có thể được thực hiện và mật độ tế bào nằm trong khoảng từ 1 đến 10 g/l có thể thu được mà không có sự tăng hợp chất hữu cơ được oxy hóa đủ để tốc độ phát triển của môi trường nuôi cấy vi sinh vật bị tác động bất lợi. Các ưu điểm của khía cạnh này của sáng chế gồm không chỉ việc tránh được sự tổn thất vi sinh vật bằng cách tháo hết dòng lỏng khỏi thiết bị phản ứng mà còn vẫn giữ được chất dinh dưỡng, gồm các chất được tạo ra bởi các tế bào đã chết, trong dung môi chứa nước.

Tiến trình khởi động đến sự hoạt động ở trạng thái ổn định càng nhanh càng tốt được mong muốn. Nhiều tác nhân liên quan đến sự mãnh mẽ của quá trình phát triển vi sinh vật. Các tác nhân này gồm điều kiện lên men, gồm sự có mặt của chất dinh dưỡng và chất bổ trợ, cũng như chuyển cacbon monoxit và hydro sang pha lỏng của dung môi chứa nước ở tốc độ kết hợp khả năng vi sinh vật với sự chuyển hóa sinh học cơ chất thành sản phẩm được oxy hóa. Quy trình theo sáng chế mà điều biến việc cấp

cacbon monoxit, làm cho người điều khiển máy có thể tinh chỉnh sự chuyển khối của cacbon monoxit sang pha lỏng và tránh việc tăng hòa tan cacbon monoxit có thể gây ra sự ức chế cacbon monoxit.

Hình vẽ

Việc hiệu chỉnh và áp dụng nó có thể được tạo thuận lợi bằng cách tham khảo các hình vẽ.

Fig. 1 là hình mô tả bằng sơ đồ về thiết bị được quy định chung là 100 thích hợp để thực hiện quy trình theo sáng chế. Fig. 1 bỏ qua thiết bị nhỏ như bơm, máy nén, van, các dụng cụ và thiết bị khác mà sự bố trí của nó và hoạt động của nó là đã biết với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực cơ khí hóa. Fig. 1 cũng bỏ qua các hoạt động bộ phận phụ thuộc. Quy trình và hoạt động theo Fig. 1 sẽ được mô tả trong nội dung thu hồi và sản xuất etanol. Quy trình được làm cho phù hợp một cách dễ dàng để khởi động thiết bị phản ứng lên men kỵ khí để tạo ra các sản phẩm được oxy hóa khác như axit axetic, butanol, propanol và axeton.

Thiết bị 100 gồm thiết bị phản ứng lên men sâu cột bọt khí 102 được làm cho phù hợp để giữ dung môi chứa nước. Chiều cao lần nạp dung môi chứa nước ban đầu để khởi động được quy định bởi đường 104 và chiều cao đích cho hoạt động ở trạng thái ổn định được quy định bởi đường 106. Vùng phía trên dung môi chứa nước là khoảng không phía trên 108. Như có thể hiểu dễ dàng, khoảng không phía trên 108 sẽ thay đổi thể tích trong quá trình khởi động. Ở đáy của thiết bị phản ứng lên men 102 là nhiều máy phun phần bên 112, chỉ 2 trong số chúng được thể hiện, với mỗi máy phun phần bên thông chất lưu với mạng lưới phân bố dòng 110. Mỗi máy phun phần bên 112 chứa nhiều máy phun có rãnh. Như được mô tả, mạng lưới phân bố dòng 110 được làm cho phù hợp để cung cấp riêng mỗi loại khí thải được tuần hoàn, khí tổng hợp mới và chất lỏng động cho mỗi máy phun phần bên 112, và mỗi máy phun phần bên 112 có thể được hoạt động với các hợp phần khí, lưu lượng chất lỏng và tỷ lệ khí/lỏng khác nhau. Dù phức tạp hơn, mỗi máy phun phần bên 112 có thể được thiết kế để cung cấp vòi phun, hoặc các nhóm vòi phun, trên phần bên này với các hợp phần khí, lưu lượng chất lỏng và tỷ lệ khí/lỏng khác nhau.

Thiết bị 100 được cung cấp ống chính tuần hoàn chất lỏng 114 được làm cho phù hợp để tháo hết dung môi chứa nước ra khỏi thùng 102 ở các chiều cao khác nhau.

Bốn đường tháo được thể hiện, mặc dù nhiều hơn hoặc ít hơn số này có thể được sử dụng. Đường 116 đủ thấp để nó có thể tháo lỏng dung môi chứa nước ra khỏi lần nạp ban đầu. Đường 118 và 120 được sắp xếp ở các chiều cao khác nhau ở phần giữa của thùng 102, và đường 122 được sắp xếp ở phần phía trên của thùng 102 để tháo dung môi chứa nước ở chiều cao hoạt động ở trạng thái ổn định của nó. Nói chung, được ưu tiên là tháo dung môi chứa nước ở phần phía trên của dung môi ở đó nồng độ cacbon monoxit và hydro trong pha lỏng là thấp hơn. Hoặc, dung môi chứa nước có thể được tháo từ đường 116 và bằng cách điều chỉnh áp suất ngược chiều cao của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng 104.

Đường 124 thông chất lưu với ống chính 114 và được làm cho phù hợp để tháo một phần hoặc tất cả dung môi chứa nước để làm sạch và thu hồi sản phẩm. Tốt hơn là, trong quá trình khởi động về cơ bản là không có chất lỏng được tháo qua đường 124. Đường 126 được làm cho phù hợp để đi qua chất lỏng lên men đến mạng lưới phân bố dòng 110 để sử dụng làm chất lỏng động trong máy phun phân bên 112. Chất lỏng bổ sung, mà có thể gồm chất dinh dưỡng và các chất bổ trợ khác, cho dung môi chứa nước được cung cấp bởi đường 128 và được thể hiện là được trộn với dung môi chứa nước được tuần hoàn trước khi đi đến mạng lưới phân bố dòng 110 mặc dù nó có thể được dẫn đến ống riêng trong mạng lưới phân bố dòng 110 để phân phối cho máy phun phân bên 112.

Khí tổng hợp để cung cấp cơ chất khí được cung cấp cho thiết bị 100 qua đường 130 vào ống chính khí tổng hợp 132. Ống chính khí tổng hợp 132 được cung cấp đường 134 để cung cấp khí tổng hợp cho mạng lưới phân bố dòng 110. Nó cũng có thể cung cấp khí tổng hợp qua đường 136 để tuần hoàn ống chính 138 và đến khoảng không phía trên 108 qua đường 140. Khí thải tuần hoàn được đưa từ đỉnh của thùng 102 qua ống chính tuần hoàn 138 đến mạng lưới phân bố dòng 110. Đường 142 thông chất lưu với đỉnh của thùng 102 loại bỏ khí thải khỏi thiết bị 100 để xử lý hoặc loại bỏ.

Trong quá trình hoạt động, khí tổng hợp được cung cấp bởi đường 134 đến mạng lưới phân bố dòng 110 có thể được trộn với khí tuần hoàn thải được cung cấp bởi ống chính tuần hoàn 138 và được cung cấp đến máy phun phân bên để tạo ra khí nạp hỗn hợp, hoặc khí tổng hợp mới có thể được dẫn riêng bởi mạng lưới phân bố dòng 110 đến mỗi máy phun phân bên 112 sao cho khí nạp từ máy phun phân bên có thể là

100 phần trăm khí thải tuần hoàn và 100 phần trăm khí tổng hợp từ máy phun phần bên khác. Đường 136 cung cấp khí tổng hợp cho ống chính tuần hoàn 138 ở đó khí tổng hợp mới và khí thải được tuần hoàn được trộn và được dẫn đến mạng lưới phân bố dòng 110. Theo phương án này, khí nạp đến máy phun phần bên sẽ là khí hỗn hợp. Hoặc phương án khác là dẫn khí tổng hợp mới đến khoảng không phía trên 108 qua đường 140 để cung cấp khí tổng hợp và khí thải hỗn hợp để tuần hoàn qua đường 138 đến mạng lưới phân bố dòng 110.

Fig. 2 là biểu đồ đưa ra trình tự đại diện của máy phun để khởi động theo quy trình theo sáng chế. Được hiểu là trình tự khác có thể được thực hiện mà vẫn thu được các lợi ích của sáng chế và được bao gồm bởi sáng chế.

Để minh họa thiết bị của Fig. 1 có sáu máy phun phần bên 112 (các phần bên A, B, C, D, E và F) được sắp xếp cách đều nhau ở đáy của thùng 102. Mỗi phần bên chứa nhiều máy phun có rãnh. Chiều cao đích của dung môi chứa nước trong thùng lên men sâu cột bọt khí 102 là 20 mét.

Nạp ban đầu và hoạt động ở giai đoạn phát triển đầu tiên:

Thùng 102 được phủ hỗn hợp gồm khí tổng hợp và nitơ được làm đầy đến chiều cao từ 3 đến 6 mét bằng dung môi chứa nước thu được từ trang trại giống và môi trường nước bổ sung chứa chất dinh dưỡng để cung cấp dung môi chứa nước có mật độ tế bào sống nằm trong khoảng từ 0,03 đến 3 g/l. Khí ở khoảng không phía trên chứa phần mol cacbon monoxit và hydro mong muốn để nạp khí vào dung môi chứa nước. Trong các giai đoạn ban đầu này, khoảng không phía trên khí được tuần hoàn qua máy phun có rãnh qua tác dụng của ống khuếch tán. Việc kết hợp tốc độ chuyển khí với khả năng hấp thu cacbon monoxit của vi sinh vật ở giai đoạn này là quan trọng trong khi đồng thời cung cấp đủ bước trộn. Điều này được thực hiện như dưới đây. Tập hợp nhiều vòi phun được trang bị để tạo ra sự chuyển khí trong khi các vòi phun khác được sử dụng chỉ để tuần hoàn chất lỏng hoặc khí tuần hoàn dưới dạng các bọt khí lớn để giúp thu được cường độ trộn mong muốn.

Trong quá trình khởi động, thiết bị lên men có thể được vận hành theo phương thức lưu chất lỏng trong đó các chất dinh dưỡng thiết yếu, các kim loại vi lượng và các vitamin được cung cấp để cho phép phát triển tối đa và sự tăng tối thiểu thể tích chất

lông, hoặc thể tích chất lông có thể được tăng dần bằng cách bổ sung dung môi chứa nước quá dung dịch dinh dưỡng cô đặc.

Trong trường hợp khác, nhu cầu về việc chuyển cơ chất khí vào dung môi chứa nước sẽ tăng khi môi trường nuôi cấy vi sinh vật phát triển và tốc độ hấp thu cacbon monoxit nhận được tăng. Ở giai đoạn này của quá trình khởi động, khí tổng hợp mới có thể được nạp trực tiếp vào khoảng không phía trên hoặc được trộn với khí được tuần hoàn. Lượng khí tổng hợp được nạp có thể được kiểm soát dưới dạng vòng phản hồi dựa trên phần mol cacbon monoxit trong khoảng không phía trên.

Việc chuyển khí có thể được tăng để đáp ứng khả năng hấp thu tăng liên tục của môi trường nuôi cấy vi sinh vật bằng một trong hai hoặc cả hai việc đặt nhiều hơn các phần bên trong phương thức chuyển khí hoặc làm tăng dòng chất lỏng qua vòi phun để làm tăng tốc độ chuyển bằng cách tạo ra các bọt khí nhỏ hơn. Các vòi phun có thể được hoạt động theo phương thức điều biến (được quy định bằng "M" trên biểu đồ của Fig. 2) mà có nghĩa là tỷ lệ khí nạp với chất lỏng động và/hoặc lưu lượng chất lỏng động được điều chỉnh để làm tăng hoặc giảm tốc độ chuyển khối của cacbon monoxit và hydro vào dung môi chứa nước qua việc điều chỉnh kích thước vi bọt khí và lưu lượng khí. Vòi phun có thể được hoạt động ở phương thức cố định (được quy định bằng "F" trên biểu đồ của Fig. 2) mà có nghĩa là vòi phun tạo ra kích thước vi bọt khí mong muốn được nhắm đích để cung cấp sự chuyển khối mong muốn của cacbon monoxit và hydro để thu được hiệu quả chuyển hóa nhắm đích khi thiết bị phản ứng được khởi động và đi vào hoạt động ở trạng thái ổn định. Các vòi phun khác (được quy định bằng "O" trên biểu đồ của Fig. 2) vẫn chưa hoạt động để cấp lỏng hoặc khí cho thùng 102.

Chi tiết hơn và với sự tham khảo biểu đồ, thùng ban đầu được làm đầy đến chiều cao ở đó dung môi chứa nước có thể được tháo khỏi thùng 102 qua đường 116. Dòng dung môi chứa nước tuần hoàn được sử dụng làm chất lỏng động đối với các vòi phun. Khí thải tuần hoàn từ đường 138 được đưa qua một vài phần bên ở các thời gian T_0 như được mô tả trên đây. Vòi phun thường được hoạt động theo phương thức điều biến. Cũng có khả năng hoạt động một hoặc nhiều phần bên theo phương thức cố định trong khi hoạt động một hoặc nhiều vòi phun còn lại theo phương thức điều biến. Tương tự, một hoặc nhiều phần bên có thể được nạp chỉ dung môi chứa nước tuần

hoàn (được quy định bằng L trên biểu đồ) để thúc đẩy quá trình trộn dung môi chứa nước.

Giai đoạn bổ sung chất lỏng đầu tiên và giai đoạn phát triển thứ hai:

Ở thời điểm T_1 , thể tích chất lỏng được tăng lên trong thiết bị phản ứng đến chiều cao ở đó nó có thể cung cấp chất lỏng động qua đường 118 sao cho đường 116 có thể được rút khỏi sử dụng nếu muốn. Nếu muốn, đường 116 có thể vẫn được sử dụng cùng với, hoặc không có, hoạt động của bất kỳ trong số các đường 118, 120, và 122. Cuối cùng, khi môi trường nước bổ sung được thêm để làm tăng chiều cao dung môi chứa nước tuần hoàn của khí thải qua tác dụng ống khuếch tán ngày càng bất khả thi. Ở thời điểm này, tốc độ chuyển khí có thể được kiểm soát bằng cách điều biến tốc độ bổ sung khí tổng hợp và dòng tuần hoàn chất lỏng để nhận được tốc độ chuyển khí mà không vượt quá khả năng hấp thu sinh học. Các máy phun phần bên khác nhau có thể được hoạt động dưới các điều kiện khác nhau để thu được tốc độ chuyển mong muốn. Nếu muốn, ít nhất một phần khí thải có thể được tuần hoàn bằng cách sử dụng máy thổi.

Giai đoạn bổ sung chất lỏng thứ hai và giai đoạn phát triển thứ ba:

Tại thời điểm T_2 , thể tích chất lỏng được tăng lên trong thiết bị phản ứng đến chiều cao ở đó nó có thể cung cấp chất lỏng động qua đường 120 và đường 118 có thể được rút khỏi sử dụng nếu muốn. Khi hợp phần khí thải thay đổi do sự tiêu thụ cacbon monoxit và hydro, sự chuyển đổi từ khí thải tuần hoàn thành khí tổng hợp duy trì sự cấp cơ chất khí mong muốn. Một số khí thải tuần hoàn có thể vẫn được sử dụng để kiểm soát phần mol thực của cacbon monoxit khi cần thiết hoặc mong muốn.

Giai đoạn bổ sung chất lỏng thứ ba và hoạt động ở trạng thái ổn định:

Tại thời điểm T_3 , thể tích chất lỏng được tăng lên trong thiết bị phản ứng đến chiều cao ở đó nó có thể cung cấp chất lỏng động qua đường 122 và đường 120 có thể được rút khỏi sử dụng nếu muốn. Tại thời điểm T_4 , mật độ tế bào dung môi chứa nước đạt đến mật độ mong muốn và chiều cao hoạt động và hoạt động ở trạng thái ổn định bắt đầu.

Có nhiều lựa chọn khác nhau cho trình tự của biểu đồ. Ví dụ, nhiều vòi phun hơn có thể được sử dụng theo phương thức điều biến lúc khởi động để cung cấp bọt

khí lớn hơn cho việc chuyển cacbon monoxit vào dung môi chứa nước. Sau giai đoạn phát triển ban đầu, môi trường nước bổ sung có thể được bổ sung liên tục hoặc định kỳ để duy trì mật độ tế bào tương đối không đổi. Trường hợp khí phủ có nồng độ cacbon monoxit thấp hơn khí tổng hợp hoặc không có cacbon monoxit, nó có thể được trộn với khí tổng hợp để cung cấp khí nạp cho các vòi phun. Tương tự, trường hợp khoảng không phía trên ban đầu chứa khí tổng hợp, khí tuần hoàn có thể được trộn với cacbon đioxit, metan, khí tự nhiên, nitơ hoặc các khí về cơ bản là trơ khác để giảm nồng độ cacbon monoxit trong khí nạp vào dung môi chứa nước.

Fig. 3 là hình mô tả dạng sơ đồ của thiết bị 300 mà là thiết bị phản ứng trộn chất lỏng sâu. Fig. 3 bỏ qua các thiết bị nhỏ như bơm, máy nén, van, dụng cụ và các thiết bị khác mà việc bố trí của chúng và hoạt động của chúng là đã biết với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực cơ khí hóa. Fig. 3 cũng bỏ qua các hoạt động bộ phận phụ thuộc. Quy trình và hoạt động theo Fig. 3 sẽ được mô tả về quá trình thu hồi và sản xuất etanol. Quy trình được làm cho phù hợp một cách dễ dàng để khởi động thiết bị phản ứng lên men kỵ khí để tạo ra các sản phẩm được oxy hóa khác như axit axetic, butanol, propanol và axeton.

Các bộ phận của thiết bị 300 là tương tự với các bộ phận của thiết bị 100 của Fig. 1 được nhận diện bằng các số nhận diện giống nhau, và sự tham khảo sẽ được thực hiện với phần thảo luận của Fig. 1 để mô tả các bộ phận này.

Thiết bị 300 được trang bị máy khuấy 302. Máy khuấy 302 được thể hiện là có ba cánh khuấy 306 trên trục chính 308; tuy nhiên, ít hơn hoặc nhiều cánh khuấy hơn có thể được sử dụng. Động cơ 304 cung cấp năng lượng cho máy khuấy 302 và kiểm soát vòng quay trong mỗi phút. Thiết bị 300 cũng khác thiết bị 100 ở chỗ máy phun phản bên 112 được cung cấp ở các độ cao khác nhau trong thùng 102. Khi hoạt động ở trạng thái ổn định, thiết bị 300 tuần hoàn một phần khí thải để thu được hiệu quả chuyển hóa nhằm đích. Sự tuần hoàn này, kết hợp với sự khuấy dung môi chứa nước, làm cho khí nạp có thể được đưa vào qua chiều cao của dung môi chứa nước mà không có các tác dụng bất lợi không phù hợp đến hiệu quả chuyển hóa. Việc cấp khí nạp ở nhiều chiều cao còn làm giảm nguy cơ ức chế cacbon monoxit vì không phải tất cả khí nạp đều được đưa vào trong đó áp suất cột nước tĩnh cao, và do đó áp suất một phần cacbon monoxit cao làm tăng tốc độ chuyển khối, tồn tại. Nếu muốn, ít nhất một phần quá

trình khởi động của thiết bị 300 có thể nhận được dễ dàng không cần nhu cầu về khuấy sử dụng sự điều biến thu được bằng máy phun.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình khởi động thiết bị phản ứng thùng sâu quy mô thương mại, để chuyển hóa sinh học kỵ khí cơ chất khí thu được từ việc khí hóa nguyên liệu chứa cacbon, trùng chĩnh khí tự nhiên hoặc khí sinh học từ sự phân hủy kỵ khí hoặc chứa dòng khí thải công nghiệp và cơ chất khí này chứa cacbon monoxit, hydro và cacbon đioxit trong dung môi chứa nước chứa các vi sinh vật thích hợp để chuyển hóa cơ chất đã nêu thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa, trong đó việc khởi động được bắt đầu bằng dung môi chứa các vi sinh vật ở độ cao chất lỏng thấp ban đầu và độ cao của dung môi chứa vi sinh vật này được tăng liên tục hoặc gián đoạn và thiết bị phản ứng có thể tích ít nhất là 25 triệu lít, quy trình này bao gồm các bước:

(a) tạo lớp phủ cho thiết bị phản ứng bên trên dung môi chứa nước trong khoảng không phía trên bằng ít nhất một trong số cacbon đioxit, nitơ, và alkan bậc thấp trừ oxy;

(b) cung cấp ban đầu dung môi chứa nước và vi sinh vật vào thiết bị phản ứng đến độ sâu thấp hơn khoảng 10 mét, dung môi chứa nước này ở trong các điều kiện lên men và có nồng độ vi sinh vật nằm trong khoảng từ 0,03 đến 3 g/l;

(c) cung cấp liên tục khí nạp vào phần đáy của thiết bị phản ứng ở tốc độ đủ để làm tăng nồng độ vi sinh vật, khí nạp này chứa cơ chất khí được cung cấp vào phần đáy của thiết bị phản ứng nói trên nhờ ít nhất một vòi phun sử dụng chất lỏng chuyển động để tạo thành vi bọt khí có đường kính nhỏ hơn khoảng 500 micromét; và

(d) làm tăng gián đoạn hoặc liên tục thể tích của dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng đến dung tích mong muốn trong khi làm tăng nồng độ vi sinh vật lên khoảng từ 3 đến 500 lần trong bước (b),

trong đó bằng ít nhất một trong số các thao tác:

(i) điều chỉnh tỷ lệ dòng khí-lỏng qua vòi phun,

(ii) thay đổi tốc độ dòng chất lỏng qua vòi phun, và

(iii) điều chỉnh phần mol cacbon monoxit trong khí nạp bằng cách trộn với ít nhất một khí khác,

sự chuyển khối cacbon monoxit vào dung môi chứa nước trong thiết bị phản ứng được điều biến để thu được sự phát triển theo bước (c) nhưng được duy trì thấp hơn lượng mà dẫn đến sự ức chế cacbon monoxit.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó khí phủ theo bước (a) chứa cacbon monoxit và khí nạp theo bước (c) chứa khí phủ này trong ít nhất một phần của quy trình khởi động.
3. Quy trình theo điểm 2, trong đó khí tổng hợp được cung cấp vào khoảng không phía trên.
4. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thiết bị phản ứng là thiết bị phản ứng cột bọt khí.
5. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thiết bị phản ứng là thiết bị phản ứng trộn lỏng.
6. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó nồng độ vi sinh vật được tăng đến khoảng từ 1 đến 10 g/l.
7. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vòi phun là vòi phun có rãnh.
8. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó chất lỏng chuyển động bao gồm dung môi chứa nước từ thiết bị phản ứng.
9. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ít nhất một phần khí trong khoảng không phía trên được tuần hoàn dưới dạng một phần khí nạp được cung cấp theo bước (c).
10. Quy trình theo điểm 9, trong đó khí tuần hoàn được trộn với khí tổng hợp mới trước khi cung cấp cho môi trường được dụng chứa nước.
11. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hai hoặc nhiều hơn hai vòi phun được sử dụng và trong ít nhất một phần của quy trình khởi động, vòi phun được sắp xếp theo trình tự.
12. Quy trình theo điểm 11, trong đó ở phần đầu của quy trình khởi động, vòi phun được hoạt động bằng cách sử dụng chỉ chất lỏng chuyển động và ở phần sau của quy trình khởi động, vòi phun này được hoạt động bằng cách sử dụng khí nạp và chất lỏng chuyển động.

13. Quy trình theo điểm 1, trong đó trong phần đầu của quy trình khởi động, vòi phun được hoạt động dưới dạng vòi phun Venturi.

14. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó ở ít nhất một phần quy trình khởi động, thiết bị phản ứng được hoạt động theo phương thức về cơ bản lưu chất lỏng.

15. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lúc bắt đầu khởi động, ít nhất một phần khí nạp được cung cấp dưới dạng bọt khí có đường kính nằm trong khoảng từ 100 đến 5000 micromét.

16. Quy trình khởi động thiết bị phản ứng thùng sâu quy mô thương mại, để chuyển hóa sinh học kỵ khí cơ chất khí thu được từ việc khí hóa nguyên liệu chứa cacbon, trùng chĩnh khí tự nhiên hoặc khí sinh học từ sự phân hủy kỵ khí hoặc chứa dòng khí thải công nghiệp và cơ chất khí này chứa cacbon monoxit, hydro và cacbon đioxit trong dung môi chứa nước chứa các vi sinh vật thích hợp để chuyển hóa cơ chất đã nêu thành hợp chất hữu cơ được oxy hóa, trong đó việc khởi động được bắt đầu bằng dung môi chứa các vi sinh vật ở độ cao chất lỏng thấp ban đầu và độ cao của dung môi chứa vi sinh vật này được tăng liên tục hoặc gián đoạn và thiết bị phản ứng có thể tích ít nhất là 25 triệu lít, quy trình gồm bước:

(a) phủ thiết bị phản ứng ở trên dung môi chứa nước trong khoảng không phía trên bằng ít nhất một trong số các chất cacbon đioxit, nitơ, và alkan bậc thấp trừ oxy;

(b) cung cấp liên tục khí nạp vào phần đáy của thiết bị phản ứng ở tốc độ đủ để làm tăng nồng độ vi sinh vật, khí nạp này chứa cơ chất khí cần được cung cấp vào phần đáy của thiết bị phản ứng nhờ ít nhất một vòi phun sử dụng chất lỏng chuyển động để tạo ra vi bọt khí có đường kính nhỏ hơn khoảng 500 micromét; và

(c) hoạt động theo phương thức lưu chất lỏng về cơ bản cho đến khi nồng độ vi sinh vật nằm trong khoảng từ 3 đến 500 lần so với nồng độ vi sinh vật ở bước (b).

17. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị phản ứng là thiết bị phản ứng cột bọt khí.

18. Quy trình theo điểm 16, trong đó thiết bị phản ứng là thiết bị phản ứng trộn lỏng.

19. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 18, trong đó nồng độ của hợp chất hữu cơ được oxy hóa trong dung môi chứa nước được duy trì thấp hơn nồng

độ có tác động bất lợi một cách quá mức đến tốc độ phát triển của môi trường nuôi cấy vi sinh vật.

20. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 19, trong đó khi bắt đầu khởi động, khí nạp được cung cấp dưới dạng bọt khí có đường kính nằm trong khoảng từ 100 đến 5000 micromét.

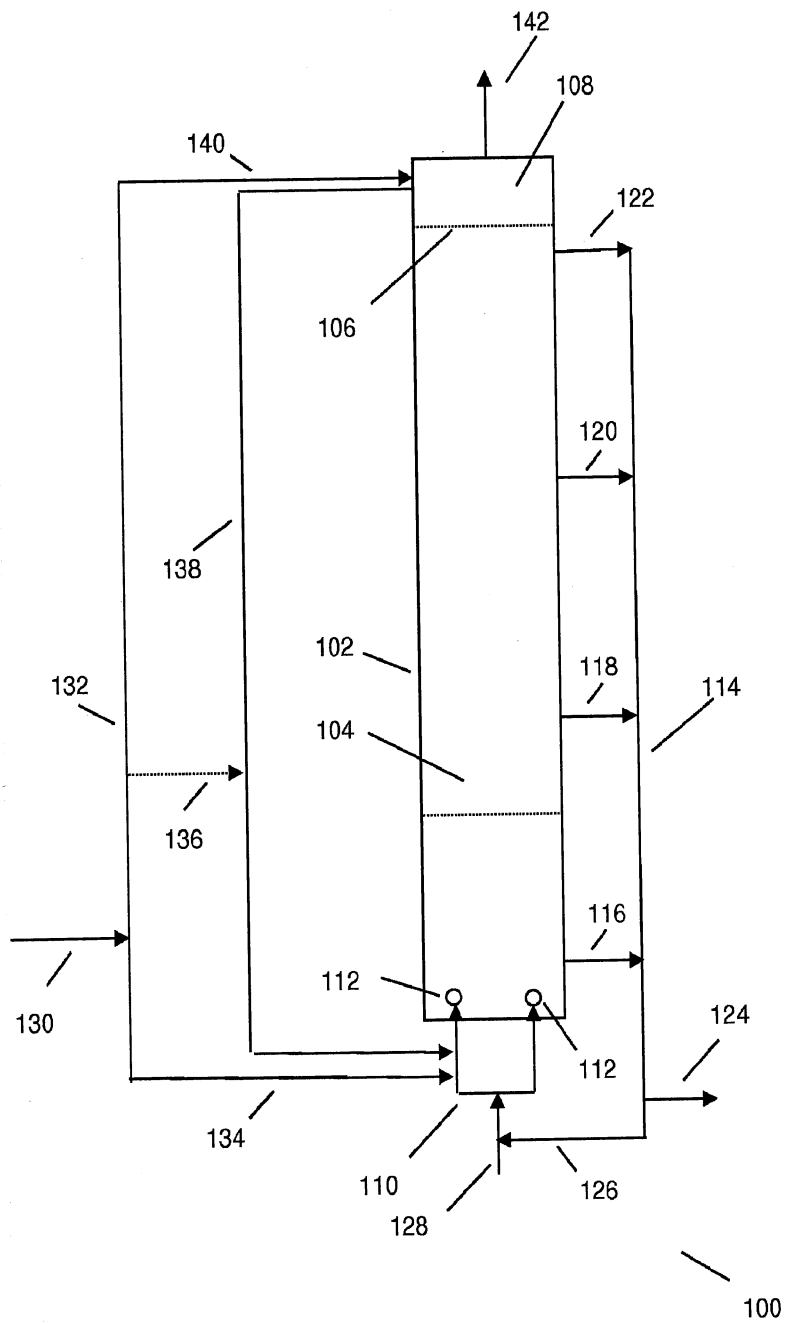


FIG. 1

Máy phun bên	Bổ sung lần đầu ban đầu	Bổ sung lần đầu	Bổ sung lần hai	Bổ sung lần ba	Trạng thái ổn định
A	M	F	M	M	M
B	O	L	L	F	F
C	L	M	M	M	F
D	M	L	F	F	M
E	O	M	M	M	F
F	L	L	L	F	F

T_0 T_1 T_2 T_3 T_4 T_1

Chiều cao dung môi, m 4 đến 6 6 đến 10 10 đến 15 15 đến 20 20

FIG. 2

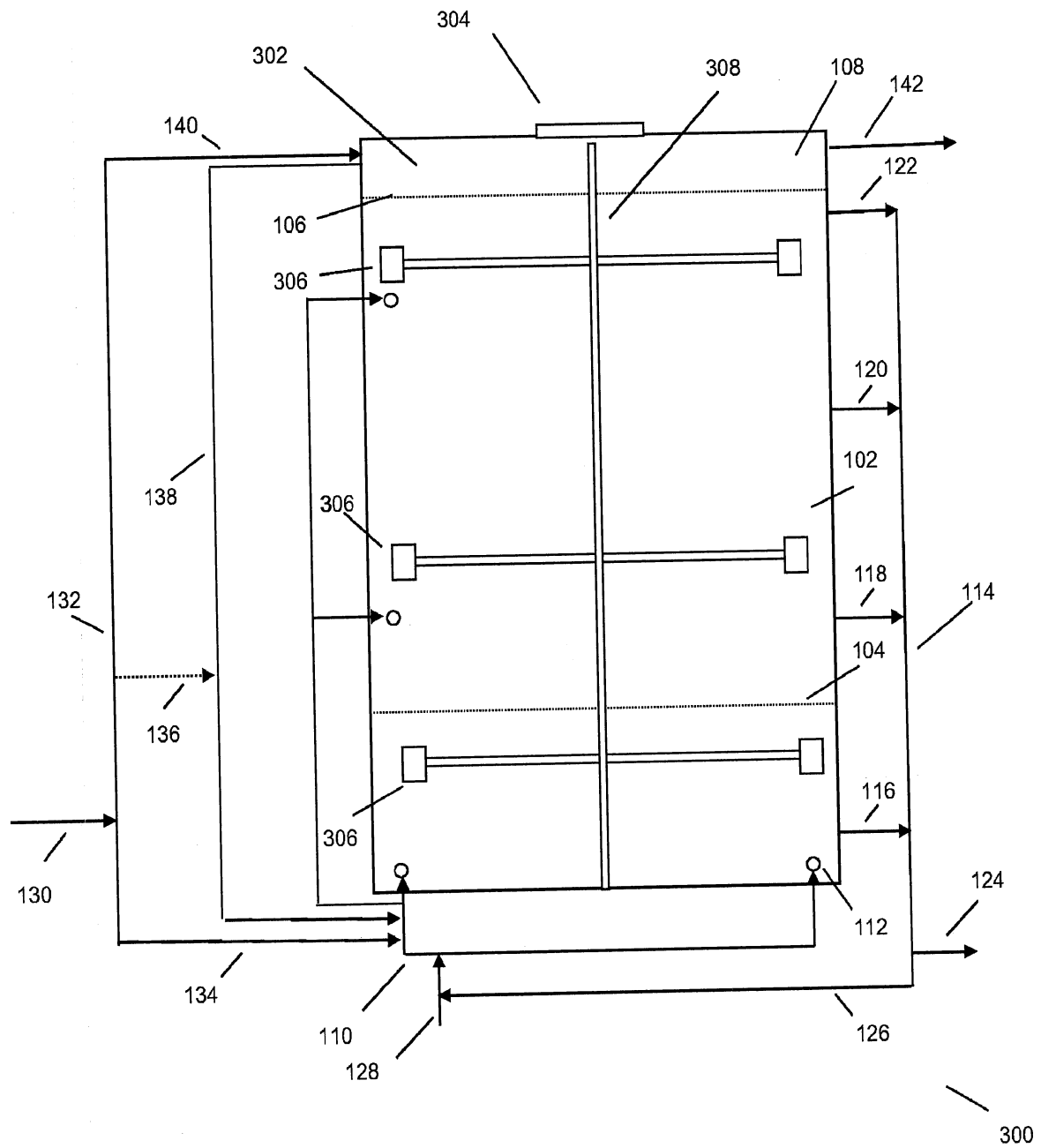


FIG. 3