



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(21) BR 10 2012 033485-2 A2



* B R 1 0 2 0 1 2 0 3 3 4 8 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 28/12/2012
(43) Data da Publicação: 19/08/2014
(RPI 2276)

(51) Int.Cl.:
C12M 1/02
C12M 1/04
C12M 1/06

(54) Título: EQUIPAMENTO E PROCESSO HÍBRIDO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS

(73) Titular(es): Petróleo Brasileiro S/A - PETROBRAS, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

(72) Inventor(es): Aline Machado de Castro, Carlos Alberto Silva Paulo, Denise Maria Guimarães Freire, Leda dos Reis Castilho, Marcelo Ricardo Queiroz Medeiros

(57) Resumo: EQUIPAMENTO E PROCESSO HÍBRIDO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS. A presente invenção trata de um equipamento para a obtenção de bioprodutos, utilizando um processo híbrido que tem por finalidade a produção de bioprodutos que integram um mesmo sistema reacional. Mais especificamente, a invenção visa à produção integrada de bioprodutos, por meio de processo de fermentação de biomassa, o qual utiliza um reator especialmente desenvolvido para esta finalidade. O reator agora proposto torna possível que sejam cultivados microorganismos sob diferentes condições de crescimento, em diferentes matérias-primas, e que sejam realizadas formulações "in situ", para a obtenção de um preparado enzimático otimizado e customizado para cada aplicação desejada.

EQUIPAMENTO E PROCESSO HÍBRIDO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção trata de um processo híbrido que tem por finalidade a produção de bioprodutos que integram um mesmo sistema reacional. Mais especificamente, a invenção visa à produção integrada de bioprodutos, por meio de processo fermentativo de biomassa, o qual utiliza um reator especialmente desenvolvido para esta finalidade.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Os dois principais métodos para produzir bioprodutos com o uso de microrganismos são: a fermentação no estado sólido - FES e a fermentação submersa - FS. Estes métodos diferem entre si pelas condições ambientais que proporcionam aos microrganismos e pela maneira de conduzir o processo.

Na fermentação em estado sólido o crescimento dos microrganismos se dá sobre substratos sólidos sem a presença de água livre.

Na fermentação submersa as células dos microrganismos são cultivadas em um meio líquido de cultivo que fornece os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento.

Um dos parâmetros que diferencia e impacta esses métodos é o teor de água presente no meio reacional. Na FES, há ausência ou quase ausência de água livre, mas que pode ser encontrada em forma de complexo formado com a matriz de uma matéria-prima sólida, como uma fina camada absorvida na superfície das partículas. Em geral, as condições para a realização deste método imitam as condições encontradas na natureza, o que permite que seja conduzido sem prévia esterilização, visto que devido à baixa umidade do meio sólido a contaminação é pouco provável.

Por consequência, podem ser citadas como principais vantagens do

método de fermentação em estado sólido em relação à fermentação submersa:

- menor demanda energética associada à esterilização do meio e à recuperação de bioprodutos;
- 5 - a transferência de oxigênio para a fase líquida não é limitante, podendo ser conduzido sob a forma de cultivo estático em bandeja;
- permite operar com elevadas concentrações de substrato;
- obtêm-se correntes mais concentradas em bioprodutos, devido à
- 10 reduzida quantidade de água presente no meio reacional, diminuindo a possibilidade de contaminação do meio de cultivo;
- não requer nutrientes sintéticos, em geral;
- geração de menor quantidade de resíduos líquidos.

Na literatura especializada se observam diferentes geometrias de

15 reatores para emprego em métodos microbiológicos, com modos de condução e controle diferenciados, bem como sistemas de modelagem para descrever os fenômenos envolvidos.

As propostas apresentadas procuram contornar as limitações do método FES e o tornam mais atrativo. Entretanto, a completa dissipação

20 do calor metabólico gerado ainda constitui um desafio a ser superado.

São igualmente encontrados na literatura relatos quanto a diferentes técnicas para aperfeiçoar a produção integrada de bioprodutos empregando a fermentação em estado sólido, como por exemplo, o uso de um único reator para cultivar simultaneamente diferentes microrganismos.

25 Os documentos de patente: US 6620614, WO 2008/067800, WO 2008/102249, citados a seguir ilustram alguns desses métodos.

A patente US 6,620,614 apresenta um fermentador para obtenção de produtos em grandes volumes (cerca de 1000 litros ou mais), como por exemplo: esporos de fungos, biomassa bacteriana, enzimas, antibióticos,

30 entre outros.

O fermentador consiste de um vaso cilíndrico ou oval, cujo casco é impermeável ao ar e água. Em seu interior são superpostos, espaçadamente, vários pratos, permeáveis ao ar e ao vapor, onde são cultivados microrganismos pouco competitivos. Pelo topo e/ou entre os
5 pratos são fornecidos os nutrientes necessários ao cultivo de cada microrganismo, de acordo com o objetivo da fermentação.

A publicação internacional WO 2008/067800 apresenta um reator que consiste de um tambor horizontal que opera essencialmente segundo o sistema conhecido pelo termo em inglês "plug flow". Um sistema de
10 agitação é provido ao longo de todo o eixo longitudinal do tambor, formando uma espécie de hélice, para garantir uma completa mistura da biomassa seca sólida e liberação de gás da câmara de reação. O eixo longitudinal é apoiado em mancais localizados internamente, junto às paredes que formam as extremidades do vaso, e conectado a um motor
15 externo.

A publicação internacional WO 2008/102249 apresenta um biorreator para a produção contínua de microrganismos e bioprodutos por fermentação em estado sólido, que compreende um vaso cilíndrico vertical com uma entrada para matéria-prima e uma saída para recuperação de
20 produtos, e contendo: um tubo central vertical que se estende do topo ao fundo do eixo vertical do vaso cilíndrico; braços radiais ligados ao tubo central vertical ou ao dito vaso cilíndrico vertical; e, meios para fazer rodar o dito tubo central vertical ou o vaso cilíndrico vertical em torno de seu eixo central. Bandejas horizontais dotadas de um furo central são afixadas no
25 interior do vaso cilíndrico vertical. Os braços radiais são localizados em diferentes planos e alinhados de modo a impedir o deslocamento da matriz sólida através do biorreator.

Entretanto, a técnica ainda requer o desenvolvimento de reatores para a condução de fermentação em estado sólido associado à
30 fermentação submersa, que permita operar de diferentes modos, com ou

sem agitação, em sistema de batelada simples ou em batelada alimentada.

A invenção agora proposta consegue atender a esses requisitos por meio de um equipamento especialmente desenvolvido para esta finalidade.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção trata de um equipamento para a obtenção de bioprodutos, utilizando um processo híbrido que tem por finalidade a produção de bioprodutos que integram um mesmo sistema reacional. Mais especificamente, a invenção visa à produção integrada de bioprodutos, por meio de processo de fermentação de biomassa, o qual utiliza um reator especialmente desenvolvido para esta finalidade.

O uso do referido reator permite alcançar rendimentos mais elevados que os processos conduzidos em diferentes vasos reacionais, bem como resulta menor geração de resíduos ao longo do processo.

O equipamento da invenção consiste em um reator que compreende basicamente:

- um tambor cilíndrico formado por vários compartimentos dotados com revestimento térmico individual, que permite o cultivo simultâneo, sob condições distintas, de até três microrganismos diferentes;
- um sistema de agitação composto por pás impelidoras de formato especial, afixadas em um eixo longitudinal que atravessa toda a extensão do tambor, as quais possuem diferentes larguras e são espaçadas ao redor do eixo de um ângulo de 120°;
- um sistema de aeração, formado por uma placa porosa localizada rente à superfície interna na parte inferior do tambor;
- um sistema de dispersão superior, que permite o controle do teor de umidade no interior de cada compartimento;
- meios para controle das condições operacionais do processo de

produção de bioprodutos.

O reator agora proposto torna possível que sejam cultivados microrganismos sob diferentes condições de crescimento, em diferentes matérias-primas, e que sejam realizadas formulações “in situ”, para a
5 obtenção de um preparado enzimático otimizado e customizado para cada aplicação desejada.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A Figura 1 apresenta de forma esquemática uma vista lateral em corte de um trecho do equipamento da invenção.

10 A Figura 2 apresenta uma secção em corte transversal de um compartimento do reator.

A Figura 3 apresenta uma vista superior do trecho do reator mostrado na Figura 1.

15 A Figura 4 apresenta um vista em corte da parede divisória de compartimentos e respectiva comporta de comunicação.

A Figura 5 mostra em detalhe as formas e dimensões das pás impelidoras utilizadas no equipamento da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

20 Para que a invenção possa ser mais bem compreendida e avaliada, sua descrição detalhada será realizada com base nas figuras que acompanham este relatório e dele é parte integrante.

O equipamento da invenção permite a obtenção de bioprodutos tanto por processo de fermentação em estado sólido (FES) quanto por processo de fermentação submersa (FS). Portanto, um processo híbrido
25 que pode ser conduzido simultaneamente em um único equipamento. Em linhas gerais, o equipamento é constituído pelos seguintes componentes principais:

- um tambor cilíndrico formado por até três compartimentos (K), dotados com revestimento térmico individual, que permite o cultivo
30 simultâneo, sob condições distintas, de até três microrganismos

diferentes;

- 5 - um sistema de agitação, que atua por movimento pendular, composto por um conjunto (100) de pás impelidoras com formato especial, afixadas em um eixo longitudinal (110) que atravessa toda a extensão do tambor, as quais possuem diferentes larguras e são espaçadas ao redor do eixo de um ângulo de 120°;
- sistema de aeração, formado por uma placa porosa (30) localizada rente à superfície interna na parte inferior do tambor;
- 10 - um sistema de dispersão superior formado por aspersores (50), que permite o controle do teor de umidade no interior de cada compartimento (K);
- meios para controle das condições operacionais do processo de produção de bioprodutos.

15 As Figuras 1, 2 e 3 apresentam um trecho do equipamento da invenção constituído por dois compartimentos (K1 e K2): uma vista lateral em corte (Figura 1), uma secção transversal de um compartimento (K) qualquer (Figura 2) e uma vista superior deste trecho do equipamento (Figura 3).

20 Como pode ser observado, com o auxílio da Figura 1, os compartimentos (K1 e K2) que compõem o reator (R) são separados por uma parede divisória (10) dotada com uma comporta de comunicação (11), que poderá ser movida ou removida quando necessário.

25 As paredes do tambor que forma o corpo do reator (R) são revestidas externamente com uma camisa de reator (20), a qual pode atuar como meio de refrigeração ou de aquecimento. Internamente e junto à parede inferior do tambor situa-se o sistema de aeração do reator (R), formado por uma placa porosa (30) que se estende ao longo do tambor e possui comunicação com o meio externo por meio de bocais (40) de injeção de ar ou oxigênio. Na parte superior do tambor são providos: o
30 sistema de dispersão formado por aspersores de líquidos (50), e bocais de

amostragem (51), através do qual são alimentados nutrientes e matéria-prima, necessários ao cultivo dos microrganismos assim como podem ser retiradas amostras para controle do processo; passagens para saída de gases (60); e meios de acesso para introdução de instrumentos (70) para
5 controle das condições operacionais do processo de fermentação.

Na parte inferior do tambor são providos drenos (80) para retirada de produtos e sólidos em suspensão, assim como meios de acesso para instalação de termopares (90) para controle de temperatura.

O sistema de agitação do meio reacional é formado por um conjunto
10 (100) de pás impelidoras, afixadas a um eixo longitudinal (110) que atravessa toda a extensão do tambor, e que se apóia internamente na comporta de comunicação (11) provida na parede divisória (10) dos compartimentos e nas extremidades do tambor, estando ligado a meios de acionamento adequados (não mostrado nas Figuras). O referido conjunto
15 (100) de pás impelidoras é formado por três pás, que possuem formas especiais e diferentes larguras e são espaçadas ao redor do eixo de um ângulo de 120° (Figura 5).

Na Figura 2 são mostrados com maior detalhe a camisa do reator (20) de revestimento do tambor e seus pontos de entrada (E) e de saída
20 (S) do líquido de refrigeração ou de aquecimento, a placa porosa (30) situada na parte inferior do tambor, rente à superfície interna, o sistema de aeração provido com bocais injeção de oxigênio (40) e o sistema de dispersão, constituídos por aspersores (50) especiais.

A Figura 3 apresenta uma vista superior do trecho do reator
25 mostrado na Figura 1, de modo a permitir uma melhor visualização da forma como os diferentes sistemas e seus componentes estão distribuídos ao longo do tambor que forma o reator (R).

A parede divisória (10) que separa os compartimentos (K) é dotada com uma comporta (11) móvel, mostrada em detalhe na Figura 4. Esta
30 possibilidade de dividir o reator (R) em compartimentos distintos

representa uma das vantagens do equipamento, pois torna possível, em um único equipamento, cultivar simultaneamente, sob condições operacionais distintas, microrganismos diferentes. Com isto, diferentes bioprodutos podem ser produzidos por meio de um processo híbrido, que tem por finalidade a obtenção de produtos que integram um mesmo sistema reacional.

O equipamento da invenção, em sua concretização preferida prevê a montagem de seis compartimentos, permitindo cultivar simultaneamente, até três microrganismos diferentes.

O sistema de agitação do meio reacional utiliza um conjunto (100) de pás impelidoras, que atuam por movimento pendular de forma a varrer de 0% a 75% da altura do reator, de modo contínuo ou intermitente, de acordo com a necessidade de cada tipo de processo. Estas pás impelidoras também possuem a finalidade de melhorar a mistura das camadas de materiais sólido e líquido localizados nas regiões mais próximas do centro do equipamento com as camadas de materiais mais distantes.

As pás impelidoras foram desenvolvidas com uma forma específica a fim de promover o revolvimento das camadas de sólidos e proporcionar uma melhor transferência de calor entre as camadas, facilitando o escoamento dos gases quentes provenientes do metabolismo dos microrganismos.

A Figura 5 mostra em detalhe as formas e dimensões das pás impelidoras utilizadas no equipamento.

Em realidade, o conjunto (100) de pás impelidoras consiste de três lâminas, com formas e dimensões distintas, afixadas em redor de um eixo longitudinal (110) que atravessa toda a extensão do tambor, e espaçadas entre si de um ângulo de 120°. A pá externa (101), cuja lâmina é mais larga, fica posicionada a 120° em relação à horizontal, possui perfil em "U", vazado em sua parte central e provido com ranhuras (N) na sua porção

fechada de modo que não interfira com os termopares (90) instalados para controle da temperatura na região próxima ao centro do equipamento. A pá intermediária (102), cuja lâmina é mais estreita, também possui perfil em “U”, vazado em sua parte central e provido com ranhuras (N) na sua
5 porção fechada para que não interfira com os termopares (90). Finalmente, a pá interna (103), possui a lâmina bem mais estreita e totalmente fechada, fica localizada a 360° em relação à horizontal e também é provida com ranhuras (N) para que não interfira com os termopares (90).

Esta forma de operação por movimento pendular permite a
10 dissipação progressiva do calor proveniente do metabolismo dos microrganismos cultivados no biorreator camada a camada de sólido, de forma que o crescimento dos próprios microrganismos não venha a ser prejudicado, e os bioprodutos produzidos não sejam desnaturados com o aumento de temperatura. O condicionamento térmico do equipamento é
15 realizado por meio de circulação de água ou vapor pela camisa do reator (20) de revestimento do tambor, de modo a manter a temperatura na faixa entre 15°C e 80°C.

A dispersão do oxigênio (O₂) necessário para o metabolismo, se dá por meio de um sistema de aeração constituído por uma placa porosa (30)
20 situada na parte inferior do tambor, rente à superfície interna, que permite a difusão do ar com elevada área superficial, sem perda de volume interno do vaso.

Por outro lado, o sistema de dispersão, constituído por aspersores (50) instalados na parte superior do reator, permite a condução dos
25 processos na forma de batelada alimentada, seja para alimentação de nutrientes ou somente de água, contribuindo para a manutenção do teor de umidade do sistema, na faixa ideal para a produção dos bioprodutos desejados. Os aspersores (50) especiais possuem formato projetado de modo a garantir que o líquido introduzido atinja de modo uniforme e em
30 quantidade suficiente o material contido no compartimento.

Outras vantagens do equipamento da invenção ficarão evidenciadas à medida que se descreve seu funcionamento. O processo integrado tem por finalidade reduzir custos operacionais e maximizar a exploração dos recursos disponíveis. Assim, uma possibilidade de funcionamento do equipamento da invenção é realizar de forma integrada o processo de obtenção de bioprodutos, segundo quatro etapas principais, a saber:

- 1- produção de enzimas em meio de cultivo sólido, de forma customizada;
- 2- reação das enzimas sobre os substratos sólidos em meio submerso;
- 3- produção de produtos intermediários;
- 4- produção de produtos finais de interesse.

Desta forma, o equipamento se aplica a diferentes áreas da tecnologia, em especial à indústria farmacêutica, de petróleo, gás e energia, para produção de biopolímeros e biocombustíveis.

A forma preferida de condução do processo será descrita a seguir, de acordo com suas rotas principais, visto que as condições específicas variam de acordo com o microrganismo utilizado e produtos de interesse.

Os resíduos sólidos conhecidos da técnica e geralmente utilizados como matéria-prima, como resíduos agroindustriais, materiais lignocelulósicos, entre outros, são introduzidos no equipamento através de bocais de amostragem (51), localizados na parte superior do reator. Junto com os sólidos podem ser também adicionados os microrganismos. Nestes bocais também são instaladas lâmpadas UV (ultravioleta), para prevenir contaminação. O teor de água é fornecido através do sistema de dispersão por meio de aspersores (50) especiais, projetados para maximizar a área de varredura dos líquidos injetados.

Em situações especiais, o sistema de dispersão poderá ser usado para fornecer uma solução com nutrientes para os microrganismos utilizados no processo. O sistema de agitação formado pelo conjunto (100)

de pás impelidoras deve ser acionado para garantir a homogeneidade da mistura das fases líquida e sólida. Em função do tipo de reação que se deseja promover, o sistema de agitação deverá ser acionado de forma intermitente ou contínua.

- 5 O oxigênio para os microrganismos é fornecido por meio do bocal de injeção (40) do sistema de aeração, através da placa porosa (30), de modo a maximizar o escoamento do ar através do leito em que se encontra a matéria-prima e os microrganismos.

Esta primeira etapa tem um tempo de duração que varia entre 12 e
10 240 horas, e os produtos obtidos são enzimas para aplicação em processos industriais.

A segunda etapa do processo tem início com a adição de líquido, através do sistema de dispersão, de modo a converter o processo de fermentação em estado sólido (FES) em processo de fermentação
15 submersa (FS). A comporta (11) que interliga os compartimentos (K) do reator é aberta, promovendo a transferência de massa entre os compartimentos. Desta forma, bioprodutos que foram sintetizados em um compartimento podem reagir tanto com a matéria-prima não reagida do compartimento vizinho ou do próprio compartimento onde foi gerado.

20 O sistema de agitação de pás impelidoras pode ser acionado, se necessário, para revolver as camadas mais próximas e as mais distantes do eixo central, para a manutenção dos sólidos em suspensão no líquido.

Espera-se que haja reação devido à introdução no processo desses materiais inseridos. Nesta etapa a temperatura é mantida na faixa entre
25 30°C e 80°C, durante um período de tempo que varia de 4 a 96 horas. Em geral esta etapa ocorre sem adição de oxigênio.

A terceira etapa tem por finalidade a obtenção de produtos intermediários, embora não seja uma etapa obrigatória. Assim, nova quantidade de matéria-prima é adicionada através dos bocais de
30 amostragem (51), para ser submetida à reação com as enzimas geradas

na etapa inicial do processo. O sistema deve ser mantido sob agitação, de modo a garantir a mistura efetiva dos materiais. Em geral esta etapa ocorre na ausência de aeração e tem um tempo de duração que varia de 4 a 96 horas.

- 5 A quarta etapa consiste na adição de microrganismos diferentes do utilizado originalmente, podendo haver adição de nova quantidade de matéria-prima. O reator é mantido sob agitação para que os produtos gerados nas etapas anteriores possam ser consumidos pelos novos microrganismos, gerando novos produtos de interesse. Nesta etapa pode
- 10 haver necessidade de aeração do meio reacional. A temperatura deve ser mantida na faixa de 15°C a 80°C, durante cerca de 8 a 240 horas.

Os produtos gerados são retirados do reator através dos drenos (80) localizados na parte inferior do reator.

- Assim, o processo de obtenção de bioprodutos por processo híbrido,
- 15 resumidamente compreende as seguintes etapas:

- alimentar, em cada compartimento do reator, a matéria-prima, os microrganismos e os nutrientes necessários, controlando o teor de umidade, a temperatura do meio reacional e as condições operacionais de acordo com o microrganismo e matéria-prima utilizados;
- 20 -
- acionar, sempre que necessário, o sistema de agitação para revolver as camadas de materiais, promover a mistura de sólido e líquido, e promover a dissipação progressiva do calor proveniente do metabolismo dos microrganismos cultivados;
- 25 -
- aguardar o período de tempo necessário à obtenção de enzimas, de um único tipo ou de forma customizada pelo cultivo simultâneo de diferentes microrganismos;
- abrir a comporta que separa os compartimentos para permitir a transferência de massa entre pelo menos dois compartimentos;
- 30 -
- acionar o sistema de agitação para revolver as camadas de mate-

riais e promover a mistura de sólido e líquido;

- aguardar o período de tempo necessário para que ocorra a reação e formação de produtos, controlando a temperatura do meio reacional e as condições operacionais de acordo com o microrganismo e matéria-prima utilizados;
- descarregar o reator e recuperar os produtos de interesse.

5

A invenção foi descrita com base na sua modalidade de realização preferida. Torna-se evidente, porém, que os especialistas na matéria, poderão introduzir mudanças e alterações sem fugir do conceito inventivo aqui revelado, o qual é limitado pelas reivindicações que se seguem.

10

REIVINDICAÇÕES

1- EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS, caracterizado por compreender seguintes componentes principais:

- 5 - um tambor cilíndrico formado por vários compartimentos (K), dotados com revestimento térmico individual, por meio de circulação de água ou vapor por uma camisa de revestimento (20) do tambor, de modo a manter a temperatura na faixa entre 15°C e 80°C, e permitir o cultivo simultâneo, sob condições distintas, de até três microrganismos diferentes;
- 10 - um sistema de agitação, que atua por movimento pendular, composto por um conjunto (100) de pás impelidoras com formato especial, afixadas em um eixo longitudinal (110) que atravessa toda a extensão do tambor, as quais possuem diferentes larguras e são espaçadas ao redor do eixo de um ângulo de 120°;
- 15 - um sistema de aeração, formado por uma placa porosa (30) localizada rente à superfície interna na parte inferior do tambor;
- um sistema de dispersão superior formado por aspersores (50), que permite o controle do teor de umidade no interior de cada compartimento (K);
- 20 - meios para controle das condições operacionais do processo de produção de bioprodutos, por exemplo, temperatura.

2- **EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o tambor cilíndrico formado por até três compartimentos (K), serem separados por uma parede divisória (10) dotada com uma comporta de comunicação (11), que
25 pode ser movida ou removida quando necessário.

3- **EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o sistema de agitação (M) do meio reacional utilizar um conjunto (100) de pás impelidoras, que atuam
30 por movimento pendular de forma a varrer de 0% a 75% da altura do

reator, de modo contínuo ou intermitente, de acordo com a necessidade de cada tipo de processo.

5 **4- EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o referido conjunto (100) de pás impelidoras ser formado por três lâminas, com formas e dimensões distintas, afixadas em redor de um eixo longitudinal (110) que atravessa toda a extensão do tambor, sendo que a pá externa (101), cuja lâmina é mais larga, fica posicionada a 120° em relação à horizontal, possui perfil em “U”, vazado em sua parte central e provido com ranhuras (N) na sua porção fechada de modo que não interfira com os termopares (90) instalados para controle da temperatura na região próxima ao centro do equipamento, a pá intermediária (102), cuja lâmina é mais estreita, também possui perfil em “U”, vazado em sua parte central e provido com ranhuras (N) na sua porção fechada para que não interfira com os termopares (90), e, a pá interna (103), possui a lâmina bem mais estreita e totalmente fechada, fica localizada a 360° em relação a horizontal e também é provida com ranhuras (N) para que não interfira com os termopares (90).

20 **5- EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o sistema de aeração ser constituído por uma placa porosa (30) situada na parte inferior do tambor, rente à superfície interna, que faz a difusão do ar com elevada área superficial, sem perda de volume interno do vaso.

25 **6- EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o sistema de dispersão ser formado por aspersores (50) de líquidos, e bocais de amostragem (51), através do qual são alimentados nutrientes e matéria-prima, necessários ao cultivo dos microrganismos assim como retiradas amostras para controle do processo.

30 **7- EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com

a reivindicação 1, caracterizado por o sistema de dispersão, constituído por aspersores (50) instalados na parte superior do reator, permitir a condução dos processos na forma de batelada alimentada, seja para alimentação de nutrientes ou somente de água, contribuindo para a manutenção do teor de umidade do sistema, na faixa ideal para a produção dos bioprodutos desejados.

5
8- **EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os aspersores (50) possuírem formato que garante que o líquido introduzido atinja de modo uniforme e em quantidade suficiente o material contido no compartimento (K).

10
9- **EQUIPAMENTO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por atuar de forma híbrida, tanto por processo de fermentação em estado sólido (FES) quanto por processo de fermentação submersa (FS).

15
10- **PROCESSO HÍBRIDO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**, empregando o equipamento descrito na reivindicação 1, caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- alimentar, em cada compartimento do reator, a matéria-prima, os microrganismos e os nutrientes necessários, controlando o teor de umidade, a temperatura do meio reacional e as condições operacionais de acordo com o microrganismo e matéria-prima utilizados;
- acionar, sempre que necessário, o sistema de agitação para revolver as camadas de materiais, promover a mistura de sólido e líquido, e promover a dissipação progressiva do calor proveniente do metabolismo dos microrganismos cultivados;
- aguardar o período de tempo necessário à obtenção de enzimas, de um único tipo ou de forma customizada pelo cultivo simultâneo de diferentes microrganismos;
- abrir a comporta que separa os compartimentos para permitir a

20

25

30

transferência de massa entre pelo menos dois compartimentos;

- acionar o sistema de agitação para revolver as camadas de materiais e promover a mistura de sólido e líquido;
- aguardar o período de tempo necessário para que ocorra a reação e formação de produtos, controlando a temperatura do meio reacional e as condições operacionais de acordo com o microrganismo e matéria-prima utilizados;
- descarregar o reator e recuperar os produtos de interesse.

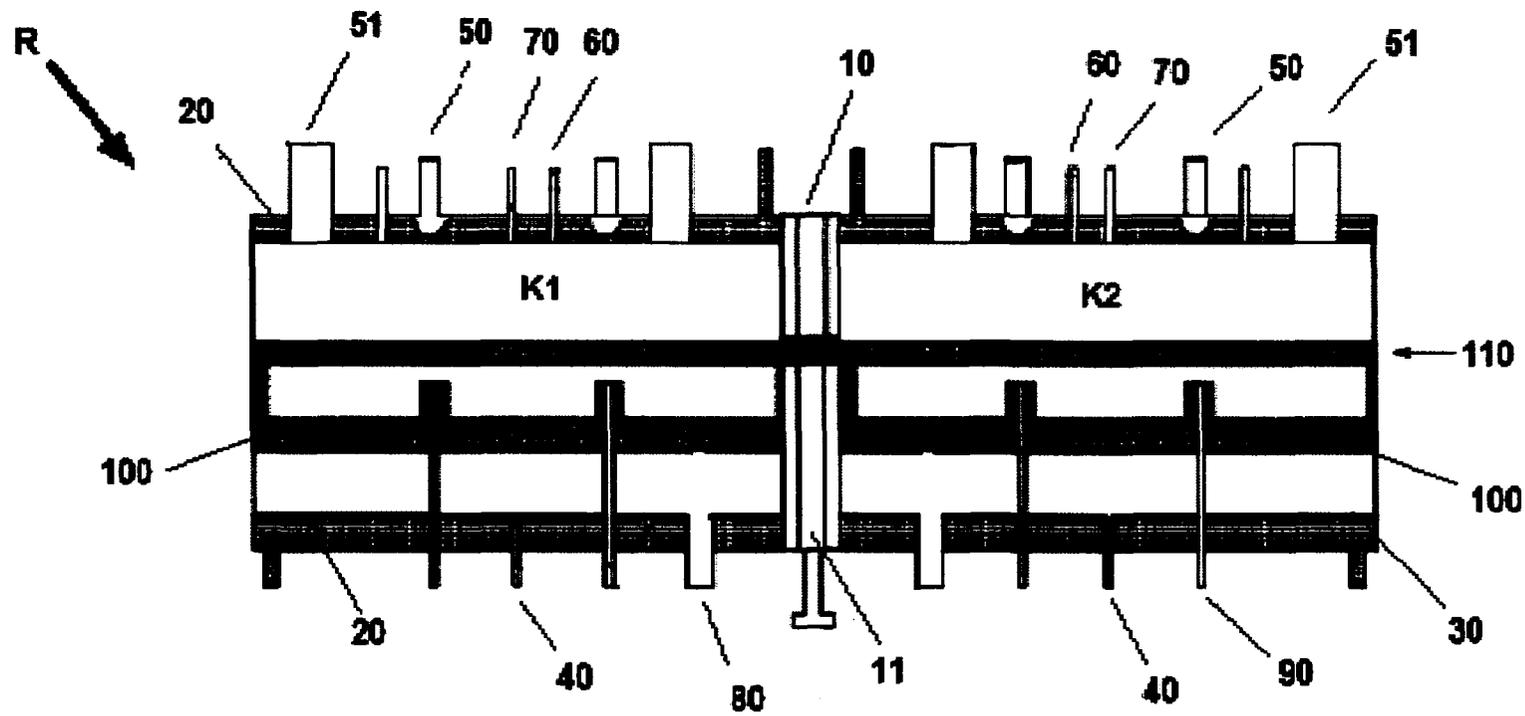


FIG. 1

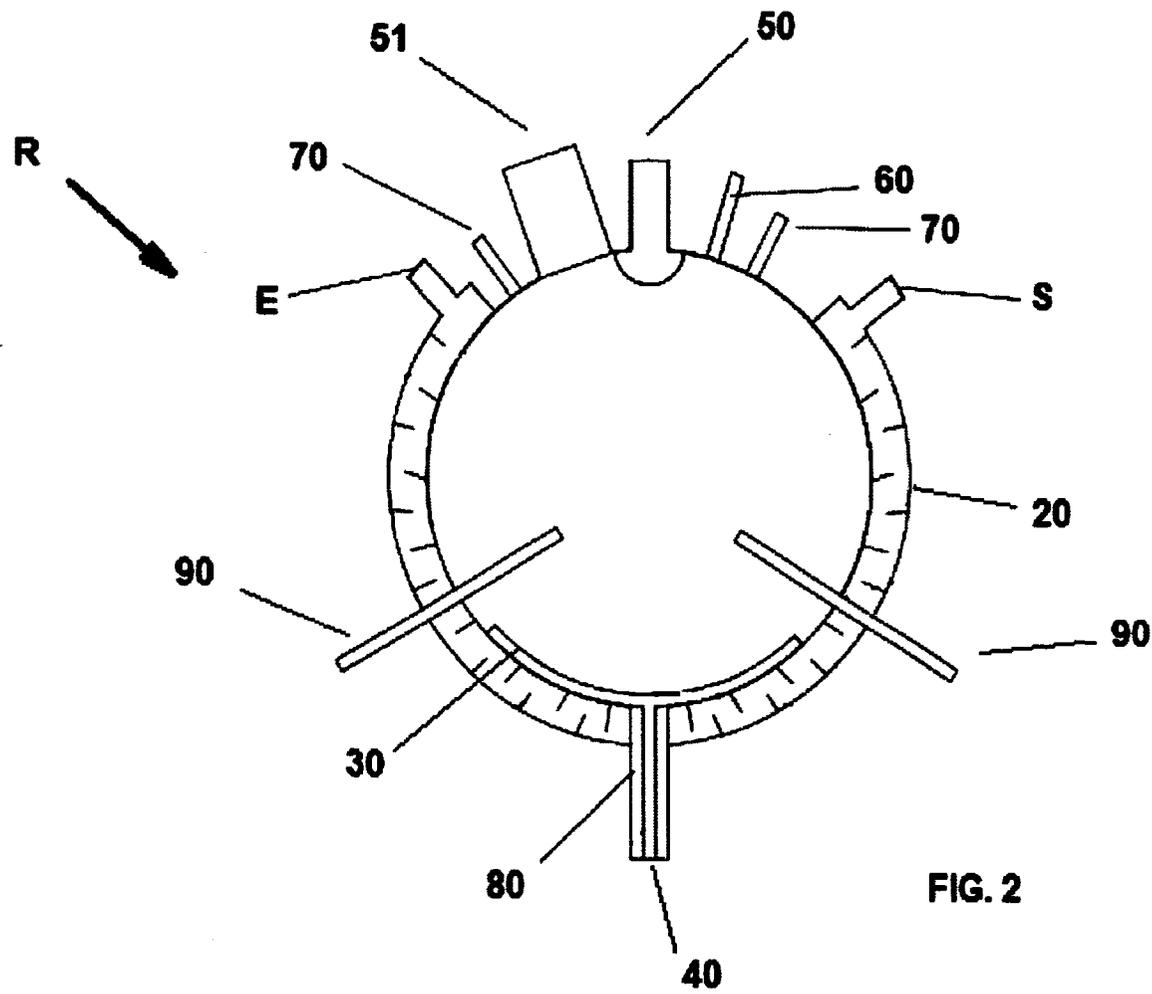


FIG. 2

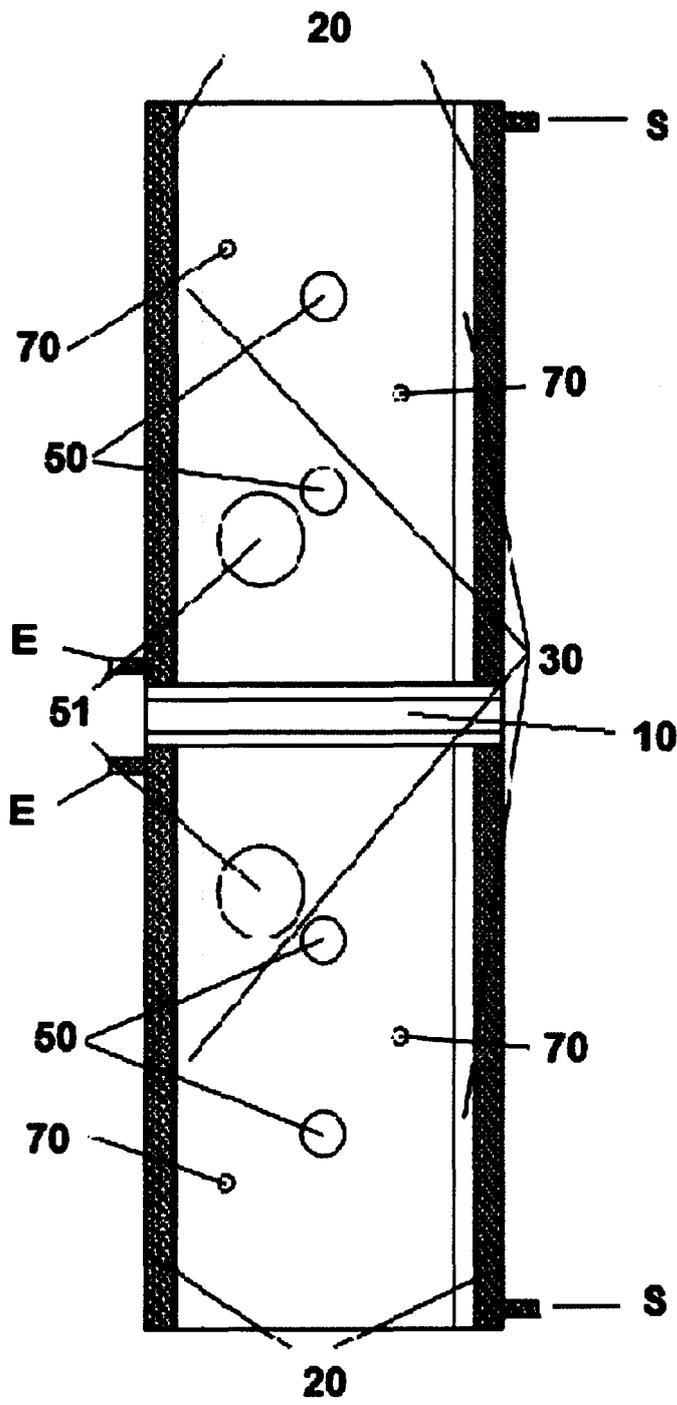


FIG. 3

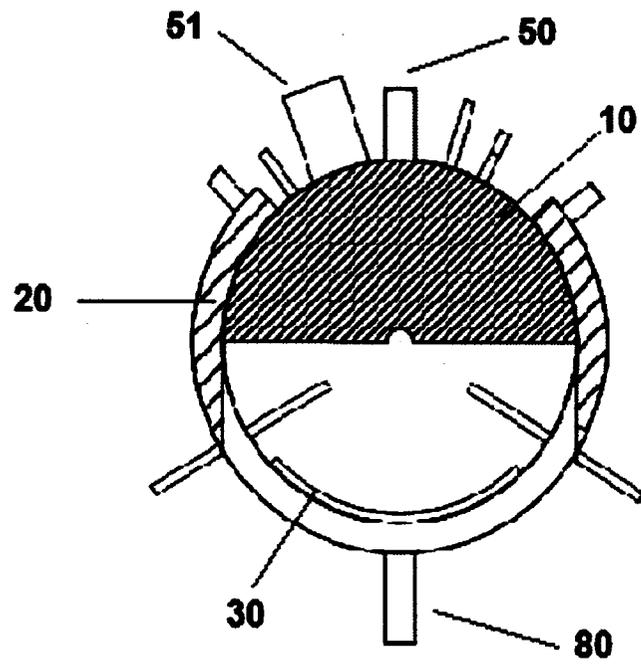
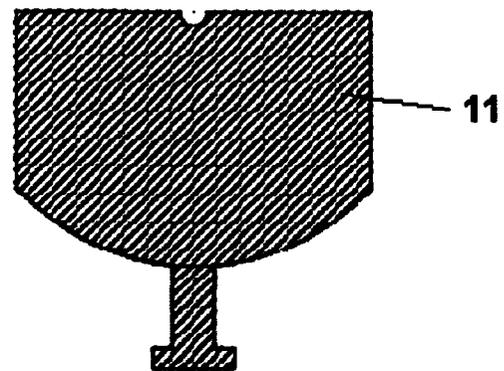


FIG. 4



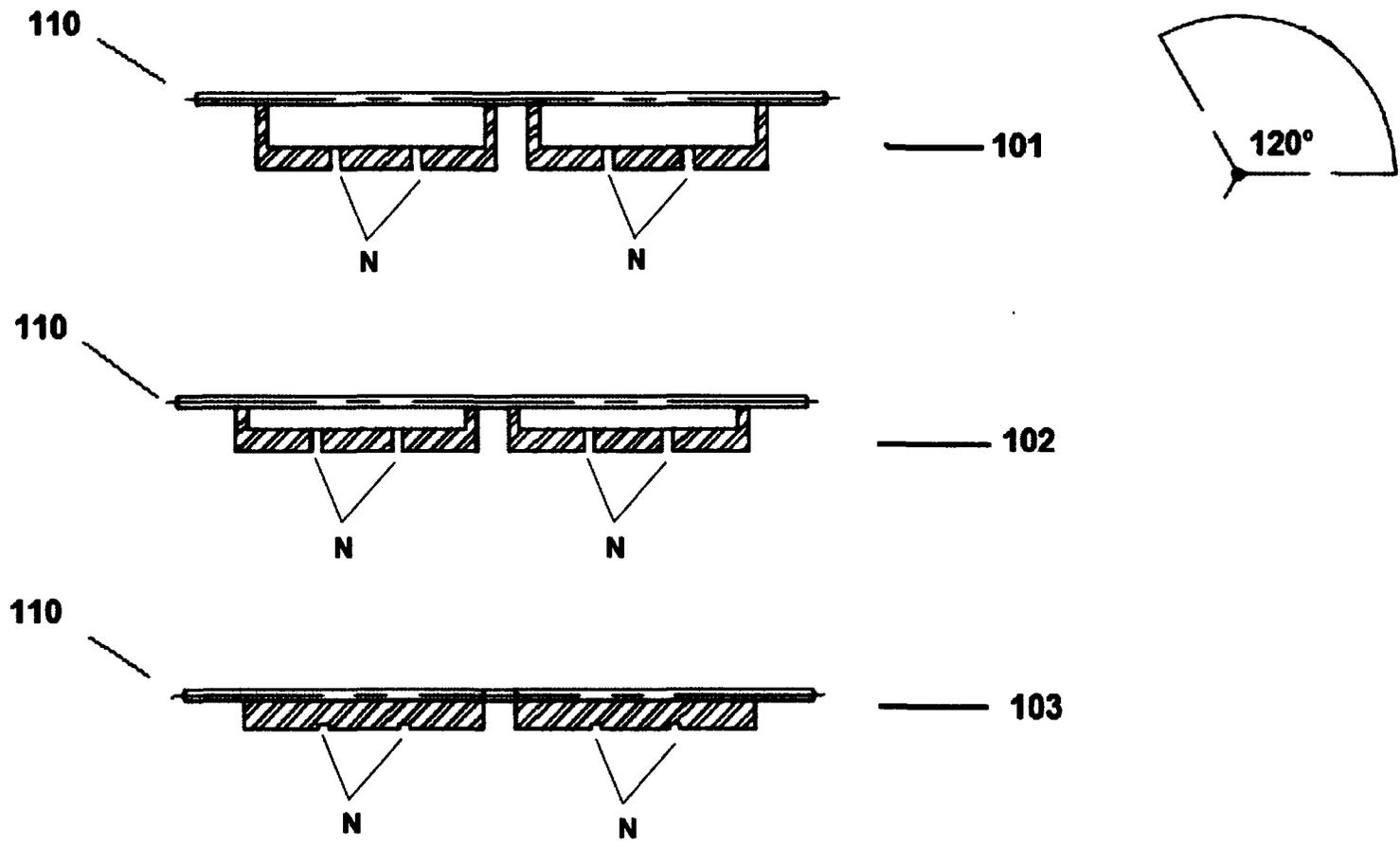


FIG. 5

RESUMO**EQUIPAMENTO E PROCESSO HÍBRIDO PARA OBTENÇÃO DE BIOPRODUTOS**

5 A presente invenção trata de um equipamento para a obtenção de bioprodutos, utilizando um processo híbrido que tem por finalidade a produção de bioprodutos que integram um mesmo sistema reacional. Mais especificamente, a invenção visa à produção integrada de bioprodutos, por meio de processo de fermentação de biomassa, o qual utiliza um reator especialmente desenvolvido para esta finalidade.

10 O reator agora proposto torna possível que sejam cultivados microrganismos sob diferentes condições de crescimento, em diferentes matérias-primas, e que sejam realizadas formulações "in situ", para a obtenção de um preparado enzimático otimizado e customizado para cada aplicação desejada.