



(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)



1-0029211

(51)⁷ C12P 5/02

(13) B

(21) 1-2016-03946

(22) 31/03/2015

(86) PCT/IB2015/052379 31/03/2015

(87) WO2015/151036 08/10/2015

(30) 61/973,577 01/04/2014 US

(45) 25/08/2021 401

(43) 25/01/2017 346A

(73) DUCTOR OY (FI)

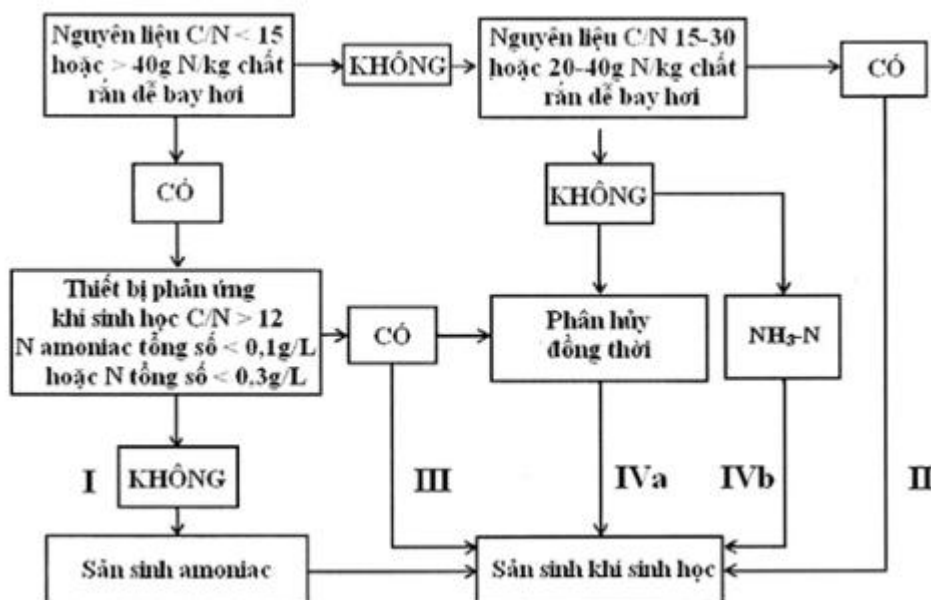
Viikinkaari 4, FI-00790 Helsinki, Finland

(72) KETOLA, Ari (FI); KOSKENNIEMI, Kerttu (FI); LAHTINEN, Minna (FI);
NUMMELA, Jarkko (FI); VIROLAINEN, Nina (FI); VIRKAJÄRVI, Ilkka (FI).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) HỆ THỐNG SẢN XUẤT KHÍ SINH HỌC TỪ NGUYÊN LIỆU

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống sản xuất khí sinh học từ nguyên liệu bao gồm: thiết bị phản ứng thứ nhất để xử lý nguyên liệu giàu nitơ để thực hiện quá trình tạo amoniac để thu được bùn phân hủy amoniac, hệ thống để phân tách nitơ để thu được bùn phân hủy đã khử amoniac từ bùn phân hủy amoniac nêu trên, thiết bị phản ứng thứ hai để sản xuất khí sinh học từ bùn phân hủy đã khử amoniac và/hoặc nguyên liệu giàu nitơ và/hoặc nguyên liệu giàu cacbon, thiết bị chứa để chứa mỗi loại nguyên liệu, hệ thống sàng lọc nguyên liệu bao gồm hệ thống điều khiển để điều khiển tốc độ dòng dòng của mỗi loại nguyên liệu vào hệ thống này; thiết bị để phân phối ít nhất nguyên liệu giàu nitơ vào thiết bị phản ứng thứ nhất, thiết bị để phân phối bùn phân hủy amoniac từ thiết bị phản ứng thứ nhất vào hệ thống phân tách nitơ, thiết bị để phân phối bùn phân hủy đã khử amoniac từ hệ thống phân tách nitơ vào thiết bị phản ứng thứ hai, và thiết bị để phân phối nguyên liệu giàu cacbon và/hoặc nguyên liệu giàu nitơ trực tiếp từ thiết bị chứa và/hoặc nitơ amoniac từ hệ thống phân tách nitơ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất khí sinh học bằng cách phân hủy kỵ khí hai pha nguyên liệu, tức là sinh khối hoặc nguyên liệu hữu cơ. Cụ thể, quy trình theo sáng chế bao gồm bước xác định trạng thái nitơ (tỷ lệ mol của cacbon và nitơ, tức là tỷ lệ mol C/N hoặc hàm lượng nitơ tổng số hoặc hàm lượng nitơ amoniac) trong nguyên liệu và ở các bước khác nhau của quy trình này. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến phương pháp kiểm soát trạng thái nitơ để tối ưu hóa quá trình phân hủy kỵ khí hai pha và nạp nhiều nguyên liệu khác nhau vào quy trình. Quy trình theo sáng chế sử dụng vi sinh vật sản sinh amoniac để khoáng hóa nitơ trong pha thứ nhất của quá trình phân hủy kỵ khí, và bước thu hồi và phân tách nitơ và phosphat trước khi bắt đầu pha thứ hai của quá trình phân hủy kỵ khí để tạo ra khí sinh học. Ngoài ra, quy trình theo sáng chế tạo điều kiện thuận lợi cho việc tái tuần hoàn nước thải tạo khí sinh học vào quy trình.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Quá trình phân hủy kỵ khí sinh khối diễn ra trong bốn giai đoạn (1) thủy phân, (2) sản sinh axit, (3) sản sinh axit axetic và (4) sản sinh metan. Trong quá trình thủy phân, các phân tử polyme hữu cơ được chuyển hóa thành các hợp chất mạch ngắn, như oligome, đime và monome. Phụ thuộc vào nguyên liệu ban đầu, các hợp chất mạch ngắn này bao gồm đường, axit amin hoặc axit béo. Sau đó quá trình sản sinh axit biến đổi các phân tử này thành axit carboxylic mạch ngắn, keton, rượu, hydro và cacbon đioxit. Trong quá trình sản sinh axit axetic, axit carboxylic mạch ngắn và rượu được biến đổi thành axit axetic, hydro và cacbon đioxit, mà sau đó được biến đổi thành metan trong quá trình sản sinh metan. Các giai đoạn khác nhau của quá trình phân hủy kỵ khí được thực hiện bởi các quần xã vi sinh vật riêng biệt. Các nhóm này cùng nhau tạo ra quần thể vi sinh vật có khả năng phân hủy hiệp đồng sinh khối. Quần thể này bao gồm (a) vi sinh vật thủy phân và vi sinh vật sản sinh axit, (b) vi sinh vật sản sinh axit axetic, và (c) vi sinh vật sản sinh metan. Quá trình phân hủy kỵ khí tạo ra khí sinh học là hỗn hợp chứa metan (50-75%) và cacbon đioxit (25-50%), cũng như lượng nhỏ các thành phần khác, như hydro sulfua, nitơ, hydro, ẩm, oxy, amoniac và siloxan.

Thành phần nitơ chủ yếu trong nguyên liệu hữu cơ là có trong axit amin tạo ra phần protein của chất hữu cơ của nguyên liệu hoặc sinh khối. Trong quá trình phân hủy

ky khí, vi khuẩn lên men protein và phân giải protein là thành phần chủ yếu thuộc chi *Clostridium* (Ramsay & Pullammanappallil, 2001). Vi khuẩn này đã được mô tả trong Đơn Công bố Patent Mỹ số US2014/0271438 A1 và Patent Mỹ số 8,691,551, tức là quần thể hỗn hợp vi khuẩn S1 (được nộp lưu tại Ngân hàng giống và vi sinh vật Hà Lan với số đăng ký là CBS 136063 theo quy định của Hiệp ước Budapest) có hoạt tính cao trong phân hủy hợp chất có nitơ trong các nguyên liệu hữu cơ khác nhau nhờ thủy phân kỵ khí và sản sinh axit. Đồng thời, hoạt tính vi sinh vật giải phóng nitơ hữu cơ dưới dạng amoniac/amoni vô cơ trong quá trình được gọi là quá trình tạo amoniac hoặc khoáng hóa nitơ.

Các nguồn nitơ khác trong nguyên liệu hữu cơ thường được sử dụng làm nguyên liệu là urea, axit uric và amoniac có trong, ví dụ nước tiểu và phân động vật. Ngoài ra, các nguyên liệu, như bùn nước thải có thể chứa hàm lượng cao của nitơ trong các hợp chất, như axit nucleic. Sinh khối thực vật và cỏ ủ tươi có thể giàu nitrat, trong số các dạng nitơ khác. Nguyên liệu thường được sử dụng trong quy trình theo sáng chế bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, sản phẩm phụ dùng làm thức ăn chăn nuôi có nguồn gốc từ động vật, sản phẩm phụ dùng làm thức ăn chăn nuôi có nguồn gốc từ cá, chất thải lò mổ, phần hữu cơ của chất thải rắn đô thị, cây trồng năng lượng, chất thải thực phẩm, bùn thải, sản phẩm phụ của công nghiệp thực phẩm, và sản phẩm phụ của quá trình trồng cây.

Thuật ngữ “nguyên liệu” hoặc “vật liệu” được dùng trong bản mô tả để chỉ nguyên liệu thô được cấp vào nhà máy chế biến. Quá trình sản xuất khí sinh học từ nguyên liệu giàu nitơ, ví dụ chất thải hữu cơ, có kèm theo giải phóng nitơ phi protein, như amoniac. Hàm lượng cao amoniac ức chế hoạt tính của các vi sinh vật tham gia vào quá trình phân hủy kỵ khí, và kết quả là dẫn đến tích tụ axit carboxylic mạch ngắn, tức là axit béo dễ bay hơi. Nghiên cứu gần đây đã cho thấy hàm lượng cao amoniac này gây giảm biểu hiện methyl-coenzym M reductaza, là enzym xúc tác phản ứng tạo metan cuối cùng của quá trình sản sinh metan (Zhang *et al.* 2014). Điều này dẫn đến giảm sử dụng axit axetic bởi vi sinh vật sản sinh metan từ axit axetic, và sự giảm độ pH sau đó gây ra bởi sự tích tụ axit béo dễ bay hơi. Sự thay đổi này trong các điều kiện có thể dẫn đến bất hoạt thủy phân protein, sản sinh axit và tạo amoniac, như được kiểm chứng trong quá trình nuôi cấy bằng *Clostridium sporogenes* MD1, ở đó dòng vào của axit béo dễ bay hơi dạng

anion gây giải phóng glutamat nội bào, là chất mang chứa các nhóm amin trong các phản ứng khử amin và chuyển amin của quá trình chuyển hóa axit amin (Flythe & Russell 2006). Ngoài ra, sự ức chế sản phẩm cuối cùng gây ra bởi hàm lượng amoniac cao được cho là làm chậm quá trình chuyển hóa sản xuất amoniac. Do đó, lượng amoniac dư thừa ảnh hưởng đến quá trình phân hủy kỵ khí ở nhiều mức độ, làm giảm cả hiệu suất sản xuất amoniac cũng như sản xuất khí sinh học.

Việc kiểm soát tỷ lệ mol của cacbon và nitơ (C/N) của nguyên liệu có thể giảm lượng amoniac nạp vào trong quá trình phân hủy kỵ khí. Tỷ lệ mol C/N là số lượng nguyên tử cacbon có mặt tính trên một nguyên tử nitơ. Tỷ lệ C/N cũng có thể được tính toán và thể hiện dưới dạng tỷ lệ khối lượng của cacbon và nitơ. Tỷ lệ mol C/N có thể được xác định từ tỷ lệ khối lượng C/N bằng cách nhân với 1,17, tức là tỷ lệ mol C/N cao hơn tỷ lệ khối lượng C/N 17%. Tỷ lệ này được tính toán dựa trên sự khác biệt về khối lượng mol của nguyên tử cacbon và nguyên tử nitơ. Các thông số khác để biểu thị cacbon hoặc nitơ để tính toán tỷ lệ C/N bao gồm nhu cầu oxy hóa học (COD) hoặc cacbon hữu cơ tổng số (TOC) để thể hiện hàm lượng cacbon và nitơ Kjeldahl tổng số (TKN) hoặc nitơ tổng số (biểu thị nguyên tố nitơ tổng số hoặc tổng lượng nitrat NO_3^- , nitrit NO_2^- , nitơ hữu cơ và nitơ amoniac, phụ thuộc vào phương pháp xác định) để thể hiện hàm lượng nitơ.

Trong sản xuất khí sinh học, tỷ lệ C/N cao, tức là thiếu nitơ, dẫn đến việc sử dụng không hiệu quả carbon do lượng sinh khối vi sinh vật thấp, trong khi đó tỷ lệ C/N thấp, tức là dư nitơ, có thể gây ức chế amoniac của sản phẩm metan. Tỷ lệ C/N tối ưu có thể được tạo ra thông qua quá trình phân hủy đồng thời nguyên liệu giàu nitơ và nguyên liệu nghèo nitơ. Tuy nhiên, trong quá trình tạo khí sinh học từ sản phẩm phụ giàu nitơ từ lò mổ động vật, việc tăng COD thông qua quá trình phân hủy đồng thời với nguyên liệu giàu cacbon không làm tăng sản phẩm metan từ nguyên liệu giàu nitơ này (Resch *et al.* 2011). Quá trình phân hủy kỵ khí hai pha nguyên liệu giàu nitơ, có đi kèm thu hồi nitơ bằng cách cất, đã được đề cập đến để giảm hàm lượng amoniac trong quá trình tạo khí sinh học (Patent Mỹ số 6,716,351 B2). Tuy nhiên, quy trình theo Patent này bị giới hạn về nguyên liệu giàu nitơ.

Quá trình phân hủy kỵ khí hai pha với pha sản phẩm axit và pha sản phẩm metan tách biệt đã được đề cập đến trong các tài liệu Patent đã biết. Ví dụ, Patent Mỹ số 4,022,665

B2 đề cập đến hệ thống hai pha sử dụng phương pháp tái tuần hoàn nước thải tạo khí sinh học quay lại pha thứ nhất, tức là giai đoạn thủy phân và sản sinh axit. Patent Mỹ số 7,309,435 B2, Patent Châu Âu số 1,181,252 B1 và Patent Châu Âu số 2,220,004 B1 đề cập đến hệ thống hai pha sử dụng phương pháp kiểm soát lần lượt thế oxy hóa-khử, hàm lượng axit béo dễ bay hơi, hoặc độ pH để tăng cường hiệu suất quy trình. Patent Mỹ số 8,642,304 B2 đề cập đến hệ thống hai pha sử dụng phương pháp kiểm soát hàm lượng axit béo dễ bay hơi giữa hai thiết bị phản ứng sản sinh metan để làm tăng quá trình phân hủy. Các tài liệu này đều không đề cập đến quần xã vi sinh vật để thực hiện thủy phân và sản sinh axit, phương pháp thu hồi chất dinh dưỡng, có liên quan đến chế phẩm nguyên liệu hoặc khả năng phân hủy đồng thời hoặc phân hủy một giai đoạn, hoặc sử dụng phương pháp kiểm soát trạng thái nitơ để tăng cường sản xuất khí sinh học.

Các phương pháp phân tách amoniac khác với phương pháp cần cũng đã được sử dụng trong quá trình phân hủy kỵ khí. Đơn Patent Châu Âu số 2,039,775 A2 đề cập đến hệ thống hai pha ở đó quá trình lên men amoniac được thực hiện với một chủng vi khuẩn, hoặc hỗn hợp các chủng vi khuẩn, được kết hợp với phân tách amoniac dưới dạng khí amoniac bằng cách khuấy nguyên liệu đã lên men. Amoniac bị bay hơi vào khí quyển hoặc được thu hồi để sản xuất hydro, nhưng không được thu hồi ở dạng thích hợp sử dụng làm phân bón. Ngoài ra, các điều kiện được sử dụng, độ pH kiềm nhẹ nằm trong khoảng từ 8 đến 8,5 và nhiệt độ nằm trong khoảng từ 55°C đến 65°C không thích hợp cho quá trình bay hơi amoniac. Đơn Patent Châu Âu số 2,614,890 A1 đề cập đến quy trình một pha ở đó amoniac được phân tách bằng cách trao đổi ion. Phương pháp này cần có các hóa chất để tái sinh nhựa trao đổi ion và phân tách cẩn thận chất rắn khỏi bùn phân hủy trước khi đưa vào nhựa này.

WO2013038216 A1 đề cập đến quy trình một pha ở đó quần xã vi sinh vật đặc trưng được sử dụng để phân hủy kỵ khí các cơ chất giàu protein. Tuy nhiên quần xã vi sinh vật này rất khác với quần thể vi khuẩn S1, chứa lên đến 50% vi khuẩn thuộc bộ *Pseudomonales*, và cũng chứa vi khuẩn cổ sản sinh metan mà không có trong quần thể vi khuẩn S1.

Đơn Patent Châu Âu số 2,578,558 A1 đề cập đến phương pháp thu hồi nitơ từ quá trình phân hủy kỵ khí bằng cách thực hiện quá trình cất bằng cách tái tuần hoàn khí sinh học được tạo ra. Muối phân bón amoni vô cơ và hỗn hợp phân bón hữu cơ được tạo ra từ

phương pháp này. Độ pH tăng không được sử dụng trong quá trình cất, mà có thể làm cho cất không hiệu quả amoniac và dẫn đến ức chế amoniac trong quá trình phân hủy kỵ khí.

Patent Mỹ số 8,613,894 B2 đề cập đến phương pháp và hệ thống thu hồi chất dinh dưỡng từ dòng thải của thiết bị phân hủy kỵ khí bằng các hệ thống thông khí và gia nhiệt khác nhau. Trong phương pháp này, các khí hòa tan, như cacbon đioxit, metan và amoniac được phân tách sau khi phân hủy kỵ khí ở điều kiện nhiệt độ cao và kết hợp khuấy trộn trong thời gian từ 12 đến 36 giờ. Phương pháp này tốn thời gian và chỉ phân tách amoniac đến mức độ nhất định.

Patent Châu Âu số 0,970,922 B1 đề cập đến phương pháp phân tách các chất ức chế, như amoniac khỏi thiết bị phản ứng khí sinh học bằng cách phân tách các thành phần lỏng và rắn qua màng. Nhược điểm của phương pháp này là ở chỗ axit béo dễ bay hơi cũng bị rửa trôi khỏi thiết bị phản ứng cùng với amoniac, dẫn đến làm giảm hiệu suất khí sinh học.

Patent Châu Âu số 1,320,388 B1 đề cập đến quy trình thu hồi chất dinh dưỡng từ quá trình phân hủy kỵ khí một pha hoặc hai pha nhờ quá trình phân tách rắn-lỏng và cất amoniac. Nước thải cũng được tái tuần hoàn trong quy trình này. Quy trình này không sử dụng quần xã vi sinh vật để biến đổi nitơ hữu cơ thành nitơ vô cơ, và phương pháp kiểm soát trạng thái nitơ (tỷ lệ C/N) để tạo ra các điều kiện tối ưu để phân hủy kỵ khí.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Có nhu cầu về quy trình tạo ra giải pháp toàn diện để giải quyết các vấn đề nêu trên. Nhìn chung, quy trình theo sáng chế có thể được thực hiện bằng cách lên men nguyên liệu trong thiết bị phản ứng thứ nhất (để sản sinh amoniac) và trong thiết bị phản ứng thứ hai (để sản sinh khí sinh học) hoặc chỉ trong thiết bị phản ứng thứ hai, phụ thuộc vào việc liệu hàm lượng nitơ của nguyên liệu và hàm lượng các thành phần có trong thiết bị phản ứng có nằm trong khoảng tối ưu hay không. Quy trình theo sáng chế tạo ra độ linh hoạt ở mặt phân cách nguyên liệu, sao cho một hoặc nhiều loại nguyên liệu có thể được xử lý mà không cần nhiều thời gian thích nghi.

Theo một phương án, mục đích của sáng chế là đề cập đến quy trình sản xuất khí sinh học từ một hoặc nhiều nguyên liệu, trong đó khí sinh học được sản xuất trong ít nhất một thiết bị phản ứng thứ hai, bao gồm các bước sau:

(a) xác định hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số (N) trong các chất rắn dễ bay hơi hoặc tỷ lệ mol của cacbon và nitơ (tỷ lệ mol C/N) của một hoặc nhiều nguyên liệu, và

(b) xác định hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N của các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai,

trong đó nguyên liệu này là giàu nitơ khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này nhỏ hơn 15, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi,

trong đó nguyên liệu này là giàu cacbon khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này lớn hơn 15, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này nhỏ hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi,

trong đó trạng thái nitơ trong thiết bị phản ứng thứ hai là tối ưu khi tỷ lệ mol C/N trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng này nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12, hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng này nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5g/L, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng này nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8g/L,

(c) khi kết quả xác định trạng thái nitơ trong bước (a) hoặc bước (b) cho thấy rằng nguyên liệu này là giàu nitơ, hoặc thiết bị thứ hai có tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn tỷ lệ mol C/N tối ưu hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số cao hơn hàm lượng tối ưu, xử lý nguyên liệu giàu nitơ này trong thiết bị phản ứng thứ nhất bằng ít nhất một loài vi sinh vật sản sinh amoniac để thu được bùn phân hủy amoniac,

trong đó bùn phân hủy amoniac là bùn phân hủy thu được từ thiết bị phản ứng thứ nhất ở đó nguyên liệu đã được tạo amoniac cho đến khi tốt hơn nếu lớn hơn 50% nguyên tố nitơ tổng số trong nguyên liệu được biến đổi thành amoniac,

(d) phân phối bùn phân hủy amoniac từ thiết bị phản ứng thứ nhất vào hệ thống phân tách nitơ,

(e) xử lý bùn phân hủy amoniac trong hệ thống phân tách nitơ để thu được bùn

phân hủy đã khử amoniac,

trong đó bùn phân hủy đã khử amoniac là bùn phân hủy amoniac được nạp qua hệ thống phân tách nitơ để phân tách ít nhất 80% nitơ amoniac,

(f) phân phối bùn phân hủy đã khử amoniac từ hệ thống phân tách nitơ vào thiết bị phản ứng thứ hai;

(g) khi kết quả xác định trạng thái nitơ trong bước (a) cho thấy rằng nguyên liệu này là giàu cacbon, phân phối nguyên liệu giàu cacbon này trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai;

(h) khi kết quả xác định trạng thái nitơ trong bước (b) cho thấy rằng thiết bị phản ứng thứ hai có tỷ lệ mol C/N cao hơn tỷ lệ mol C/N tối ưu hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số nhỏ hơn hàm lượng tối ưu, phân phối nguyên liệu giàu nitơ này trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai;

quy trình này còn bao gồm các bước sau:

(i) sản xuất khí sinh học từ nguyên liệu đã được phân phối bằng ít nhất một loài vi sinh vật sản sinh metan trong thiết bị phản ứng thứ hai, và

(j) xác định trạng thái nitơ của bùn phân hủy đã khử amoniac sau khi phân tách nitơ và kiểm soát hiệu suất của hệ thống phân tách nitơ và tốc độ dòng của bùn phân hủy đã khử amoniac vào thiết bị phản ứng thứ hai.

Theo một số phương án, ít nhất một loài vi sinh vật sản sinh amoniac là quần thể hỗn hợp vi sinh vật hoặc quần xã vi sinh vật. Theo một số phương án, ít nhất một loài vi sinh vật sản sinh metan là quần xã vi sinh vật. Theo một số khía cạnh của quy trình theo sáng chế, quần thể hỗn hợp vi sinh vật sản sinh amoniac là quần thể hỗn hợp S1 - quần thể hỗn hợp vi khuẩn này đã được nộp lưu ở Ngân hàng giống và vi sinh vật Hà Lan (Centraalbureau voor Schimmelcultures) với số đăng ký là CBS 136063.

Hơn nữa, khi tỷ lệ mol C/N của các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai lớn hơn khoảng tối ưu, hoặc hàm lượng của nguyên tố nitơ tổng số hoặc nitơ amoniac tổng số của các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai nhỏ hơn khoảng tối ưu, nitơ được phân phối vào thiết bị phản ứng thứ hai bằng cách thực hiện một hoặc nhiều bước sau:

- (i) bổ sung nitơ amoniac vào thiết bị phản ứng thứ hai,
- (ii) phân hủy đồng thời nguyên liệu giàu nitơ và nguyên liệu giàu cacbon trong thiết bị phản ứng thứ hai,
- (iii) phân phối nguyên liệu giàu nitơ này trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai và không thực hiện quá trình tạo amoniac hoặc phân tách nitơ,
- (iv) tăng hàm lượng của nitơ amoniac tổng số hoặc nguyên tố nitơ tổng số trong bùn phân hủy đã khử amoniac bằng cách kiểm soát hiệu suất của hệ thống phân tách nitơ và kiểm soát tốc độ dòng của bùn phân hủy đã khử amoniac vào thiết bị phản ứng thứ hai.

Quy trình theo sáng chế cũng bao gồm bước giảm hàm lượng chất rắn trong bùn phân hủy amoniac trước khi nạp bùn phân hủy amoniac vào hệ thống phân tách nitơ. Chất rắn được phân tách từ bùn phân hủy amoniac tùy ý được chuyển trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai, hoặc vào hệ thống thu hồi phospho, trước khi chuyển chất rắn vào thiết bị phản ứng thứ hai.

Quy trình theo sáng chế cũng bao gồm bước phân tách bùn phân hủy từ thiết bị phản ứng thứ hai thành pha rắn có hàm lượng chất rắn tăng và pha lỏng có hàm lượng chất rắn giảm; và tái tuần hoàn pha lỏng vào thiết bị phản ứng thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng thứ hai.

Quy trình theo sáng chế được thực hiện trong thiết bị phản ứng thứ nhất và thiết bị phản ứng thứ hai, hoặc thiết bị phản ứng thứ hai, ở khoảng nhiệt độ thích hợp cho cơ chất và vi sinh vật được chọn. Do đó, nhiệt độ trong thiết bị phản ứng thứ nhất và/hoặc trong thiết bị phản ứng thứ hai nằm trong khoảng nhiệt độ trung bình, nằm trong khoảng từ 30°C đến 40°C, hoặc nằm trong khoảng nhiệt độ cao, nằm trong khoảng từ 45°C đến 60°C.

Tốt hơn nữa, khi nitơ amoniac được phân tách từ quy trình này như được thực hiện trong thiết bị phản ứng thứ nhất, amoniac được thu hồi dưới dạng nước amoniac và/hoặc muối amoni.

Tốt hơn nữa, khi quy trình theo sáng chế cũng bao gồm bước thu hồi phospho, phospho được thu hồi dưới dạng dung dịch phosphat hoặc muối kết tủa. Tùy ý, dung dịch phosphat được sử dụng làm chất hấp phụ trong hệ thống phân tách nitơ.

Theo phương án ưu tiên, quá trình tạo amoniac được thực hiện trong thiết bị phản ứng thứ nhất như sau: thứ nhất, nguyên liệu giàu nitơ chứa nhỏ hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi được phân phối trong thiết bị phản ứng thứ nhất để tạo amoniac sơ bộ,

thứ hai, nguyên liệu giàu nitơ chứa lớn hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi được phân phối vào thiết bị phản ứng thứ nhất để tiếp tục tạo amoniac với nguyên liệu đã được tạo amoniac sơ bộ.

Tùy ý, khí được tạo ra trong thiết bị phản ứng thứ nhất được nạp vào thiết bị phản ứng thứ hai để tăng cường hiệu suất khí sinh học.

Theo phương án thứ hai, sáng chế đề cập đến hệ thống sản xuất khí sinh học từ nguyên liệu, bao gồm:

thiết bị phản ứng thứ nhất để xử lý nguyên liệu để thực hiện quá trình tạo amoniac để thu được bùn phân hủy amoniac,

hệ thống để phân tách nitơ để thu được bùn phân hủy đã khử amoniac từ bùn phân hủy amoniac,

thiết bị phản ứng thứ hai để sản xuất khí sinh học từ bùn phân hủy đã khử amoniac,

thiết bị để phân phối riêng nhiều loại nguyên liệu vào thiết bị phản ứng thứ nhất,

thiết bị để phân phối bùn phân hủy amoniac từ thiết bị phản ứng thứ nhất vào hệ thống phân tách nitơ

thiết bị để phân phối bùn phân hủy đã khử amoniac từ hệ thống phân tách nitơ vào thiết bị phản ứng thứ hai,

thiết bị để phân phối nguyên liệu hoặc nitơ amoniac trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai.

Trong hệ thống theo sáng chế, trạng thái nitơ trong quy trình này được kiểm soát bằng:

hệ thống đo lường thứ nhất để xác định hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi hoặc tỷ lệ mol của cacbon và nitơ trong nguyên liệu,

hệ thống đo lường thứ hai để xác định hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong bùn phân hủy đã khử amoniac sau khi phân tách nitơ,

hệ thống đo lường thứ ba để xác định hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai,

thiết bị để kiểm soát phân phối nguyên liệu giàu nitơ, nguyên liệu giàu cacbon hoặc nguyên liệu giàu nitơ chứa lớn hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi vào thiết bị phản ứng thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng thứ hai, để duy trì hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong thiết bị phản ứng thứ hai nằm trong khoảng tối ưu,

thiết bị để kiểm soát hiệu suất của hệ thống phân tách nitơ và tốc độ dòng của bùn phân hủy amoniac vào thiết bị phản ứng thứ hai, dựa trên dữ liệu đo từ hệ thống đo lường thứ hai và hệ thống đo lường thứ ba, để duy trì hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong thiết bị phản ứng thứ hai nằm trong khoảng tối ưu,

trong đó nguyên liệu này là giàu nitơ khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này nhỏ hơn 15, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi,

trong đó nguyên liệu này là giàu cacbon khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này lớn hơn 15, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này nhỏ hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi,

trong đó trạng thái nitơ trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai là tối ưu khi tỷ lệ mol C/N nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12 hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5g/L hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8g/L.

Ví dụ về hệ thống phân tách nitơ bao gồm thiết bị để cất khí amoniac hoặc amoni được sản sinh trong quá trình tạo amoniac. Thiết bị để phân phối nguyên liệu vào thiết bị phản ứng thứ nhất, thiết bị để phân phối bùn phân hủy amoniac từ thiết bị phản ứng thứ nhất vào hệ thống phân tách nitơ, và thiết bị để phân phối bùn phân hủy đã khử amoniac

từ hệ thống phân tách nitơ vào thiết bị phản ứng thứ hai, và thiết bị để phân phối nguyên liệu hoặc nitơ amoniac trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai được trang bị bom, ống dẫn, đường ống, máng dẫn, thích hợp để vận chuyển chất lỏng và thùng chứa, và/hoặc băng tải để vận chuyển chất rắn hoặc chất bán rắn.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ thể hiện dòng nguyên liệu khi vận hành hệ thống theo sáng chế.

Fig.2 là biểu đồ thể hiện kết quả của mô hình tính toán hàm lượng amoniac/amoni trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học khi các phương pháp phân tách nitơ khác nhau được áp dụng.

Fig.3 là sơ đồ thể hiện quy trình và hệ thống theo sáng chế.

Fig.4 là sơ đồ thể hiện quy trình vận hành mô hình máy tính theo Ví dụ 2.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề cập đến quy trình hai pha cải tiến để tối ưu hóa sản xuất khí sinh học từ nguyên liệu, tức là nguyên liệu hữu cơ.

Sáng chế cũng đề cập đến hệ thống hai pha để phân hủy kỵ khí nguyên liệu hữu cơ. Pha thứ nhất bao gồm các giai đoạn thủy phân và sản sinh axit của quá trình phân hủy kỵ khí được thực hiện trong bình chứa thứ nhất chứa quần xã vi sinh vật sản sinh amoniac. Trong pha này, phần lớn nitơ hữu cơ chứa trong nguyên liệu được giải phóng dưới dạng amoniac. Bước phân tách nitơ được thực hiện sau quá trình tạo amoniac. Phương pháp bất kỳ đã biết để phân tách nitơ có thể được áp dụng. Sau khi phân tách nitơ, nguyên liệu được sử dụng là nguyên liệu khí sinh học trong pha thứ hai của quá trình phân hủy kỵ khí. Để duy trì khả năng sản sinh metan của nguyên liệu, quan trọng là càng ít cacbon bị thất thoát trong pha thứ nhất càng tốt. Do đó, pha tạo amoniac được thực hiện trong điều kiện kỵ khí để giảm thiểu thất thoát carbon vào khí quyển dưới dạng cacbon dioxit. Ngoài ra, phương pháp phân tách nitơ cần không tiêu thụ hoặc làm bay hơi axit béo dễ bay hơi được tạo ra trong quá trình tạo amoniac. Sau khi phân tách nitơ, độ pH cần gần trung tính và hàm lượng amoniac thấp đủ để tạo thuận lợi cho các điều kiện tối ưu để tạo khí sinh học. Dòng ra của nguyên liệu trong hệ thống này được điều khiển nhờ quan sát và kiểm soát trạng thái nitơ trong các bước khác nhau của quy trình này.

Hệ thống này có nhiều ưu điểm để tăng hiệu suất và khả năng phân hủy kỵ khí hai pha: (1) thích hợp cho nhiều loại nguyên liệu; (2) sản sinh metan ổn định và hiệu quả hơn do tỷ lệ C/N và hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số không đổi; (3) không cần thời gian thích nghi kéo dài giữa các nguyên liệu khác nhau; (4) giảm chi phí xử lý nước thải do quy trình tái tuần hoàn nước; (5) sản phẩm hoặc thành phần phân bón dễ bán.

Để hiểu rõ ràng hơn sáng chế, các thuật ngữ sau được định nghĩa. Các thuật ngữ được liệt kê dưới đây, trừ khi có quy định khác, sẽ được sử dụng và có nghĩa như đã được thể hiện. Các thuật ngữ khác có thể được định nghĩa trong toàn bộ bản mô tả.

Cần hiểu rằng toàn bộ các thuật ngữ số ít cũng bao gồm số nhiều, dạng chủ động và quá khứ của thuật ngữ, trừ khi có quy định khác.

Thuật ngữ “có nitơ” có nghĩa là chứa nguyên tố hóa học nitơ.

Thuật ngữ “có cacbon” có nghĩa là chứa nguyên tố hóa học cacbon.

Thuật ngữ “nguyên liệu” và “sinh khối” được dùng trong bản mô tả để chỉ nguyên liệu hữu cơ chứa tỷ lệ phần trăm thay đổi của hợp chất có nitơ, ví dụ protein, axit nucleic, urea và axit uric, và/hoặc hợp chất có cacbon và không có nitơ, ví dụ chất béo, xenluloza, tinh bột, đường và lipid. Nguyên liệu dùng trong quy trình theo sáng chế bao gồm, ví dụ các chất thải được tạo ra bởi quá trình công nghiệp, như sản phẩm phụ dùng làm thức ăn chăn nuôi có nguồn gốc từ động vật, sản phẩm phụ dùng làm thức ăn chăn nuôi có nguồn gốc từ cá, chất thải lò mổ, pha hữu cơ của chất thải rắn đô thị, cây trồng năng lượng, chất thải thực phẩm, bùn thải, sản phẩm phụ của công nghiệp thực phẩm, và sản phẩm phụ của quá trình trồng cây và tương tự.

Thuật ngữ “chất rắn tổng số” được dùng trong bản mô tả để chỉ hàm lượng chất rắn của nguyên liệu. Chất rắn tổng số bao gồm cả chất rắn hòa tan lẫn chất rắn không hòa tan (ngoại trừ các hợp chất dễ bay hơi, như rượu có thể bay hơi trong quá trình sấy). Chất rắn tổng số là phần còn lại sau khi sấy mẫu nguyên liệu ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 103°C đến 105°C trong 20 đến 22 giờ hoặc cho đến khi khối lượng không đổi.

Thuật ngữ “chất rắn dễ bay hơi” được dùng trong bản mô tả để chỉ hàm lượng chất hữu cơ của nguyên liệu. Chất rắn dễ bay hơi được xác định đối với mẫu nguyên liệu sau khi xác định chất rắn tổng số, sao cho mẫu là mẫu khô trước khi đốt cháy. Chất rắn dễ

bay hơi là phần được bay hơi (tức là khối lượng mất) trong quá trình đốt cháy ở nhiệt độ 550°C trong 1 đến 2 giờ hoặc cho đến khi khối lượng không đổi.

Thuật ngữ “quá trình lên men” hoặc “lên men” được dùng trong bản mô tả để chỉ quá trình chuyển hóa kỵ khí bởi vi sinh vật ở đó các phân tử hữu cơ đóng vai trò là cả chất nhường điện tử lẫn chất nhận điện tử. Quá trình lên men khác với quá trình hô hấp, ở đó các điện tử có nguồn gốc từ các phân tử chất dinh dưỡng được nhường cho oxy (hô hấp hiếu khí) hoặc các phân tử/ion vô cơ khác, như nitrat, sulfat, cacbon đioxit hoặc sắt III (hô hấp kỵ khí). Trong quá trình lên men, các phân tử chất dinh dưỡng được khử thành các phân tử hữu cơ mạch ngắn, như axit béo dễ bay hơi và rượu.

Thuật ngữ “thiết bị phản ứng”, “thiết bị phản ứng sinh học” hoặc “thiết bị phân hủy” được dùng trong bản mô tả để chỉ bình được sử dụng trong quá trình phân hủy kỵ khí, lên men, tạo khí sinh học, thủy phân, sản sinh axit hoặc tạo amoniac theo sáng chế, và các thuật ngữ này được sử dụng thay thế cho nhau trong bản mô tả trừ khi có quy định khác.

Thuật ngữ “tạo khí sinh học” hoặc “sản xuất khí sinh học” được dùng trong bản mô tả để chỉ quá trình phân hủy kỵ khí bằng vi sinh vật chủ yếu tạo ra hỗn hợp metan, cacbon đioxit và các thành phần phụ khác (khí sinh học) là sản phẩm hữu ích cuối cùng. Bốn giai đoạn của quá trình phân hủy kỵ khí, thủy phân, sản sinh axit, sản sinh axit axetic và sản sinh metan, dẫn đến bẻ gãy các phân tử mạch dài chứa trong nguyên liệu hữu cơ thành các monome và tiếp tục thành các hợp chất vô cơ hoặc hữu cơ hòa tan mạch ngắn và các thành phần khí của khí sinh học.

Thuật ngữ “nước thải” được dùng trong bản mô tả để chỉ pha lỏng của bùn phân hủy từ thiết bị phản ứng tạo khí sinh học. Pha lỏng được phân tách khỏi pha rắn bằng các phương pháp, như tuyển nổi, keo tụ, kết tủa, lọc và sàng và các thiết bị, như máy ly tâm lắng gạn, máy ép kiểu vít, máy nén kiểu trục quay hoặc máy ép đai.

Thuật ngữ “nước pha loãng” được dùng trong bản mô tả để chỉ nước được cấp vào thiết bị phản ứng hoặc riêng thiết bị phân hủy hoặc với nước thải để pha loãng thành phần trong thiết bị phản ứng hoặc thiết bị phân hủy để đạt được hàm lượng mong muốn của phép đo mong muốn, như chất rắn tổng số, chất rắn dễ bay hơi hoặc nitơ amoniac tổng số.

Thuật ngữ “quá trình tạo amoniac” được dùng trong bản mô tả để chỉ quá trình chuyển hóa vi sinh vật trong đó nitơ chứa trong các phân tử hữu cơ được biến đổi thành dạng nitơ vô cơ, amoni/amoniac. Trong quy trình theo sáng chế, quá trình tạo amoniac xảy ra đồng thời với thủy phân và sản sinh axit trong thiết bị phản ứng thứ nhất của hệ thống này trong sự có mặt của vi sinh vật sản sinh amoniac, có thể là các loài đơn hoặc chủng vi sinh vật, hoặc quần thể hỗn hợp vi sinh vật hoặc quần xã vi sinh vật.

Thuật ngữ “các loài vi sinh vật sản sinh amoniac” được dùng trong bản mô tả để chỉ các loài hoặc chủng vi sinh vật hữu ích để sản sinh amoniac hoặc amoni trong quá trình lên men. Các quần xã vi sinh vật thủy phân và sản sinh axit bao gồm các chi vi khuẩn, như *Bacterioides*, *Clostridia*, *Bifidobacteria*, *Streptococci* và *Enterobacteriaceae*, một số vi khuẩn này cũng có trong quần thể hỗn hợp vi khuẩn tạo amoniac S1 đã được nộp lưu ở Ngân hàng giống và vi sinh vật Hà Lan (Centraalbureau voor Schimmelcultures) với số đăng ký là CBS 136063. Ngoài ra, các chủng vi khuẩn đơn có thể thực hiện các giai đoạn thủy phân, sản sinh axit và tạo amoniac, như vi khuẩn sản sinh amoniac hiệu năng cao *Peptostreptococcus anaerobius* C, *Clostridium sticklandii* SR và *Clostridium aminophilum* F^T, nhưng bản thân thông thường không thể đáp ứng được hoạt tính của quần thể vi sinh vật. Quần xã vi sinh vật sản sinh amoniac có thể được nuôi cấy tăng sinh từ các vi sinh vật chứa trong chính nguyên liệu, nhưng như được kiểm chứng trong Đơn công bố Patent Mỹ số 20140271438, việc bổ sung chủng cấy của quần xã vi sinh vật đặc trưng trong quá trình chuyển hóa và tạo amoniac các phân tử sinh học có nitơ thường tăng cường và ổn định hiệu suất quy trình.

Quần thể hỗn hợp vi khuẩn S1 của US20140271438 được đặc trưng bởi phân tích dữ liệu và giải trình tự 16S bằng nguyên lý tổng hợp, và chứa 98,7% vi khuẩn thuộc bộ *Clostridiales* (Bảng 1). *Sporanaerobacter acetigenes* chiếm 75,9% tổng số quần thể hỗn hợp vi khuẩn. Các chi thông thường khác thuộc bộ *Clostridiales* có trong S1 là *Clostridium* (15,5% quần thể tổng số), *Caloramator* và *Tissierella*, và các loài *Mahella australiensis*. Vi khuẩn thuộc các bộ khác chiếm 1,3% còn lại của quần thể hỗn hợp vi khuẩn S1. Quần thể hỗn hợp vi khuẩn S1 thường có khả năng giải phóng 60-80% nitơ có trong các nguyên liệu hữu cơ khác nhau, như amoniac, trong vòng 24 đến 72 giờ. Quần thể hỗn hợp vi khuẩn S1 có thể dung nạp hàm lượng cao amoniac, thể hiện hoạt tính $\leq 16\text{g NH}_4^+\text{-N L}^{-1}$.

US20140271438 cũng đề cập đến các quần thể hỗn hợp vi khuẩn tạo amoniac khác, đáng chú ý nhất là quần thể hỗn hợp vi khuẩn C1. Phân tích quần thể hỗn hợp C1 và S1 được thực hiện trên ADN được thu nhận bằng cách chiết xuất trong hỗn hợp phenol-cloroform-rượu isoamyllic từ dịch nuôi cấy vi khuẩn ở đó các tế bào đã được phá vỡ bằng phương pháp nghiền bi. Quần thể C1 được tạo ra bằng cách trộn bột xương và thịt không vô trùng (MBM) do Findest Protein Oy, Finland sản xuất với nước máy lạnh theo tỷ lệ 180g MBM/L nước. Quần thể S1 được tạo ra bằng cách trộn bột xương và thịt không vô trùng (SARIA Bio-Industries AG & Co. KG, Germany) với nước máy lạnh theo tỷ lệ 180g MBM/L nước. MBM được nuôi cấy không sục khí ở nhiệt độ 50°C cho đến khi hàm lượng NH₃ giảm, và thu được pha sinh trưởng ổn định.

Trước khi chiết tách ADN, các quần thể đã được nuôi cấy trong 4 ngày ở nhiệt độ 50°C bằng cách bổ sung 5% (thể tích/thể tích) chủng cấy S1 hoặc C1 trong môi trường MBM vô trùng [180g MBM/L nước]. Phân tích gen 16S của vi khuẩn bằng phương pháp giải trình tự dựa trên nguyên lý tổng hợp sản phẩm khuếch đại FLX được mã hóa-trình tự đánh dấu (bTEFAP) và phân tích dữ liệu đa dạng vi khuẩn được thực hiện bởi Research and Testing Lab (Lubbock, Texas, USA) như được mô tả trong tài liệu Dowd *et al.* 2008 và Wolcott *et al.* 2009. Các đoạn mồi 28F “GAGTTTGATCNTGGCTCAG” (SEQ ID NO:1) và 519R “GTNTTACNGCGGCKGCTG” (SEQ ID NO:2) được sử dụng để khuếch đại các vùng biến đổi 16S V1-3 (trong đó “N” là A, T/U, G hoặc C và trong đó “K” là T/U hoặc G).

Phân tích dữ liệu đa dạng vi khuẩn cho thấy sự có mặt của vi khuẩn thuộc 15 chi khác nhau (Bảng 1). Trong tổng số 23 kết quả phân tích, 16 được xác định ở cấp độ loài và 7 ở cấp độ chi. *Clostridium* spp. và *Sporanaerobacter acetigenes* chiếm chủ yếu trong cả hai quần thể.

Để xác định độ tương đồng của quần thể S1 với các quần xã vi sinh vật khác, các hệ số tương quan được tính toán từ dữ liệu được thể hiện trong Bảng 1 sử dụng phương trình (1), ở đó X và Y được dùng trong bản mô tả để chỉ hai ma trận, tương ứng là quần thể C1 và quần thể S1, mỗi tương quan giữa hai quần thể này được tính toán, x và y là các trị số đơn trong ma trận, và $\bar{x}$ và $\bar{y}$ là các trị số trung bình của toàn bộ các trị số trong ma trận. Các loài không có trong quần thể (các tế bào để trống trong Bảng 1) được gán trị số 0.

$$\text{Hệ số tương quan } (X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x}) (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

Thuật ngữ “gần như tương đồng” liên quan đến quần thể vi sinh vật hoặc vi khuẩn theo sáng chế, có nghĩa là quần thể vi sinh vật hoặc vi khuẩn có hệ số tương quan ít nhất bằng 0,8 khi so với một hoặc nhiều quần thể vi khuẩn được thể hiện trong Bảng 1. Tốt hơn nữa, quần thể vi sinh vật hoặc vi khuẩn gần như tương đồng có hệ số tương quan ít nhất bằng 0,9, và tốt hơn nữa nếu, quần thể vi sinh vật hoặc vi khuẩn gần như tương đồng có hệ số tương quan ít nhất bằng 0,95 khi so với một hoặc nhiều quần thể vi khuẩn được thể hiện trong Bảng 1. Hệ số tương quan giữa quần thể C1 và S1 bằng 0,9964.

Bảng 1

Kết quả phân tích dữ liệu đa dạng vi khuẩn: các chi và loài trong quần thể C1 và S1.

Các kết quả này được thể hiện dưới dạng tỷ lệ phần trăm quần thể tổng số

Các loài	Quần thể C1	Quần thể S1
<i>Bacillus sp.</i>	0,530	0,398
<i>Bacillus thermoamylovorans</i>	0,106	0,085
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	0,021	
<i>Caldicoprobacter oshimai</i>	0,042	0,085
<i>Caloramator sp</i>	2,669	5,200
<i>Clostridium botulinum</i>	6,948	4,632
<i>Clostridium cochlearium</i>	6,439	8,497
<i>Clostridium haemolyticum</i>	0,064	
<i>Clostridium oceanicum</i>	0,064	0,057
<i>Clostridium sp</i>	0,487	0,568
<i>Clostridium sporogenes</i>	0,530	0,483
<i>Clostridium ultunense</i>	5,507	1,250
<i>Garciella sp</i>	0,085	0,028
<i>Leptospira broomii</i>	0,021	
<i>Mahella australiensis</i>	0,360	0,426
<i>Microbacterium aurum</i>	0,021	
<i>Propionibacterium sp</i>		0,028
<i>Pseudobutyrvibrio ruminis</i>		0,028
<i>Sphingomonas mucosissima</i>	0,021	
<i>Sporanaerobacter acetigenes</i>	74,26	75,87
<i>Tepidanaerobacter sp</i>	1,419	0,682
<i>Tissierella creatinophila</i>	0,021	

<i>Tissierella sp</i>	0,381	1,677
-----------------------	-------	-------

Do đó, mức độ tương quan giữa các quần thể vi sinh vật hoặc quần thể hỗn hợp vi khuẩn khác nhau có thể được xác định từ phân tích ADN 16S, bằng cách tính toán hệ số tương quan theo phương trình (1).

Thuật ngữ “được tạo amoniac” được dùng trong bản mô tả để chỉ nguyên liệu đã được xử lý bởi quá trình tạo amoniac.

Thuật ngữ “quá trình tạo amoniac sơ bộ” được dùng trong bản mô tả để chỉ bước quy trình bao gồm tạo amoniac nguyên liệu giàu nitơ trước khi bổ sung vào hỗn hợp nguyên liệu giàu nitơ và có hàm lượng cao của các hợp chất có cacbon có thể lên men bao gồm monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men, như beta-glucan, fructan, pectin và galactan. Trong quy trình theo sáng chế, giới hạn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi đã được xác định cho nguyên liệu cần quá trình tạo amoniac sơ bộ. Quá trình tạo amoniac sơ bộ nguyên liệu giàu nitơ hỗ trợ tạo amoniac của nguyên liệu giàu cả nitơ và hợp chất có cacbon có thể lên men bằng cách ngăn ngừa quá trình axit hóa môi trường.

Thuật ngữ “bùn phân hủy amoniac” được dùng trong bản mô tả để chỉ bùn phân hủy thu được từ thiết bị phân hủy amoniac hoặc thiết bị phản ứng ở đó nguyên liệu đã được xử lý cho đến khi tốt hơn nếu lớn hơn 50% nguyên tố nitơ tổng số trong nguyên liệu được biến đổi thành amoniac.

Thuật ngữ “bùn phân hủy đã khử amoniac” được dùng trong bản mô tả để chỉ bùn phân hủy amoniac được nạp qua phân tách nitơ để phân tách ít nhất 80% nitơ amoniac.

Thuật ngữ “ưa nhiệt độ trung bình” được dùng trong bản mô tả để chỉ vi sinh vật có thể sinh trưởng và lên men ở khoảng nhiệt độ trung bình, và quy trình vi sinh vật xảy ra ở nhiệt độ trung bình, nằm trong khoảng từ 30°C đến 40°C. Quá trình tạo amoniac ở nhiệt độ trung bình và sản sinh metan được thực hiện ở khoảng nhiệt độ này.

Thuật ngữ “ưa nhiệt độ cao” được dùng trong bản mô tả để chỉ vi sinh vật có thể sinh trưởng và lên men ở khoảng nhiệt độ cao, và quy trình vi sinh vật xảy ra ở nhiệt độ cao nằm trong khoảng từ 45°C đến 60°C. Quá trình tạo amoniac ở nhiệt độ cao và sản sinh metan được thực hiện ở khoảng nhiệt độ này.

Thuật ngữ “vi sinh vật sản sinh metan” hoặc “vi sinh vật sinh metan” được dùng trong bản mô tả để chỉ vi sinh vật có khả năng sản sinh khí sinh học bao gồm metan. Vi sinh vật sản sinh metan là các vi sinh vật thuộc ngành *Euryarchaeota*, lĩnh giới vi khuẩn cổ, và thuộc sáu bộ: *Methanococcales*, *Methanopyrales*, *Methanobacteriales*, *Methanosarcinales*, *Methanomicrobiales* và *Methanocellales*. Quá trình sản sinh metan xảy ra theo bốn chu trình riêng biệt: sản sinh metan hướng nước, sản sinh metan từ axit axetic, sản sinh metan hướng metyl và sản sinh metan hướng metyl phụ thuộc H_2 . Các vi sinh vật thuộc bộ *Methanosarcinales* sử dụng nhiều chu trình sản sinh metan, trong khi đó năm bộ còn lại chủ yếu thực hiện hydrotrophic sản sinh metan. Vi sinh vật sản sinh metan trong các thiết bị phân hủy sản sinh metan có thành phần đa dạng, với một số thiết bị phân hủy chứa chủ yếu vi sinh vật sản sinh metan từ axit axetic và một số thiết bị phân hủy chứa chủ yếu vi sinh vật sản sinh metan hướng nước. Các điều kiện, như nhiệt độ, nguyên liệu và hàm lượng amoni và hàm lượng axetat có ảnh hưởng đến thành phần quần thể vi sinh vật sản sinh metan. Cả thiết bị phân hủy ở nhiệt độ trung bình và thiết bị phân hủy ở nhiệt độ cao đã được xác định là chứa hàm lượng đáng kể các vi sinh vật sản sinh metan thuộc chi *Methanoculleus* sp., *Methanobrevibacter* sp., *Methanobacterium* sp. và *Methanosaeta* sp., trong khi đó *Methanothermobacter* sp. chỉ được phát hiện trong thiết bị phân hủy ở nhiệt độ cao (Sundberg *et al.* 2013). Quần thể vi sinh vật sản sinh metan thích ứng với các điều kiện bên trong thiết bị phân hủy, nhưng biến đổi quá nhanh có thể gây ức chế toàn bộ sản sinh metan. Quần xã vi sinh vật sản sinh metan là hỗn hợp phức tạp gồm các loài vi sinh vật tương tác với nhau, khi bắt nguồn từ nguyên liệu chưa lên men, phát triển chậm trong các điều kiện kỵ khí trong khoảng thời gian từ vài tuần đến vài tháng. Do đó, quần xã vi sinh vật có hoạt tính sản sinh metan dễ dàng được thu nhận làm chủng cấy từ thiết bị phân hủy sản sinh metan đang hoạt động.

Thuật ngữ “giàu nitơ” hoặc “nguyên liệu giàu nitơ” được dùng trong bản mô tả để chỉ nguyên liệu có tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 15, hoặc khi hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi.

Thuật ngữ “giàu cacbon” hoặc “nguyên liệu giàu cacbon” được dùng trong bản mô tả để chỉ nguyên liệu có tỷ lệ mol C/N lớn hơn 15, hoặc khi hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi nhỏ hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi.

Thuật ngữ “nguyên tố nitơ tổng số” và “nitơ amoniac tổng số” được dùng trong bản mô tả để chỉ các phương pháp thay thế để đánh giá hàm lượng nitơ trong nguyên liệu cũng như trạng thái nitơ trong quy trình này. Các phép đo này thể hiện hàm lượng nguyên tố nitơ trong toàn bộ các dạng hợp chất có nitơ và hàm lượng nitơ tương ứng có trong dạng amoniac và/hoặc amoni.

Thuật ngữ “trạng thái nitơ” được dùng trong bản mô tả để chỉ tỷ lệ mol C/N và/hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số trong nguyên liệu được cấp vào quy trình theo sáng chế hoặc trong các thành phần có trong bình phản ứng hoặc thiết bị phân hủy hoặc thiết bị phản ứng của quy trình này. Việc kiểm soát trạng thái nitơ đạt được bằng cách chạy quy trình này theo cách thức sao cho tỷ lệ mol C/N và/hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số vẫn nằm trong khoảng tối ưu theo sáng chế.

Thuật ngữ “thiết bị để kiểm soát hiệu suất” được dùng trong bản mô tả để chỉ thiết bị để điều chỉnh các thông số quy trình. Đối với thiết bị cất khí được sử dụng để phân tách nitơ, hiệu suất được kiểm soát bằng cách điều chỉnh các điều kiện vận hành bao gồm độ pH, nhiệt độ và thời gian. Trong thiết bị cất khí, pH và nhiệt độ có thể được phát hiện bằng các cảm biến nội tuyến được nối với bộ điều khiển dò và phần mềm máy tính. Quá trình điều khiển hệ thống quy trình này được thực hiện bằng, ví dụ bộ điều khiển logic theo chương trình, bộ điều khiển theo chương trình tự động, thiết bị đầu cuối điều khiển từ xa, và/hoặc hệ thống điều khiển bằng máy tính.

Thiết bị để phân phối nguyên liệu qua quy trình này bao gồm đường ống, đường dẫn, bơm, băng tải và thiết bị tương tự. Ví dụ về thiết bị vận chuyển chất rắn bao gồm băng tải kiểu xích hoặc băng tải kiểu guồng xoắn. Ví dụ hệ thống đường ống được chế tạo từ thép không gỉ EN1.4301 AISI 304. Ví dụ về các bơm bao gồm bơm bơm thủy quay. Phương pháp bố trí theo trọng lực cũng là phương pháp được thiết kế để vận chuyển nguyên liệu.

Nhìn chung, quy trình theo sáng chế đề cập đến hệ thống đo lường để xác định hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi hoặc tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu to be fed trong thiết bị phản ứng thứ nhất, xác định hàm lượng nitơ amoniac tổng số hoặc nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong bùn phân hủy đã khử amoniac được cấp vào thiết bị phản ứng thứ hai, và xác định hàm lượng nguyên tố nitơ

tổng số hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong thành phần của thiết bị phản ứng thứ hai.

Hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N được xác định bằng các bộ cảm biến hoặc bộ dò được thiết kế để đo nguyên tố nitơ tổng số và/hoặc carbon. Các bộ cảm biến hoặc bộ dò để đo nguyên tố nitơ tổng số bao gồm phương pháp đốt khô (Dumas) và phương pháp oxy hóa ướt (Kjeldahl). Các bộ cảm biến hoặc bộ dò để đo carbon bao gồm phương pháp đốt khô và, theo cách khác, phương pháp nhu cầu oxy hóa học (COD) hoặc cacbon hữu cơ tổng số (TOC). Tỷ lệ mol C/N được tính toán từ hàm lượng mol nitơ và cacbon phát hiện được. Nitơ amoniac được xác định bằng các bộ cảm biến hoặc bộ dò bao gồm phương pháp định lượng bằng enzym, sau đó phát hiện bằng phương pháp huỳnh quang hoặc quang phổ, điện cực chọn lọc amoniac và phương pháp tạo màu nhanh dựa trên các phương pháp Nessler hoặc Berthelot. Các bộ cảm biến hoặc bộ dò khác để kiểm soát và điều chỉnh quy trình theo sáng chế cũng được sử dụng để phát hiện độ pH, hàm lượng chất dinh dưỡng thiết yếu, như đường, tinh bột, và chất béo. Cụ thể, cảm biến amoniac và cảm biến nguyên tố nitơ tổng số được sử dụng. Trong nguyên liệu chứa protein, hàm lượng protein được xác định theo hàm lượng nitơ, ví dụ như nêu trên.

Ví dụ, độ pH được xác định bằng phương pháp điện hóa bằng cách sử dụng điện cực pH hoặc bằng phương pháp so màu bằng cách sử dụng chất chỉ thị pH.

Các nguyên liệu chứa cacbon được xác định bằng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này. Ví dụ, đường được xác định bằng phương pháp đo màu hoặc phương pháp sắc ký. Tinh bột được xác định bằng phương pháp đo màu dựa trên phản ứng của tinh bột với iot hoặc sử dụng phương pháp định lượng đo màu bằng enzym ở đó tinh bột được phân hủy thành glucoza, sau đó được phát hiện bằng phương pháp đo màu. Chất béo được xác định bằng phương pháp sắc ký khí, phương pháp chiết xuất bằng dung môi theo trọng lực hoặc phương pháp phát hiện kết hợp chiết xuất, ở đó phương pháp chiết xuất bao gồm ví dụ phương pháp phát hiện và chiết xuất bằng chất lỏng siêu tới hạn bao gồm ví dụ bộ dò ion hóa ngọn lửa và bộ dò ánh sáng tử ngoại.

Dựa trên trạng thái nitơ của nguyên liệu xác định được hoặc bùn phân hủy đã khử amoniac hoặc thành phần trong thiết bị phản ứng thứ hai, quy trình này được thực hiện dưới dạng quá trình phân hủy kỵ khí hai pha, trong đó pha thứ nhất là quá trình tạo

amoniac trong thiết bị phản ứng thứ nhất và pha thứ hai tạo khí sinh học trong thiết bị phản ứng thứ hai để thu được khí sinh học. Các pha được phân tách bằng bước phân tách nitor. Cần áp dụng quá trình tạo amoniac và phân tách nitor được xác định bằng cách kiểm soát trạng thái nitor của quy trình này, tức là khi trạng thái nitor cho phép nó, nguyên liệu có thể được cấp trực tiếp vào thiết bị phản ứng thứ hai để tạo khí sinh học.

Tỷ lệ mol C/N tối ưu của nguyên liệu khí sinh học được cho là nằm trong khoảng từ 20 đến 30, tức là 20 đến 30 nguyên tử cacbon tính trên 1 nguyên tử nitor. Do đó, nguyên liệu có tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 20 sẽ được coi là giàu nitor. Tuy nhiên, hiện nay đã xác định được rằng trong quy trình theo sáng chế nguyên liệu có tỷ lệ mol C/N cao hơn 15 có thể được phân phối trực tiếp vào pha tạo khí sinh học.

Mật độ vi sinh vật của thiết bị phản ứng khí sinh học đã được xác định bằng khoảng $1,44 \times 10^{10}$ tế bào/L thành phần có trong thiết bị phản ứng (Bengelsdorf *et al.* 2012). Mật độ này tương ứng với khối lượng khô khoảng 2,5g sinh khối vi sinh vật/L thành phần có trong thiết bị phản ứng (được tính toán dựa trên mật độ vi sinh vật bằng $5,81 \times 10^{12}$ tế bào/g khối lượng khô như được mô tả trong tài liệu Balkwill *et al.* 1988). Hàm lượng nitor trong sinh khối khô vi sinh vật bằng khoảng 11,0% và hàm lượng cacbon 47,2% (được tính toán dựa trên Bảng 1 trong tài liệu Fagerbakke *et al.* 1996). Mật độ này tương ứng với 0,3g nitor sinh khối vi sinh vật và 1,2g cacbon sinh khối vi sinh vật/L thành phần có trong thiết bị phản ứng, và tỷ lệ mol C/N bằng 3,7. Tuy nhiên, hiện nay với một số nguyên liệu, quá trình sản xuất khí sinh học tối ưu đã được kiểm chứng với tỷ lệ mol C/N của thành phần có trong thiết bị phản ứng là nằm trong khoảng từ 5 đến 12. Các trị số cao này là có thể xảy ra do sự có mặt của không khả dụng và vẫn chưa được phân hủy, trong khi vẫn ảnh hưởng đến việc xác định tỷ lệ mol C/N.

Ngoài tỷ lệ mol C/N, việc kiểm soát trạng thái nitor bao gồm việc xác định và sử dụng hàm lượng nitor trong nguyên liệu và các thành phần có trong thiết bị phản ứng cho quá trình kiểm soát việc ra quyết định. Như nêu trên, nguyên liệu giàu cacbon có tỷ lệ mol C/N lớn hơn 15. Tỷ lệ mol C/N này tương ứng với tỷ lệ khối lượng C/N bằng 12,82. Chất rắn dễ bay hơi là hàm lượng chất hữu cơ của nguyên liệu. Đã biết rằng khoảng 50% (khối lượng/khối lượng) chất rắn dễ bay hơi chứa carbon. Do đó, khi tỷ lệ khối lượng C/N bằng 12,82, có khoảng 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi. Do đó trong nguyên liệu giàu

cacbon có nhỏ hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi. Tương tự, trong nguyên liệu giàu nitơ, tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 15 và có lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi.

Như nêu trên, tỷ lệ mol C/N tối ưu để tạo khí sinh học nằm trong khoảng từ 15 đến 30. Tỷ lệ mol C/N bằng 30 tương ứng với tỷ lệ khối lượng C/N bằng 25,64, và khoảng 20g N/kg chất rắn dễ bay hơi.

Việc xác định trạng thái nitơ được sử dụng là cơ sở để ra quyết định điều khiển dòng nguyên liệu trong quy trình theo sáng chế như được thể hiện trên Fig.1, ở đó một số đường ống để nguyên liệu vào hệ thống theo sáng chế được thể hiện. Các đường ống này được thể hiện trên Fig.1 với các chữ số La mã và được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

I: Khi nguyên liệu là giàu nitơ (tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu nhỏ hơn 15 hoặc có lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi), và có đủ nitơ trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học (tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 12 hoặc nitơ amoniac tổng số lớn hơn 0,1 g/L hoặc nguyên tố nitơ tổng số lớn hơn 0,3 g/L), nguyên liệu được nạp vào quá trình tạo amoniac.

II: Khi trạng thái nitơ của nguyên liệu giàu cacbon nằm trong khoảng tối ưu để tạo khí sinh học (tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu nằm trong khoảng từ 15 đến 30 hoặc có từ 20 đến 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi), và các điều kiện trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học là tối ưu cho sinh trưởng vi sinh vật và sản sinh khí sinh học (tỷ lệ mol C/N nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12 hoặc nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5 g/L hoặc nguyên tố nitơ tổng số nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8 g/L), nguyên liệu được phân phối trực tiếp vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học. Trong các thành phần của thiết bị phản ứng tạo khí sinh học tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn trong nguyên liệu do cacbon bị mất từ thiết bị phản ứng ở dạng metan và cacbon đioxit. Có rất ít khí nitơ hoặc amoniac có trong khí sinh học, do đó hàm lượng khí carbon thoát khỏi thiết bị phản ứng sinh học vượt xa hàm lượng khí nitơ thoát khỏi thiết bị phản ứng sinh học.

III: Khi nguyên liệu là giàu nitơ (tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu nhỏ hơn 15 hoặc có lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi), nhưng có trạng thái nitơ hao hụt trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học (tỷ lệ mol C/N lớn hơn 12 hoặc nitơ amoniac tổng số nhỏ hơn 0,1 g/L hoặc nguyên tố nitơ tổng số nhỏ hơn 0,3 g/L), nguyên liệu được nạp vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học.

IV: Khi trạng thái nitơ của nguyên liệu giàu cacbon không nằm trong khoảng tối ưu để tạo khí sinh học (tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu lớn hơn 30 hoặc có nhỏ hơn 20g N/kg chất rắn dễ bay hơi), và các điều kiện trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học là tối ưu cho sinh trưởng vi sinh vật và sản sinh khí sinh học (tỷ lệ mol C/N nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12 hoặc nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5 g/L hoặc nguyên tố nitơ tổng số nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8 g/L), hoặc thiết bị phản ứng có trạng thái nitơ hao hụt (tỷ lệ mol C/N lớn hơn 12 hoặc nitơ amoniac tổng số nhỏ hơn 0,1 g/L hoặc nguyên tố nitơ tổng số nhỏ hơn 0,3 g/L), nguyên liệu có thể được trộn với nguyên liệu giàu nitơ để phân hủy đồng thời trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học (IVa) hoặc bổ sung nguồn nitơ, ví dụ amoniac (NH_3) (IVb). Hệ thống theo sáng chế bao gồm bước phân tách nitơ ở đó nitơ có thể được thu hồi dưới dạng amoniac. Amoniacc được thu hồi này có thể được tái tuần hoàn vào hệ thống khi cần.

Việc sử dụng tỷ lệ mol C/N, như được mô tả trong Fig.1, để điều khiển dòng nguyên liệu tạo điều kiện thuận lợi cho việc thực hiện quy trình này trong khoảng hàm lượng nitơ tối ưu trong mỗi bước của quy trình này. Sáng chế vận hành đơn giản ở mặt phân cách nguyên liệu, như so với quá trình vận hành quy trình phân hủy kỵ khí một pha và hai pha thông thường. Khi kiểm soát theo hướng dẫn bằng tỷ lệ mol C/N được áp dụng ở mỗi bước quy trình, hệ thống này có thể chấp nhận nhiều nguyên liệu, do có đường ống chuyên dụng để xử lý mỗi loại nguyên liệu.

Các thử nghiệm với các quần xã vi sinh vật đã biết, như quần thể hỗn hợp vi sinh vật S1, cho thấy rằng sự có mặt của hydrat cacbon dư thừa trong nguyên liệu dẫn đến axit hóa và làm giảm độ pH môi trường nuôi cấy đến nhỏ hơn 6, giới hạn hoạt tính của vi sinh vật sản sinh amoniacc (xem ví dụ, Ví dụ 3 trong Đơn Patent Mỹ số 20140271438 A1). Do đó, độ pH thấp sẽ gây dừng tạo amoniacc.

Trong hệ thống theo sáng chế, nguyên liệu giàu nitơ (tức là tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 15 và lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi) có thể được cấp trực tiếp vào quá trình tạo amoniacc theo các nguyên lý như nêu trên và được mô tả trên Fig.1. Tuy nhiên, trong quy trình theo sáng chế, các tác giả sáng chế đã xác định được quá trình axit hóa khi tạo amoniacc nguyên liệu giàu nitơ này. Quá trình axit hóa xảy ra khi nguyên liệu has a high content of các hợp chất có cacbon có thể lên men bao gồm monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men, như beta-glucan, fructan, pectin và galactan. Quá

trình axit hóa sẽ không xảy ra khi các hợp chất có cacbon không thể lên men, tức là chứa ví dụ các hợp chất xenluloza. Trong quy trình theo sáng chế, giới hạn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi đã được xác định cho nguyên liệu sẽ gây ra quá trình axit hóa. Nhỏ hơn giới hạn này, quá trình axit hóa sẽ không xảy ra đến mức độ ở đó quá trình tạo amoniac sẽ bị ức chế.

Khi nguyên liệu đã được xác định không thích hợp để sản sinh amoniac làm nguyên liệu duy nhất do quá trình axit hóa, nguyên liệu có thể được xử lý với sự hỗ trợ của quá trình tạo amoniac sơ bộ nguyên liệu giàu nitơ này. Quá trình tạo amoniac sơ bộ có thể có thể được xem là quá trình phân hủy đồng thời luân phiên. Quá trình này được thực hiện bằng quá trình tạo amoniac thứ nhất nguyên liệu giàu nitơ không gây ra quá trình axit hóa. Sau đó, nguyên liệu gây ra quá trình axit hóa được trộn với nguyên liệu đã tạo amoniac sơ bộ để tiếp tục quá trình tạo amoniac. Quá trình tạo amoniac sơ bộ tạo ra môi trường có tính kiềm và khả năng đệm cao làm giảm quá trình axit hóa gây ra bởi thủy phân nhanh các hợp chất có cacbon dễ hòa tan. Theo cách này, nitơ trong nguyên liệu gây ra quá trình axit hóa có thể được khoáng hóa dưới dạng amoniac/amoni và được phân tách trong bước phân tách amoniac trước khi nó có thể gây ức chế trong pha tạo khí sinh học.

Cài đặt quy trình

Trên Fig.3, chữ số tham chiếu 1 tương ứng là bình được sử dụng để nuôi cấy quần thể hỗn hợp vi khuẩn tạo amoniac S1. Quần xã vi sinh vật sản sinh amoniac có thể chứa một loại quần xã vi sinh vật khác hoặc quần thể một loài vi sinh đã được coi là hữu hiệu để thực hiện quá trình tạo amoniac. Quần xã, quần thể hoặc dịch nuôi cấy từ bình 1 được sử dụng là chủng cấy trong thiết bị phân hủy kỵ khí thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 ở đó chủng cấy được phân phối bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 2. Theo cách khác, các thành phần có trong thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 có thể được sử dụng làm chủng cấy cho mẻ nguyên liệu mới. Theo cách khác, chủng cấy không cần được nuôi cấy như một phần của quy trình theo sáng chế, nhưng quần xã vi sinh vật sản sinh amoniac có thể có nguồn gốc từ chính nguyên liệu (không cần bổ sung chủng cấy). Chủng cấy cũng có thể được tạo ra ở bên ngoài quy trình theo sáng chế và được phân phối trực tiếp từ đó vào thiết bị phản ứng thứ nhất. Hàm lượng chủng cấy ít nhất bằng 2,5% (thể tích/thể tích) tính theo tổng thể tích thành phần có trong thiết bị phản ứng.

Theo cách khác, chủng cấy có thể có mặt dưới dạng màng sinh học trên chất mang rắn chứa trong thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4. Nguyên liệu được nạp vào quy trình được sàng lọc dựa trên thành phần của nó, theo sơ đồ được thể hiện trên Fig.1. Quy trình sàng lọc được thể hiện trên Fig.3 bằng hệ thống sàng lọc nguyên liệu 31 và đường dẫn 3A, 3B, và 3C nhờ đó nguyên liệu được phân phối vào thiết bị phân hủy hoặc thiết bị phản ứng của quy trình này. Hệ thống sàng lọc nguyên liệu 31 bao gồm bình đối với mỗi nguyên liệu được phân phối vào quy trình và thiết bị, như các van được điều khiển bằng máy tính để phân phối nguyên liệu vào đường dẫn 3A, 3B hoặc 3C phụ thuộc vào trạng thái nitơ của nguyên liệu và thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14. Nguyên liệu giàu nitơ này được phân phối vào thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 thông qua đường dẫn 3A. Đường dẫn 3B được sử dụng để nạp nguyên liệu giàu nitơ chứa lớn hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi vào thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 sau khi tạo amoniac sơ bộ nguyên liệu giàu nitơ này chứa nhỏ hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi được nạp vào thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 thông qua đường dẫn 3A. Đường dẫn 3A và 3B có thể tùy ý được thay bằng một đường dẫn khi phân phối hai loại nguyên liệu vào thiết bị phân hủy hoặc thiết bị phản ứng 4 được thực hiện luân phiên. Trước khi phân phối vào thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4, nguyên liệu có thể có thể được xử lý sơ bộ bằng cách nấu chảy, thủy phân ở nhiệt độ cao, xử lý nhiệt hoặc phương pháp bất kỳ khác để cải thiện khả năng phân hủy, đạt được điều kiện vệ sinh hoặc chiết xuất các thành phần, như chất béo. Trong quá trình phân hủy, các thành phần có trong thiết bị phân hủy có thể được khuấy thiết bị 5. Quá trình khuấy có thể được thực hiện theo cách thức thích hợp sử dụng bộ cánh bơm, vòi phun, bơm chìm hoặc hoặc loại thiết bị khác. Quá trình tạo amoniac được thực hiện trong các điều kiện kỵ khí ở nhiệt độ trung bình nằm trong khoảng từ 30°C đến 40°C, hoặc ở nhiệt độ cao nằm trong khoảng từ 45°C đến 60°C.

Nguyên liệu đã amoni hóa được phân phối bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 6 vào thiết bị 7 phân tách pha rắn và pha lỏng của bùn phân hủy. Quá trình phân tách pha có thể được thực hiện theo cách thức thích hợp sử dụng máy ly tâm lắng gạn, máy ép kiểu vít, máy nén kiểu trục quay, máy ép đai hoặc loại thiết bị khác. Pha lỏng được nạp vào thùng cân bằng 8 ở đó dịch lỏng phân hủy được thu nhận để bảo quản. Khi cần, độ pH của dịch

lỏng phân hủy có thể được gia tăng bằng cách bổ sung bazơ từ thùng chứa 9 bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 10. Độ pH kiềm cũng có thể làm tăng hiệu suất cất amoniac khi phân tách nitơ amoniac được thực hiện sử dụng phương pháp này. Việc tăng độ pH có thể đạt được bằng cách sử dụng các phương pháp khác, ví dụ bằng cách phân tách cacbon đioxit hòa tan. Dịch lỏng phân hủy được phân phối vào hệ thống phân tách nitơ 12 nhờ bơm nạp liệu hoặc thiết bị 11.

Phương pháp phân tách nitơ đã biết bất kỳ có thể được sử dụng. Các phương pháp này bao gồm các phương pháp sinh học, như phương pháp nitrat hóa/khử nitrat hóa và phương pháp lý hóa, như kết tủa, trao đổi ion, thẩm thấu ngược, lọc và cất. Tuy nhiên, các phương pháp sinh học để phân tách nitơ cũng có thể tiêu thụ axit béo dễ bay hơi, khiến cho nguyên liệu ít có giá trị như nguyên liệu khí sinh học. Quan trọng hơn, các phương pháp sinh học dẫn đến biến đổi amoniac thành khí nitơ, do đó chất dinh dưỡng có giá trị này bị thất thoát vào khí quyển. Các phương pháp lý hóa khác nhau tạo điều kiện có việc thu hồi nitơ dưới dạng amoniac tinh khiết hoặc các hợp chất khác, thông thường là muối, như struvit hoặc amoni sulfat.

Phương pháp cất là phương pháp ở đó dòng không khí hoặc hơi nước được áp dụng để cất amoniac tinh khiết dưới dạng khí từ dung dịch. Quá trình bay hơi amoniac hữu hiệu cần độ pH kiềm và nhiệt độ cao để chuyển dịch cân bằng amoniac/amoni về phía amoniac. Sau đó khí amoniac được thu hồi bằng cách rửa khí, tức là hấp phụ vào nước để thu được nước amoniac hoặc dung dịch axit để thu được muối amoni. Khi phân tách nitơ được thực hiện bằng phương pháp cất khí hoặc cất hơi, dòng khí được nạp vào bình thu hồi 13, như thiết bị rửa khí, để tạo điều kiện thuận lợi cho việc thu hồi nitơ amoniac. Việc rửa khí amoniac từ dòng khí được thực hiện bằng cách ngưng tụ khí amoniac và nước để tạo ra nước amoniac, hoặc hấp phụ vào nước hoặc dung dịch axit chứa trong thiết bị rửa khí 13. Hệ thống thiết bị cất khí/rửa khí có thể được sử dụng để phân tách cacbon đioxit để tăng độ pH trước khi quá trình cất amoniac. Trong trường hợp này, dung dịch kiềm được sử dụng trước tiên trong thiết bị rửa khí 13 để hấp phụ cacbon đioxit từ pha lỏng có trong hệ thống phân tách nitơ 12. Sau khi phân tách cacbon đioxit, nước hoặc dung dịch axit được nạp vào thiết bị rửa khí 13 để hấp phụ amoniac từ pha lỏng để thu được dịch lỏng phân hủy được cất chứa amoniac.

Dịch lỏng phân hủy được cất chứa amoniac được phân phối bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 30 vào thiết bị phân hủy kỵ khí thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 để tạo khí sinh học. Thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 chứa quần xã vi sinh vật sản sinh metan có hoạt tính sản sinh khí sinh học. Nguyên liệu giàu cacbon được nạp vào thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 thông qua đường dẫn 3C theo nguyên lý được thể hiện trên Fig.1. Trong trường hợp hao hụt nitơ (tỷ lệ mol C/N của thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai lớn hơn 12 hoặc nguyên tố nitơ tổng số hoặc nitơ amoniac tổng số tương ứng nhỏ hơn 0,3 hoặc 0,1g/L) trong thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14, nguyên liệu giàu nitơ có thể được nạp riêng vào thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 thông qua đường dẫn 3C, hoặc được trộn để phân hủy đồng thời với nguyên liệu giàu cacbon. Điều này làm giảm tỷ lệ mol C/N, hoặc làm tăng hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số hoặc nitơ amoniac tổng số bên trong thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 đến khoảng tối ưu (tỷ lệ mol C/N nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12, hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5g/L, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8g/L). Theo cách khác, như được mô tả trên Fig.1, amoniac thu được từ bình thu hồi 13 có thể được sử dụng để bổ sung nitơ cho nguyên liệu giàu cacbon và được nạp vào thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 thông qua đường dẫn 3C, khi hao hụt nitơ sắp xảy ra. Việc duy trì trạng thái nitơ ổn định trong khoảng tối ưu (như nêu trên) tạo điều kiện thuận lợi cho sử dụng nhiều nguyên liệu hoặc tập trung vào một nguyên liệu đặc trưng. Trong quá trình phân hủy, các thành phần có trong thiết bị phân hủy có thể được khuấy thiết bị 15. Quá trình khuấy có thể được thực hiện theo cách thức thích hợp sử dụng bộ cánh bơm, vòi phun, bơm chìm hoặc hoặc loại thiết bị khác. Tạo khí sinh học được thực hiện trong thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 trong điều kiện kỵ khí và ở nhiệt độ trung bình nằm trong khoảng từ 30°C đến 40°C, hoặc ở nhiệt độ cao nằm trong khoảng từ 45°C đến 60°C.

Quá trình sản xuất khí sinh học ở nhiệt độ trung bình thường ổn định hơn do độ đa dạng cao của quần thể vi sinh vật bên trong thiết bị phân hủy. Quá trình sản xuất khí sinh học ở nhiệt độ trung bình cũng ít nhạy hơn với ức chế amoniac và cần ít năng lượng để duy trì nhiệt độ hơn quá trình sản xuất khí sinh học ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, quá trình sản xuất khí sinh học ở nhiệt độ cao đạt được thời gian lưu ngắn hơn do tốc độ phản ứng cao hơn, và có thể áp dụng khi nguyên liệu có sẵn trạng thái nitơ ổn định. Quá trình thích

ứng nhiệt độ có thể được sử dụng để làm cho quần xã vi sinh vật sản sinh khí sinh học ở nhiệt độ trung bình thích ứng với điều kiện nhiệt độ cao hoặc ngược lại. Quá trình này thường cần khoảng thời gian thích ứng kéo dài từ vài tuần đến vài tháng, do đó quá trình này thường thích hợp hơn để tiếp nhận chủng cấy mới từ hệ thống sản xuất khí sinh học vận hành ở khoảng nhiệt độ mong muốn.

Khí được tạo ra trong quá trình tạo amoniac trong thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 có thể được cấp trực tiếp vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học thứ hai hoặc thiết bị phân hủy 14 thông qua đường dẫn 25 để sử dụng cacbon đioxit và hydro được tạo ra trong quá trình tạo amoniac với tăng cường hiệu suất khí sinh học thông qua quá trình sản sinh metan hướng nước.

Từ thiết bị 7 thực hiện phân tách pha lỏng và pha rắn, bùn phân hủy rắn có thể được phân phối vào bình 16 để thu hồi phospho. Trong bình 16 nguyên liệu giàu phospho, ví dụ chất thải chứa xương, như chất thải lò mổ các chất rắn, có thể được xử lý với dung dịch axit loãng vô cơ hoặc hữu cơ được phân tán từ thùng chứa 23. Tốt hơn nếu quá trình xử lý được thực hiện với dung dịch axit xitric, và trong khoảng thời gian nhất định, thông thường từ 24 đến 48 giờ ở nhiệt độ phòng, để hòa tan độ thành phần phospho dưới dạng phosphat hòa tan. Do đó, thành phần phân bón lỏng chứa phosphat được tạo ra, và phân bón canxi rắn được tạo ra dưới dạng sản phẩm phụ, như được mô tả chi tiết trong Patent Mỹ số 8,691,551 B1.

Thành phần lỏng chứa phosphat cũng có thể được cấp trực tiếp vào bình 13 và được sử dụng làm dung dịch hấp thụ có tính axit cho khí amoniac. Sản phẩm amoniac từ bình 13 có thể được cấp trực tiếp vào bình phản ứng 26 và thông qua việc bổ sung thêm chất phản ứng hoặc dung dịch chứa magie từ thùng chứa 24, và bổ sung tùy ý bazơ từ thùng chứa 9, phân bón rắn, struvit, có thể được tạo ra. Khi có ít phospho có trong nguyên liệu, các chất rắn có thể trực tiếp được phân phối vào thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 để tạo khí sinh học. Một lựa chọn khác là cấp các chất rắn vào hệ thống phân tách nitơ khi độ chắc chắn của phương pháp cho phép xử lý chất rắn. Trong trường hợp này, không cần bước phân tách lỏng/rắn trước khi phân tách nitơ, nhưng chỉ sau khi tạo khí sinh học. Sau khi thu hồi phosphat, các chất rắn còn lại được phân phối vào thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 17.

Sau khi tạo khí sinh học trong thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14, the bùn phân hủy được phân phối bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 18 vào thiết bị 19 phân tách pha lỏng và pha rắn của bùn phân hủy. Quá trình phân tách pha có thể được thực hiện theo cách thức thích hợp sử dụng máy ly tâm lắng gạn, máy ép kiểu vít, máy nén kiểu trục quay, máy ép đai hoặc loại thiết bị khác. Pha lỏng, tức là nước thải có thể được tái tuần hoàn bằng bơm nạp liệu hoặc thiết bị 21 vào thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4 hoặc thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 ở đó it serves as nước pha loãng để đạt được hàm lượng chất khô hoặc chất rắn tổng số mong muốn. Ngoài ra, nước thải từ quá trình tạo khí sinh học làm tăng hàm lượng amoniac trong thiết bị phân hủy thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng 4, tạo điều kiện thuận lợi cho việc phân tách amoniac hiệu quả hơn từ bùn phân hủy đã tạo amoniac. Theo cách khác, nước thải có thể được sử dụng làm phân bón hoặc được cấp trực tiếp vào quá trình tinh chế nước thải. Pha rắn 20 có thể có thể được sử dụng làm phân bón hoặc chế phẩm cải thiện đất hoặc có thể được chế thành phân trộn. Theo cách khác, các chất rắn giàu phospho có thể được phân phối vào quy trình thu hồi phospho 16. Khí sinh học thoát ra khỏi thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 thông qua đường dẫn phân tách khí 22.

Cuối cùng, quy trình được thể hiện trên Fig.3 có hệ thống đo lường thứ nhất 32 để xác định tỷ lệ mol của cacbon và nitơ hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi trong nguyên liệu. Hệ thống đo lường thứ hai 27 xác định nguyên tố nitơ tổng số, nitơ amoniac tổng số hoặc tỷ lệ mol của cacbon và nitơ in bùn phân hủy đã khử amoniac sau khi phân tách nitơ. Hệ thống đo lường thứ ba 28 xác định nguyên tố nitơ tổng số, nitơ amoniac tổng số hoặc tỷ lệ mol của cacbon và nitơ trong thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 bằng cách lấy mẫu từ bùn phân hủy. Quy trình được thể hiện trên Fig.3 cũng có hệ thống điều khiển 29 tiếp nhận thông tin từ hệ thống đo lường thứ nhất, thứ hai và thứ ba để kiểm soát hiệu suất của hệ thống phân tách nitơ 12 bằng thiết bị, như đồng hồ được điều khiển bằng máy tính và tốc độ dòng của bùn phân hủy vào thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14 bằng thiết bị, như van hoặc bơm được điều khiển bằng máy tính. Quá trình điều khiển được thực hiện dựa trên giới hạn xác định trước của trạng thái nitơ bên trong thiết bị phân hủy thứ hai hoặc thiết bị phản ứng 14. Hệ thống điều khiển 29 cũng điều khiển tốc độ dòng của nguyên liệu từ hệ thống sàng lọc nguyên liệu 31 vào thiết bị phản ứng hoặc thiết bị phân hủy 4 hoặc 14 theo nguyên lý được thể hiện trên Fig.1.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ sau mô tả quy trình và hợp chất theo sáng chế.

Trong khi sáng chế đã được mô tả bằng một số phương án cụ thể, các ví dụ sau chỉ nhằm mục đích mô tả và minh họa sáng chế và không giới hạn phạm vi của sáng chế sáng chế.

Ví dụ 1

Quá trình tạo amoniac sơ bộ từ nguyên liệu sản sinh axit

Các kết quả của thử nghiệm sử dụng chất thải thực phẩm (FW), sản phẩm phụ giết mổ lợn và bò (PB) và sản phẩm phụ giết mổ gà giò (BC) được thể hiện trong Bảng 2. Chất thải thực phẩm có tỷ lệ mol C/N bằng khoảng 14. Chất thải này là giàu nitơ, nhưng chưa chứa đủ các hợp chất có cacbon có thể lên men để cảm ứng sản sinh axit và ức chế tạo amoniac khi được sử dụng làm nguyên liệu duy nhất. Sản phẩm phụ giết mổ động vật có tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 10 và chứa ít hydrat cacbon. Các kết quả này cho thấy rằng quá trình tạo amoniac sơ bộ nguyên liệu giàu nitơ và tiếp theo quá trình tạo amoniac chất thải thực phẩm tạo ra hiệu suất cao được cải thiện, so với quá trình phân hủy chất thải thực phẩm làm nguyên liệu duy nhất hoặc trong quá trình phân hủy đồng thời với nguyên liệu giàu nitơ. Quá trình phân hủy đồng thời tạo ra hiệu suất nhỏ hơn 20% khi hỗn hợp chứa PB 40% - FW 60% được sử dụng. Tuy nhiên, khi quá trình tạo amoniac sơ bộ được áp dụng, ít nhất là 20% PB là cần cho hiệu suất > 50%. Mức độ khác biệt giữa nguyên liệu được phản ánh bởi các kết quả với BC: BC không hữu hiệu như PB trong việc hỗ trợ quá trình tạo amoniac chất thải thực phẩm. Tuy nhiên, tác dụng có lợi của quá trình tạo amoniac sơ bộ vẫn được duy trì. Quá trình phân hủy đồng thời cần 80% BC cho hiệu suất khoảng 50%, trong khi đó với quá trình tạo amoniac sơ bộ, 40% BC là đủ cho hiệu suất tương tự.

Bảng 2

Nguyên liệu		Hiệu suất (tỷ lệ phần trăm N biến đổi thành amoniac)			
Sản phẩm phụ giết mổ lợn và bò, PB (%)	Chất thải thực phẩm, FW (%)	Phân hủy đồng thời	SD	Quá trình tạo amoniac sơ bộ	SD
100	0	83,7	11,3		
80	20	93,0	14,6	88,6	15,9
60	40	98,1	5,8	70,6	13,4
40	60	16,9	5,5	70,2	20,3

20	80	9,7	1,7	50,1	9,0
0	100	7,2	3,7		
Sản phẩm phụ giết mổ gà giò, BC (%)	Chất thải thực phẩm, FW (%)	Phân hủy đồng thời	SD	Quá trình tạo amoniac sơ bộ	SD
100	0	63,3	16,6		
80	20	54,9	12,8	46,4	8,5
60	40	17,2	6,3	48,8	7,3
40	60	27,3	8,6	48,1	10,2
20	80	20,2	4,2	24,0	8,8
0	100	4,9	3,1		

Ví dụ 2

Tính toán hàm lượng nitơ tối ưu trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học

Trong hệ thống theo sáng chế, nguyên liệu có thể được sàng lọc dựa trên thành phần và xử lý phân tách nitơ một cách chọn lọc để duy trì hàm lượng nitơ của thiết bị phân hủy tạo khí sinh học ở mức tối ưu. Mô hình tính toán được tạo ra để tính toán hàm lượng nitơ của thiết bị phản ứng tạo khí sinh học của hệ thống sản xuất khí sinh học phân tách nguyên liệu giàu cacbon và nguyên liệu giàu nitơ và phân tách nitơ dư bằng (1) quá trình tạo amoniac, sau đó cất nguyên liệu giàu nitơ này trước khi tạo khí sinh học hoặc (2) cất nước thải sau khi tạo khí sinh học.

Mô hình tính toán này tính toán hàm lượng nitơ của thiết bị phản ứng tạo khí sinh học một cách lặp lại dựa trên bộ thông số. Đối với cả hai nguyên liệu, mô hình này sử dụng các thông số sau: (1) hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số, (2) tỷ lệ chất rắn tổng số, (3) tỷ lệ chất rắn dễ bay hơi và (4) tỷ lệ của nguyên liệu tổng số. Ngoài ra, mô hình này sử dụng các thông số sau: (1) thời gian lưu thủy lực, (2) tỷ lệ tải trọng hữu cơ, (3) tỷ lệ phân tách chất rắn dễ bay hơi, (4) hằng số thể hiện có bao nhiêu gam nitơ được gắn kết với một gam chất rắn trong thiết bị phân hủy tạo khí sinh học, (5) tỷ lệ của nước thải trong nước pha loãng, tức là “tỷ lệ nước thải”, (6) tỷ lệ của nước pha loãng chạy qua hệ thống cất khi quá trình cất được thực hiện trước khi tạo khí sinh học, (7) tỷ lệ của nitơ amoniac được phân tách bằng cách cất, (8) tỷ lệ nguyên tố nitơ tổng số của nguyên liệu giàu nitơ sẽ ở dạng amoniac sau khi tạo amoniac và (9) phương pháp phân tách amoniac đang được sử dụng.

Quá trình vận hành mô hình này được thể hiện trên Fig.4. Trong mô hình được thể hiện trên Fig.4, các hình vuông với đường nét liền (“—”) là các quy trình cần thiết và các hình vuông với đường nét đứt (“- -”) là các quy trình tùy ý. Mô hình này giả định rằng

nguyên liệu giàu cacbon được cấp trực tiếp vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học 6 mà không có phân tách nitơ bất kỳ. Nguyên liệu giàu nitơ này được giả định để được cấp vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học trực tiếp hoặc thông qua quá trình tạo amoniac 2 và các bước cất trước khi tạo khí sinh học 4. Quá trình tạo amoniac 2 được giả định để biến đổi nguyên liệu nitơ thành dạng amoniac theo cách thức sao cho tỷ lệ thu được của nitơ amoniac của nitơ tổng số trong nguyên liệu đã amoni hóa phù hợp với thông số mô hình liên quan. Bước cất trước khi tạo khí sinh học 4 được giả định để phân tách tỷ lệ cố định của nitơ amoniac khỏi bùn phân hủy amoniac.

Nước thải được tuần hoàn từ bước phân tách các chất rắn 8 được giả định để có hàm lượng nitơ amoniac bằng với thiết bị phản ứng tạo khí sinh học 6, khi các chất rắn được giả định để chứa toàn bộ nitơ phi amoniac. Nước thải được tuần hoàn được giả định để không chứa các dạng khác của nitơ. Khi quá trình cất sau khi tạo khí sinh học được cho phép trong mô hình này cấu hình, quá trình cất sau khi tạo khí sinh học 10 được giả định để phân tách tỷ lệ cố định của nitơ khỏi nước thải được tuần hoàn.

Để pha loãng nước thải với nước mới 12, mô hình này giả định rằng nước thải được tuần hoàn được kết hợp với nước mới theo cách thức sao cho tỷ lệ của nước thải trong nước pha loãng thu được phù hợp với thông số “tỷ lệ nước thải”. Nước mới được giả định để không chứa nitơ.

Nước pha loãng được giả định để đi vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học 6 trực tiếp hoặc thông qua quá trình tạo amoniac 2 và cất trước khi tạo khí sinh học 4. Đối với nước pha loãng, quá trình tạo amoniac được giả định để không có tác dụng, khi toàn bộ nitơ được giả định là đã ở dạng amoniac. Quá trình cất trước khi tạo khí sinh học 4 của nước pha loãng được giả định để phân tách tỷ lệ cố định của nitơ amoniac khỏi tỷ lệ của nước pha loãng trải qua cất trước khi tạo khí sinh học 4.

Mô hình này được sử dụng để xác định hàm lượng nitơ của thiết bị phân hủy tạo khí sinh học của hệ thống sản xuất khí sinh học chấp nhận hỗn hợp 50% - 50% (khối lượng ẩm) chứa ngô ủ chua và phân chuồng gà là nguyên liệu khi hệ thống đang được chạy trong các cấu hình khác nhau. Các cấu hình đối với mỗi mô hình đang được chạy được thể hiện trong Bảng 3, các thông số mô hình được thể hiện trong Bảng 4 và các kết quả tính toán được thể hiện trong Fig.2.

Bảng 3

Cấu hình	Phân tách nitơ	Tỷ lệ nước thải
1	Quá trình tạo amoniac, sau đó cất trước khi tạo khí sinh học	0%
2	Quá trình tạo amoniac, sau đó cất trước khi tạo khí sinh học	100%
3	Cất sau khi tạo khí sinh học	100%
4	Không phân tách nitơ	0%
5	Không phân tách nitơ	100%

Bảng 4

Thông số	Trị số
Hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số đối với phân chuồng gà [g/kg]	31,4
Hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số đối với ngô ủ chua [g/kg]	3,2
Tỷ lệ chất rắn tổng số đối với phân chuồng gà [%]	63,93
Tỷ lệ chất rắn tổng số đối với ngô ủ chua [%]	30,76
Chất rắn dễ bay hơi của chất rắn tổng số đối với phân chuồng gà [%]	82,42
Chất rắn dễ bay hơi của chất rắn tổng số đối với ngô ủ chua [%]	95,66
Thời gian lưu thủy lực [d]	30
Tỷ lệ tải trọng hữu cơ [kg/(m ³ *ngày)]	4,0
Tỷ lệ phân tách chất rắn dễ bay hơi [%]	80
Gam nitơ được gắn kết với gam chất rắn [g/g]	0,0286
Tỷ lệ của nước pha loãng chảy qua quá trình tạo amoniac và cất trước khi tạo khí sinh học trong các cấu hình 1 và 2 [%]	45
Tỷ lệ của amoniac được phân tách bằng cách cất trong các cấu hình 1, 2 và 3 [%]	90
Tỷ lệ nguyên tố nitơ tổng số của nguyên liệu giàu nitơ sẽ ở dạng amoniac sau khi tạo amoniac trong các cấu hình 1 và 2 [%]	70
Hàm lượng amoni ban đầu của thiết bị phân hủy tạo khí sinh học [g/L]	0,9

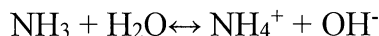
Các kết quả được thể hiện trên Fig.2 cho thấy rằng đối với cấu hình 1 và 2 hàm lượng nitơ amoniac sẽ ổn định đến hàm lượng nhỏ hơn 2g/L trong thời gian khoảng 125 ngày, nhỏ hơn hàm lượng ức chế thông thường. Đối với các cấu hình 3 và 4, hàm lượng nitơ amoniac ổn định đến hàm lượng nằm trong khoảng từ 3 đến 4g/L trong khoảng thời gian tương tự, có thể dẫn đến ức chế. Trong cấu hình 5, hàm lượng nitơ amoniac sẽ tăng nhanh cao hơn hàm lượng ức chế thông thường và ổn định đến hàm lượng cao hơn 12g/L nếu các thông số vận hành không thay đổi khi sự ức chế được phát hiện.

Các kết quả này cho thấy rằng việc sàng lọc nguyên liệu và xử lý nguyên liệu giàu nitơ này để phân tách nitơ bằng quá trình tạo amoniac, sau đó cất amoniac được tạo ra, cho phép để pha loãng các nguyên liệu với chỉ nước thải tạo khí sinh học đồng thời duy trì hàm lượng nitơ amoniac trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học nhỏ hơn hàm lượng ức chế thông thường. Quá trình cất nước thải, không sử dụng nước thải để pha loãng và các cấu hình với không phân tách nitơ tất cả đều không đủ để duy trì hàm lượng an toàn của nitơ amoniac trong thiết bị phân hủy tạo khí sinh học.

Ví dụ 3

Phân tách nito bằng phương pháp cất khí

Phân tách amoniac bằng phương pháp cất khí phụ thuộc vào độ pH và nhiệt độ. Việc tăng độ pH được sử dụng để chuyển dịch cân bằng amoni/amoniac về phía dạng amoniac tự do mà dễ bay hơi. Các ion amoni (NH_4^+) tồn tại cân bằng với amoniac (NH_3) theo phản ứng sau:



Nhiệt độ tăng và sức khí sẽ làm tăng sự bay hơi hơn nữa và khí amoniac tạo thành có thể được hấp phụ vào dung dịch trung tính hoặc có tính axit. Trong ví dụ này, hệ thống cột cất khí-rửa khí axit được sử dụng để phân tách và thu hồi amoniac.

Tiếp theo, quy trình này được cài đặt như được mô tả trong sáng chế (xem đoạn nêu trên trong phần mô tả chi tiết sáng chế ở mục, “cài đặt quy trình” và Fig.3), dịch phân chuồng gà đã ly tâm và amoni hóa (27,4L) được điều chỉnh độ pH đến 10,04 bằng cách bổ sung dung dịch NaOH (50%) từ thùng chứa 9. Sau đó dịch phân chuồng gà đã được điều chỉnh độ pH được nạp vào hệ thống phân tách amoniac bằng bơm nạp liệu. Trong trường hợp này, hệ thống phân tách amoniac là thiết bị cất khí quy mô phòng thí nghiệm có chiều cao đệm bằng 2,15m và đường kính trong bằng 16cm. Dịch phân chuồng gà được gia nhiệt đến nhiệt độ 60°C và amoniac được chuyển từ pha lỏng vào pha khí với dòng không khí đối lưu (tốc độ dòng lỏng bằng 5L/phút, tốc độ dòng khí bằng 75L/phút). Sau đó khí amoniac được cấp trực tiếp vào thiết bị rửa khí ở đó amoniac được bẫy trong dung dịch axit sulfuric tạo ra amoni sulfat là sản phẩm cuối cùng. Quá trình cất amoniac được tiếp tục trong 75 phút, dẫn đến hiệu suất phân tách amoniac bằng 98,4%. Hàm lượng amoniac ban đầu và hàm lượng amoniac cuối cùng và độ pH được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5

Nguyên liệu	Amoni ban đầu (mg/L)	Độ pH ở thời điểm ban đầu	Amoni cuối cùng (mg/L)	Độ pH ở thời điểm cuối	Tỷ lệ phân tách amoni (%)
Phân chuồng gà đã được tạo amoniac	5560,0	10,04	89,0	8,68	98,4

Phân tách nitơ cũng được thực hiện sử dụng thiết bị cất khí quy mô phòng thí nghiệm có đường kính trong bằng 47mm và tổng chiều cao bằng 75cm. Mẻ lông gà tây được amoni hóa (hàm lượng chất rắn tổng số ban đầu bằng 12%) trong 14 ngày ở nhiệt độ 50°C., sau đó được bắt hoạt ở nhiệt độ 95°C trong 1 giờ. Các chất rắn được phân tách bằng cách sàng và ly tâm. Quy trình cất khí/rửa khí với lông gà tây đã lên men được thực hiện theo cùng nguyên lý như nêu trên nhưng sử dụng dung dịch axit xitric-phosphat làm axit hấp phụ. Dung dịch hấp phụ này được điều chế bằng cách hòa tan hydroxyapatit từ xương bằng xử lý axit xitric theo các phương pháp được mô tả trong Patent Mỹ số 8,691,551 B1. Quá trình cất được thực hiện ở nhiệt độ 43°C trong 5,5 giờ với tổng cộng 4mL NaOH 50% được bổ sung trong quá trình cất và tốc độ dòng khí không đổi bằng 25L/phút. Hiệu suất phân tách amoniac bằng 90,9%.

Ví dụ 4

Kiểm chứng ưu điểm của quy trình và hệ thống theo sáng chế trên quy mô nhỏ

Các ưu điểm của hệ thống theo sáng chế (tức là “quy trình Ductor”) để sản xuất khí sinh học được kiểm chứng trên hệ thống quy mô nhỏ. Hai thiết bị phản ứng khí sinh học song song (dung tích 40L) được vận hành trong các điều kiện nhiệt độ cao trong 58 ngày sử dụng

A) nguyên liệu được cất amoniac và amoni hóa (quy trình Ductor) hoặc

B) nguyên liệu không được xử lý (quy trình thông thường).

Chủng cấy sản sinh metan được thu nhận từ thiết bị phân hủy tạo khí sinh học được vận hành trong hệ thống xử lý nước thải (hệ thống xử lý nước thải Viikinmäki, Helsinki, Finland), và đã được duy trì bằng cách nạp bùn nước thải ($OLR = 1 \text{ kg VS m}^{-3} \cdot \text{ngày}^{-1}$; $HRT = 20 \text{ ngày}$, nhiệt độ = 50°C) trong 64 ngày trước khi bắt đầu thử nghiệm. Các thiết bị phản ứng được nạp ở tỷ lệ tải trọng hữu cơ (OLR) 2 kg chất rắn dễ bay hơi $\text{m}^{-3} \cdot \text{ngày}^{-1}$ và thời gian lưu thủy lực (HRT) bằng 21 ngày. Sau 21 ngày, OLR được gia tăng đến 3 kg $\text{VS m}^{-3} \cdot \text{ngày}^{-1}$ để kiểm chứng tính năng quy trình ở tỷ trọng nguyên liệu cao hơn. Nguyên liệu được sử dụng là hỗn hợp 50:50 (khối lượng/khối lượng) chứa phân chuồng gà và ngô ủ chua.

Các điều kiện nhiệt độ cao (50°C) được sử dụng trong thử nghiệm này trong cả hai thiết bị phản ứng. Tuy nhiên, trong cả hai quá trình tạo amoniac và sản xuất khí sinh học,

các nhiệt độ nằm trong khoảng từ các điều kiện nhiệt độ trung bình đến nhiệt độ cao, tức là nằm trong khoảng từ 30 đến 60°C, là thích hợp.

Trong quy trình Ductor, phân chuồng gà được amoni hóa trong 5 đến 7 ngày ở nhiệt độ 50°C. ở thời điểm bắt đầu quá trình tạo amoniac, nguyên liệu (TS 5,2-8,4%, khối lượng/khối lượng) được ủ với 2,5% (thể tích/thể tích) quần thể hỗn hợp vi khuẩn S1 đã được nuôi cấy bằng các phương pháp được mô tả trong Ví dụ 1 của Đơn Patent Mỹ số 20140271438 A1, được kết hợp vào sáng chế bằng cách viện dẫn. Theo cách khác, 10% (theo thể tích) của mẻ tạo amoniac trước đó được sử dụng làm chủng cấy. Quá trình khuấy được thực hiện trong 1 phút, 20 phút một lần bằng máy bơm chìm. Ở giai đoạn cuối của quá trình tạo amoniac, 63,3-83,6% nguyên liệu nitơ được biến đổi thành amoniac. Quá trình phân tách pha lỏng và pha rắn được thực hiện bằng máy ly tâm lắng gạn (DCE 205-00-32, GEA Westfalia, Germany). Pha lỏng và pha rắn thu được có hàm lượng chất rắn tổng số tương ứng bằng 1,5-3,3% và 26,4-29,8%.

Quá trình thu hồi amoniac được thực hiện bằng thiết bị cất khí quy mô phòng thí nghiệm như được mô tả trong Ví dụ 3 nêu trên. Dịch lỏng amoniac đã được cất được kết hợp với pha rắn theo cùng tỷ lệ như trước khi gạn. Để điều chế hỗn hợp nguyên liệu 50:50, lượng ngô ủ chua tương đương với khối lượng phân chuồng gà trước khi tạo amoniac được bổ sung vào. Nguyên liệu được pha loãng với nước thải tổng hợp chứa hàm lượng amoni tương tự có trong thiết bị phản ứng tạo khí sinh học ở cùng thời điểm.

Trong quy trình thông thường, hỗn hợp 50:50 (khối lượng/khối lượng) chứa phân chuồng gà và ngô ủ chua được pha loãng với nước thải tổng hợp như nêu trên. Sau đó nguyên liệu này được cấp trực tiếp vào thiết bị phản ứng tạo khí sinh học.

Theo các kết quả được thể hiện trong Bảng 6, trạng thái ban đầu của các thiết bị phản ứng là khá tương đương trong mối liên quan với hàm lượng amoni và quá trình sản sinh metan. Giữa ngày 5 và 25, thiết bị phản ứng khí sinh học được chạy với quy trình thông thường sản sinh nhiều metan hơn một chút so với thiết bị phản ứng được chạy bằng quy trình Ductor. Sau ngày 26, tác dụng ức chế amoni là hiển nhiên trong quy trình thông thường, dẫn đến ở ngày 51 hàm lượng metan sản sinh đã giảm đến nhỏ hơn 60% hàm lượng metan được tạo ra trong quy trình Ductor.

Hàm lượng amoni vẫn tương đối không đổi (nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,75g/L) trong quy trình Ductor trong suốt thời gian vận hành. Trong quy trình thông

thường, việc tăng từ khoảng 1 đến 4,2g/L được quan sát, tác dụng ức chế amoni là hiển nhiên khi hàm lượng này tăng đến lớn hơn 1,5g/L.

Nguyên liệu được sử dụng, phân chuồng gà và ngô ủ chua có tỷ lệ mol C/N lần lượt bằng 10,4 và 55. Do đó, chúng được nạp vào quy trình này theo các đường ống I và II được mô tả nêu trên như được thể hiện trên Fig.1.

So sánh quy trình Ductor và quy trình thông thường cũng được thực hiện sử dụng actual, nước thải không tổng hợp từ thiết bị phản ứng tạo khí sinh học khi pha loãng nguyên liệu. Trong thử nghiệm này, nguyên liệu chỉ chứa phân chuồng gà. Các kết quả này là tương đương: trong 30 ngày chạy, hàm lượng amoni vẫn nhỏ hơn 1g/L trong quy trình Ductor trong khi việc tăng từ 1,6 đến 3,9g/L trong quy trình thông thường. Trong thử nghiệm này, khi tỷ lệ C/N của nguyên liệu đã cắt và amoni hóa giảm đến nhỏ hơn 15, việc tăng trong thiết bị phản ứng khí sinh học hàm lượng amoni được phát hiện. Điều này có nghĩa là ngoài sử dụng các đường ống khác nhau để điều khiển nguyên liệu chảy ra trong quy trình này, hiệu suất của quá trình tạo amoniac và hệ thống phân tách nitơ có thể được sử dụng để kiểm soát hàm lượng nitơ amoniac tổng số trong thiết bị phản ứng khí sinh học. Ngoài ra, các kết quả này cho thấy rằng nguyên liệu có tỷ lệ mol C/N nhỏ hơn 15 phải được xử lý bằng quá trình tạo amoniac và phân tách nitơ.

Khi nghiên cứu quá trình tạo amoniac nhiều nguyên liệu, các tác giả sáng chế đã phát hiện thấy rằng quá trình axit hóa là nguyên nhân gây thất bại quá trình tạo amoniac nguyên liệu giàu nitơ chứa lớn hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi. Nguyên liệu giàu nitơ chứa nhỏ hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi có thể được nạp trực tiếp vào quá trình tạo amoniac. Khi nguyên liệu gây axit hóa, quá trình tạo amoniac sơ bộ với nguyên liệu giàu nitơ này là cần thiết trước khi bổ sung nguyên liệu axit hóa này vào thiết bị phản ứng tạo amoniac.

Trong quá trình nghiên cứu trên quy mô phòng thí nghiệm, metan được sản xuất một cách hiệu quả nhất ở hàm lượng amonis nhỏ hơn 1,5g/L thành phần có trong thiết bị phản ứng. Để xem xét tác dụng của nguyên liệu thay thế và các thay đổi về quần xã vi sinh vật trong thiết bị phản ứng khí sinh học, hàm lượng amoni nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3g/L được xác định để tạo ra hiệu suất sản sinh metan tối ưu. Hàm lượng này tương đương với hàm lượng nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5g/L. Như nêu

trên, hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số phải ít nhất bằng 0,3g/L để hỗ trợ sự sinh trưởng của quần xã vi sinh vật trong thiết bị phản ứng khí sinh học. Do đó, hàm lượng cho phép tối đa đối với nguyên tố nitơ tổng số bằng 2,8g/L để tính toán tỷ lệ của nitơ amoni cũng như nhu cầu nitơ của quần xã vi sinh vật.

Kết quả so sánh quy trình Ductor với quy trình khí sinh học thông thường được thể hiện trong Bảng 6. Cả hai quy trình được chạy trong 58 ngày trong thiết bị phản ứng sinh học dung tích 40L sử dụng hỗn hợp 50:50 (khối lượng/khối lượng) chứa phân chuồng gà và ngô ủ chua làm nguyên liệu. Các kết quả được ghi lại dưới dạng trị số trung bình của hai thiết bị phản ứng song song. Độ biến thiên giữa hai thiết bị phản ứng thường nhỏ hơn 10% và trong một số trường hợp hiếm gặp nằm trong khoảng từ 10 đến 15%.

Bảng 6

Ngày từ khí bắt đầu	OLR [kg chất rắn dễ bay hơi m ⁻³ *ngày ⁻¹]	Hàm lượng amoni [mg/L]		Hiệu suất sản sinh metan tương đối [%]	
		Quy trình Ductor	Quy trình thông thường	Quy trình Ductor	Quy trình thông thường
2	2	752	1014	100	95
7	2	718	1075	100	109
14	2	731	1204	100	112
23	3	543	1502	100	111
28	3	504	1676	100	85
37	3	655	2183	100	79
44	3	677	2728	100	79
51	3	729	3343	100	57
58	3	679	4216	100	57

Các tài liệu tham khảo được trích dẫn trong bản mô tả này được kết hợp vào sáng chế bằng cách viện dẫn.

Dịch nuôi cấy của các vật liệu vi sinh học theo sáng chế đã được nộp lưu ở Ngân hàng giống và vi sinh vật Hà Lan - Centraalbureau voor Schimmelcultures (CBS), Uppsalalaan 8, 3584 CT Utrecht, The Netherlands, theo quy định của Hiệp ước Budapest về việc nộp lưu quốc tế các vi sinh vật dùng cho mục đích sáng chế.

Dữ liệu nộp lưu quốc tế

Quần thể hỗn hợp vi khuẩn nộp lưu	Số đăng ký ở Ngân hàng giống và vi sinh vật Hà Lan	Ngày nộp lưu
S1	CBS 136063	22 tháng 08 năm 2013

Tài liệu tham khảo

- US 4,022,665 05/1977 Ghosh *et al.*
- US 6,716,351 B2 04/2004 Fassbender
- EP 1,181,252 B1 04/2004 Bakke *et al.*
- EP1,320,388 B1 11/2005 Bonde & Pedersen
- EP0,970,922 B1 09/2007 Moro *et al.*
- US 7,309,435 B2 12/2007 Rozich
- EP2,220,004 B1 09/2012 Gerritsen & Blankenborg
- US8,613,894 B2 12/2013 Zhao *et al.*
- US 8,642,304 B2 02/2014 Raap *et al.*
- US 8,691,551 B1 04/2014 Lahtinen *et al.*
- EP2,039,775 A2 03/2009* Iwai *et al.*
- WO2013038216 A103/2013* Kovács *et al.*
- EP2,578,558 A1 04/2013* Natta & Donati
- EP2,614,890 A1 07/2013* Wennergren & Christensen
- US 20140271438 A1 09/2014* Oksanen *et al.*

*Ngày công bố

Tài liệu công bố khác

Balkwill, D.L., Leach, F.R., Wilson, J.T., McNabb, J.F., White, D.C. 1988. Equivalence of microbial biomass measures based on membrane lipid and cell wall components, adenosine triphosphate, and direct counts in subsurface aquifer sediments. *Microbial Ecology* 16: 73-84.

Bengelsdorf, F.R., Gerischer, U., Langer, S., Zak, M., Kazda, M. 2012. Stability of a biogas-producing bacterial, archaeal and fungal community degrading food residues. *FEMS Microbiology Ecology* 84: 201–12.

Dowd, S.E., Wolcott, R.D., Sun, Y., McKeehan, T., Smith, E., Rhoads, D. 2008. Polymicrobial nature of chronic diabetic foot ulcer biofilm infections determined using

bacterial tag encoded FLX amplicon pyrosequencing (bTEFAP). *PLoS ONE* 3(10): e3326.

Fagerbakke, K.M., Heldal, M., Norland, S. 1996. Content of carbon, nitrogen, oxygen, sulfur and phosphorus in native aquatic and cultured bacteria. *Aquatic microbial ecology* 10: 15-27.

Flythe M., Russell, J. 2006. Fermentation acids inhibit amino acid deamination by *Clostridium sporogenes* MD1 via a mechanism involving a decline in intracellular glutamate rather than protonmotive force. *Microbiology* 152: 2619-24.

Ramsay, I., Pullammanappallil, P. 2001. Protein degradation during anaerobic wastewater treatment: derivation of stoichiometry. *Biodegradation* 12: 247–57.

Resch, C., Wörl, A., Waltenberger, R., Braun, R., Kirchmayr, R. 2011. Enhancement options for the utilization of nitrogen rich animal by-products in anaerobic digestion. *Bioresource Technology* 102: 2503-10.

Sundberg, C., Al-Soud, W.A., Larsson, M., Alm, E., Yekta, S.S., Svensson, B.H., Sorensen, S.J., Karlsson, A. 2013. 454 pyrosequencing analyses of bacterial and archaeal richness in 21 full-scale biogas digesters. *FEMS Microbiol. Ecol.* 85: 612–626.

Wolcott, R., Gontcharova, V., Sun, Y., Dowd, S.E. 2009. Evaluation of the bacterial diversity among and within individual venous leg ulcers using bacterial tag-encoded FLX and Titanium amplicon pyrosequencing and metagenomic approaches. *BMC Microbiology* 9: 226.

Zhang, C., Yuan, Q., Lu, Y. 2014. Inhibitory effects of ammonia on methanogen *mcrA* transcripts in anaerobic digester sludge. *FEMS Microbiology Ecology* 87: 368–77.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống sản xuất khí sinh học từ nguyên liệu, bao gồm:

thiết bị phản ứng thứ nhất để xử lý nguyên liệu giàu nitơ để thực hiện quá trình tạo amoniac để thu được bùn phân hủy amoniac,

hệ thống để phân tách nitơ để thu được bùn phân hủy đã khử amoniac từ bùn phân hủy amoniac nêu trên,

thiết bị phản ứng thứ hai để sản xuất khí sinh học từ bùn phân hủy đã khử amoniac và/hoặc nguyên liệu giàu nitơ và/hoặc nguyên liệu giàu cacbon,

thiết bị chứa để chứa mỗi loại nguyên liệu,

hệ thống sàng lọc nguyên liệu bao gồm hệ thống điều khiển để điều khiển tốc độ dòng dòng của mỗi loại nguyên liệu vào hệ thống này;

thiết bị để phân phối ít nhất nguyên liệu giàu nitơ vào thiết bị phản ứng thứ nhất,

thiết bị để phân phối bùn phân hủy amoniac từ thiết bị phản ứng thứ nhất vào hệ thống phân tách nitơ,

thiết bị để phân phối bùn phân hủy đã khử amoniac từ hệ thống phân tách nitơ vào thiết bị phản ứng thứ hai, và

thiết bị để phân phối nguyên liệu giàu cacbon và/hoặc nguyên liệu giàu nitơ trực tiếp từ thiết bị chứa và/hoặc nitơ amoniac từ hệ thống phân tách nitơ vào thiết bị phản ứng thứ hai.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó nguyên liệu này là giàu nitơ khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này nhỏ hơn 15, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi, và trong đó nguyên liệu này là giàu cacbon khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này bằng 15 hoặc lớn hơn, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này bằng 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi hoặc nhỏ hơn.

3. Hệ thống theo điểm 1, trong đó trạng thái nitơ trong quy trình này được kiểm soát bằng: hệ thống đo lường thứ nhất để xác định hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi hoặc tỷ lệ mol của cacbon và nitơ trong nguyên liệu; và/hoặc hệ thống đo lường thứ hai để xác định hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng

số hoặc tỷ lệ mol C/N trong bùn phân hủy đã khử amoniac sau khi phân tách nitơ; và/hoặc hệ thống đo lường thứ ba để xác định hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai.

4. Hệ thống theo điểm 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị để kiểm soát hiệu suất của hệ thống phân tách nitơ và tốc độ dòng của bùn phân hủy đã khử amoniac vào thiết bị phản ứng thứ hai, dựa trên dữ liệu đo từ hệ thống đo lường thứ hai và hệ thống đo lường thứ ba, để duy trì hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong thiết bị phản ứng thứ hai nằm trong khoảng tối ưu

5. Hệ thống theo điểm 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị để kiểm soát phân phối nguyên liệu giàu nitơ, nguyên liệu giàu cacbon hoặc nguyên liệu giàu nitơ chứa lớn hơn 60g monosacarit, oligosacarit, tinh bột hoặc chất xơ thô có thể lên men tính trên 1kg chất rắn dễ bay hơi vào thiết bị phản ứng thứ nhất hoặc thiết bị phản ứng thứ hai, để duy trì hàm lượng nitơ amoniac tổng số, nguyên tố nitơ tổng số hoặc tỷ lệ mol C/N trong thiết bị phản ứng thứ hai nằm trong khoảng tối ưu.

6. Hệ thống theo điểm 3, trong đó trạng thái nitơ trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai là tối ưu khi tỷ lệ mol C/N nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12 hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5g/L hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8g/L.

7. Hệ thống theo điểm 3, trong đó nguyên liệu này là giàu nitơ khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này nhỏ hơn 15, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này lớn hơn 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi, và trong đó nguyên liệu này là giàu cacbon khi tỷ lệ mol C/N của nguyên liệu này bằng 15 hoặc lớn hơn, hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số trong các chất rắn dễ bay hơi của nguyên liệu này bằng 40g N/kg chất rắn dễ bay hơi hoặc nhỏ hơn.

8. Hệ thống theo điểm 5, trong đó trạng thái nitơ trong các thành phần có trong thiết bị phản ứng thứ hai là tối ưu khi tỷ lệ mol C/N nằm trong khoảng từ 5,0 đến 12 hoặc hàm lượng nitơ amoniac tổng số nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5g/L hoặc hàm lượng nguyên tố nitơ tổng số nằm trong khoảng từ 0,3 đến 2,8g/L.

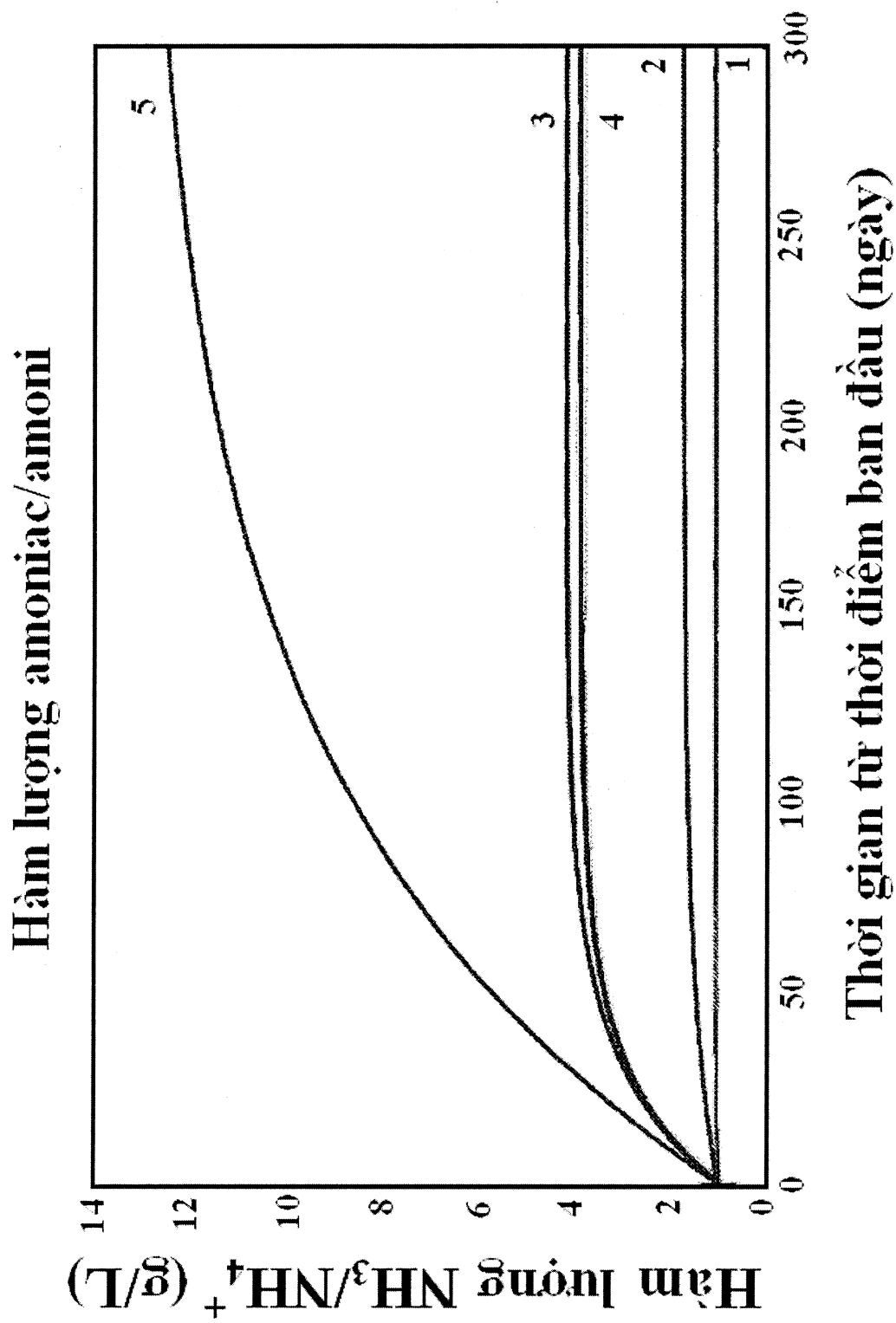


Fig.2

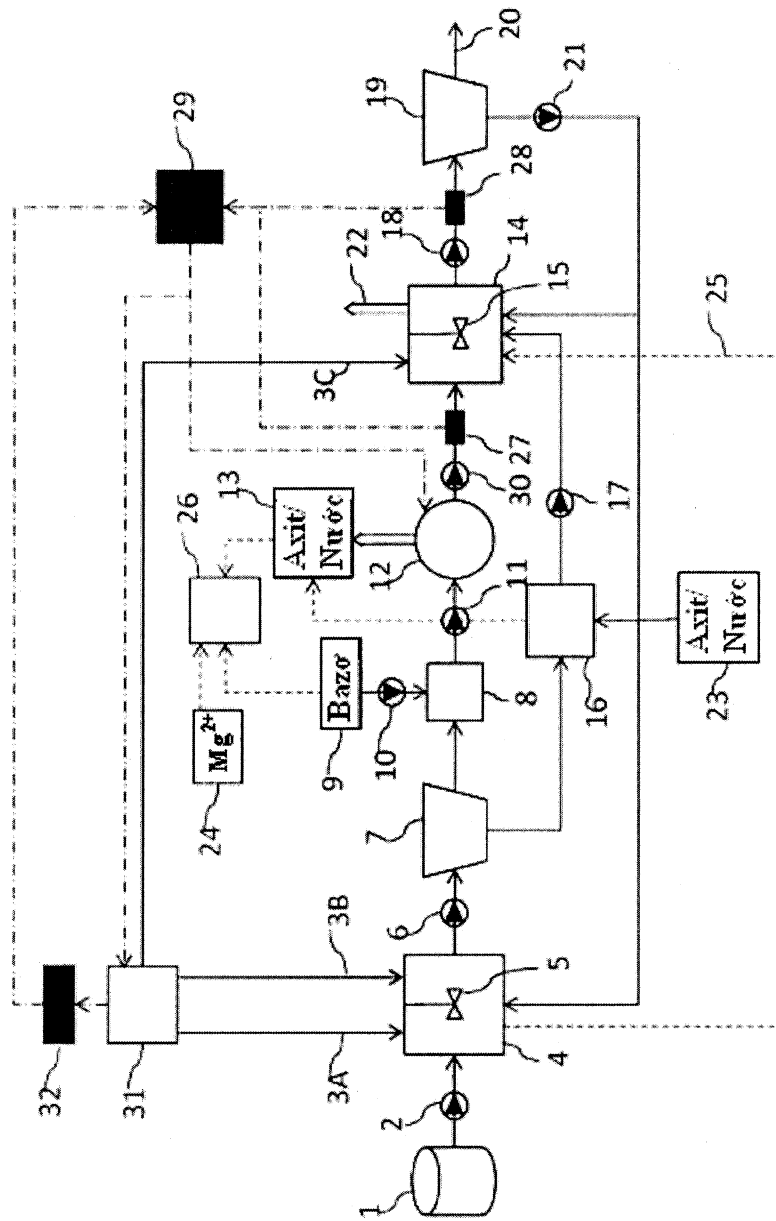


Fig.3

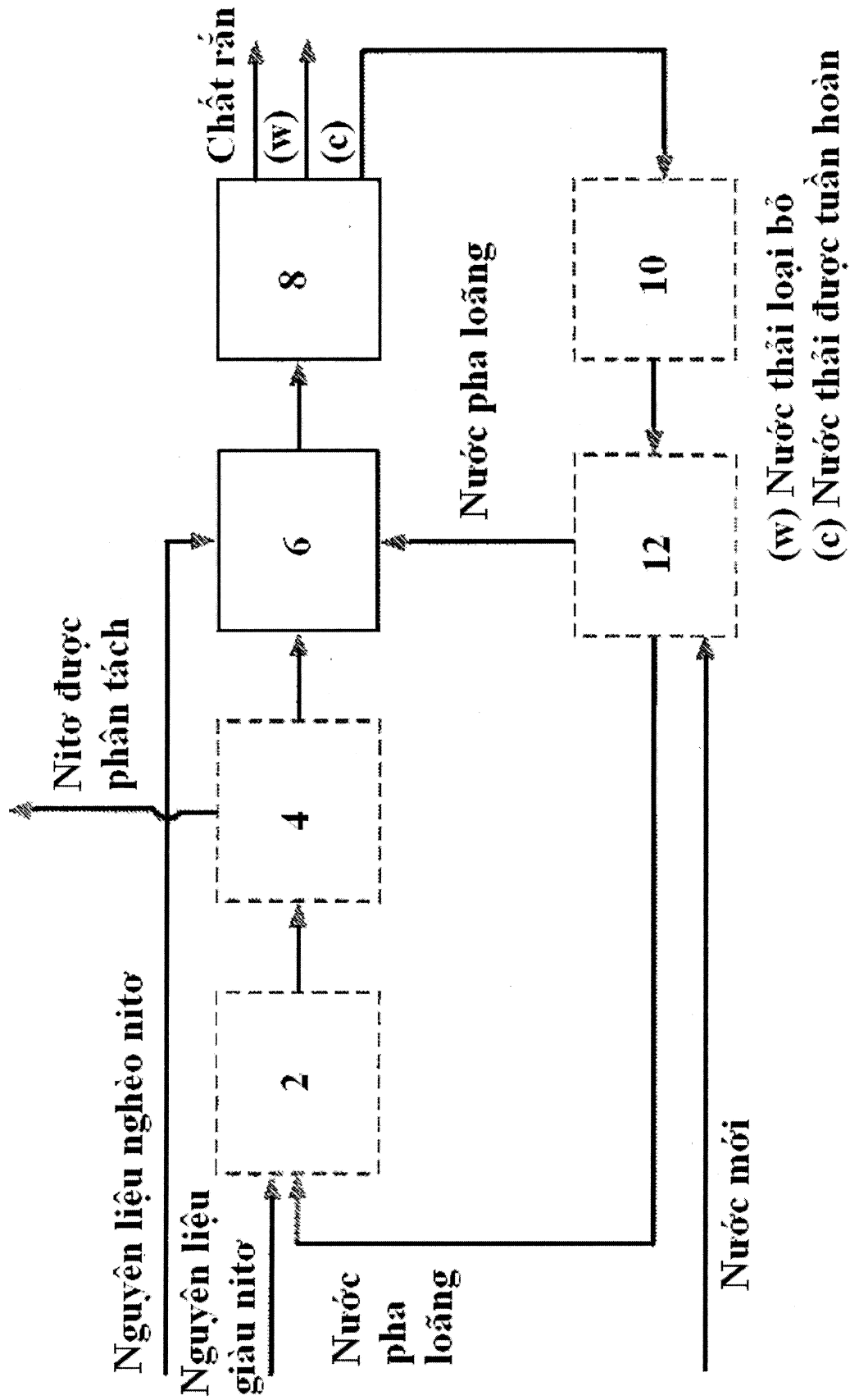


Fig.4

DANH MỤC TRÌNH TỰ

<110> DUCTOR OY
 <120> HỆ THỐNG SẢN XUẤT KHÍ SINH HỌC TỪ NGUYÊN LIỆU
 <130> 44545-1007-U
 <140>
 <141>
 <150> 61/973,557
 <151> 2014-04-01
 <160> 2
 <170> PatentIn version 3,5
 <210> 1
 <211> 19
 <212> ADN
 <213> Trình tự nhân tạo
 <220>
 <223> Đoạn mỗi vi khuẩn ARN 16S đặc hiệu
 <220>
 <221> Trình tự lỗi
 <222> (11)..(11)
 <223> n là a, c, g, hoặc t
 <400> 1
 gagtttgatc ntggctcag 19
 <210> 2
 <211> 18
 <212> ADN
 <213> Trình tự nhân tạo
 <220>
 <223> Đoạn mỗi vi khuẩn ARN 16S đặc hiệu
 <220>
 <221> Trình tự lỗi
 <222> (3)..(3)
 <223> n là a, c, g, hoặc t
 <220>
 <221> Trình tự lỗi
 <222> (8)..(8)
 <223> n là a, c, g, hoặc t
 <220>
 <221> Trình tự lỗi
 <222> (14)..(14)
 <223> k là t hoặc g
 <400> 2
 gtnttacngc ggckgctg 18