República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) **BR 112015019381-1 B1**

(22) Data do Depósito: 07/03/2014

(45) Data de Concessão: 14/08/2018

(54) Título: MÉTODO PARA ATUALIZAR UM FLUXO DE PROCESSO

(51) Int.Cl.: B01D 15/18

(30) Prioridade Unionista: 08/03/2013 US 61/774,684, 08/03/2013 US 61/774,773, 08/03/2013 US 61/774,731, 08/03/2013 US 61/774,735, 08/03/2013 US 61/774,740, 08/03/2013 US 61/774,744, 08/03/2013 US 61/774,746, 08/03/2013 US 61/774,750, 08/03/2013 US 61/774,752, 08/03/2013 US 61/774,754, 08/03/2013 US 61/774,775, 08/03/2013 US 61/774,780, 08/03/2013 US 61/774,761, 08/03/2013 US 61/774,723, 15/03/2013 US 61/793,336

(73) Titular(es): XYLECO, INC.

(72) Inventor(es): MARSHALL MEDOFF; THOMAS CRAIG MASTERMAN; JOHN J. BAXTER

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/08/2015

MÉTODO PARA ATUALIZAR UM FLUXO DE PROCESSO

[0001] Esta aplicação reivindica prioridade sobre os seguintes pedidos provisórios: USSN 61/774,684, depositada em 8 de março em 2013; USSN 61/774,773, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,731, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,735, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,740, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,744, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,746, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,750, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,752, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,754, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,775, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,780, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,761, depositada em 8 de março de 2013; USSN 61/774,723, depositada em 8 de março de 2013; e USSN 61/793,336, depositada em 15 de março de 2013. A divulgação completa de cada uma destas aplicações provisórias é incorporada à guisa de referência neste documento.

Fundamentos da Invenção

[0002] Muitas matérias-primas lignocelulósicas potenciais encontram-se disponíveis hoje, incluindo resíduos agrícolas, biomassa lenhosa, resíduos municipais, óleos ou massas de sementes e macroalgas, para citar algumas. No momento, esses materiais são frequentemente subutilizados, sendo usados, por exemplo, como alimentos para animais, materiais de compostagem orgânica, queimados em estabelecimentos de cogeração ou até mesmo aterrados.

[0003] A biomassa lignocelulósica cristalina inclui fibrilas de celulose cristalina incorporadas em uma matriz de hemicelulose, circundada por lignina. Isso produz uma matriz compacta de difícil acesso para enzimas e demais processos químicos, bioquímicos e/ou biológicos. Materiais de biomassa celulósica (*por exemplo*, materiais de biomassa dos quais foi

removida substancialmente toda a lignina) são mais acessíveis às enzimas e outros processos de conversão, mas, mesmo assim, materiais celulósicos de ocorrência natural muitas vezes têm baixos rendimentos (com relação ao rendimento teórico) quando em contato com enzimas de hidrólise. A biomassa lignocelulósica é ainda mais recalcitrante ao ataque de enzimas. Além disso, cada tipo de biomassa lignocelulósica tem sua própria composição específica de celulose, hemicelulose e lignina.

RESUMO

[0004] Esta invenção refere-se a sistemas, métodos e equipamentos de processamento usados para produzir e purificar produtos a partir de materiais sacarificados de biomassa. Geralmente, os métodos incluem o tratamento de uma biomassa recalcitrante, por exemplo, com feixes de elétrons, e então o processamento bioquímico e/ou químico do material de recalcitrância reduzido a uma mistura de açúcares, por exemplo, xilose e glicose e/ou outros produtos, tais como álcoois, por exemplo, etanol ou um butanol, álcoois de açúcar, por exemplo, xilitol, ácido D-láctico, ácido succínico, ácido L-Láctico ou ácido pirúvico. Os métodos incluem a atualização ou aperfeiçoamento defluxos de processo, por exemplo, separando os açúcares ou demais produtos da biomassa sacarificada e/ou biomassa fermentada por meio de sistemas de Cromatografia de Leito móvel Simulada (SMB) (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados) que utilizam várias colunas (por exemplo, em série) que contêm resinas capazes de separar os vários componentes, por exemplo, os açúcares, dos outros componentes. Antes de submeter o fluxo do processo, por exemplo, solução de açúcar, a um sistema de leito móvel simulado, os líquidos de biomassa podem ser também tratados para remoção de outros componentes indesejáveis (por exemplo, impurezas) e cor (por exemplo, as impurezas coloridas, corpos de cor) que muitas vezes são gerados durante

o processamento da matéria-prima.

[0005] Em um aspecto, a invenção refere-se a métodos de atualizar um fluxo de processo que incluem a remoção de componentes indesejáveis dos líquidos de biomassa por meio de um sistema de cromatografia de leito móvel simulado (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados). Por exemplo, os componentes indesejáveis podem incluir componentes de um grupo que consistem em corpos coloridos, fragmentos solúveis de lignina, compostos iônicos e misturas destes. Opcionalmente, os líquidos de biomassa sacarificada podem ser derivados de um material de recalcitrância lignocelulósico ou celulósico reduzido, tal como em que a recalcitrância é reduzida tratando-se o material por irradiação com radiação ionizante (por exemplo, na forma de elétrons acelerados). Opcionalmente, a biomassa foi sacarificada utilizando-se uma ou mais enzimas e/ou um ou mais ácidos (por exemplo, ácido sulfúrico). Líquidos de biomassa incluem, por exemplo, soluções de açúcar de biomassa sacarificada e soluções de açúcar fermentadas, por exemplo, fermentadas de modo a consumir um ou mais dos açúcares disponíveis.

[0006] Em algumas implementações, os líquidos de biomassa sacarificada incluem um ou mais sacarídeos e/ou monossacarídeos de que a biomassa (por exemplo, celulose e/ou lignocelulose) é composta, tal como o monossacarídeo selecionado de um grupo que consistem em glicose, xilose, arabinose e misturas destes. Opcionalmente, o um ou mais monossacarídeos encontram-se presentes em uma concentração total de entre cerca de 50 g/L e cerca de 500 g/L, tal como entre cerca de 100 g/L a cerca de 400 g/L, de cerca de 150 g/L a cerca de 350 g/L ou de cerca de 175 g/L a cerca de 275 g/L. Além disso, a invenção pode incluir métodos em que os líquidos de biomassa adentram o sistema de cromatografia de leito móvel simulado (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado,

cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados) numa primeira concentração e deixam a cromatografia de leito móvel simulado (por exemplo, tendo sido removidos os componentes indesejáveis) numa segunda concentração que é de cerca de 0.1 a cerca de 0,90 vezes o tamanho da concentração de entrada (por exemplo, tal como entre cerca de 0,25 a cerca de 0,8, de cerca de 0,3 a cerca de 0,7, ou de cerca de 0,40 a cerca de 0,65). Dizendo de outra maneira, pelo menos um dos componentes deixa o sistema SMB com a concentração de 0,1 a cerca de 0,9 vezes maior que a concentração com que adentrou o sistema SMB, por exemplo, se a concentração inicial de pelo menos um dos componentes nos líquidos é de 100 g/mL, a concentração final pode ser entre cerca de 10 e 90 g/L.

[0007] Em algumas implementações, os líquidos de biomassa purificada incluem menos de 1 por cento de sólidos suspensos, tal como menos de cerca de 0,75%, menos de cerca de 0,5%, menos de cerca de 0,4%, menos de cerca de 0,3%, menos de cerca de 0,25%, menos de cerca de 0,20%, menos de cerca de 0,15%, menos de cerca de 0,10%, menos de cerca de 0,05%, menos de cerca de 0,025%, ou mesmo menos de cerca de 0,010%. Além disso ou independentemente, quaisquer sólidos suspensos podem possuir um intervalo de tamanho de partícula entre cerca de 0,05 micron e cerca de 50 micron, tal como entre cerca de 0,1 micron e cerca de 25 micron, cerca de 0,2 micron e cerca de 10 micron, cerca de 0,22 micron e cerca de 5 micron ou entre cerca de 0,25 micron e cerca de 1 micron.

[0008] Em outra implementação, antes de utilizar a cromatografia de leito móvel simulado (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados) para remover componentes indesejáveis, os líquidos de biomassa sacarificados podem ser tratados por um método de purificação selecionado dentre um grupo

que consiste em cromatografia, filtração, centrifugação, precipitação, destilação, complexação, de-ionização e combinação destes métodos.

[0009] Em algumas implementações, os líquidos de biomassa sacarificada compreendem um ou mais sacarídeos e um ou mais produtos de fermentação, tais como um álcool, por exemplo, etanol. Opcionalmente, o um ou mais sacarídeos incluem xilose e o um ou mais produtos de fermentação incluem etanol. Opcionalmente, o um ou mais produtos de fermentação são isolados por destilação.

[0010] Em algumas implementações, os métodos incluem adicionalmente a descolorização dos líquidos de biomassa sacarificada com um agente descolorante antes da utilização do sistema de cromatografia de leito móvel simulado (por exemplo, por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados). Por exemplo, o agente de descoloração pode ser selecionado a partir de um grupo que consiste em carbono em pó, carbono granular, carbono extrudado, carbono carvão de osso, carbono ativado, resinas estirênicas, resinas acrílicas, resinas magnéticas, argilas descolorantes, bentonita, atapulgita, montmorillonita, hormita e combinações destes. Opcionalmente, após a descoloração a solução pode ter uma cor de menos de 100 conforme medição do método platina-cobalto, como por exemplo, menos que cerca de 50, menos que cerca de 40, menos que cerca de 30, menos que cerca de 20, menos que cerca de 10, menos que cerca de 5 e até mesmo menos que cerca de 1.

[0011] Em mais outras implementações, a sistema de cromatografia de leito móvel simulado (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados) permite que os líquidos de biomassa sacarificada entrem em contato com uma ou mais resinas armazenadas em uma ou mais colunas, de modo a remover

componentes indesejáveis. Por exemplo, as resinas podem incluir resina poliestirênica. Alternativa ou adicionalmente, a uma ou mais resinas podem incluir ainda cátions pendentes selecionados dentre um grupo que consiste em Al^{3+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Li^{+}, Na^{+}, K^{+}, Rb^{+} e combinações destes. Opcionalmente, a uma ou mais resinas incluem grupos funcionais pendentes selecionados de um grupo que consiste em grupos de sulfonato, grupos de ácido sulfônico, um grupo de éster e combinações destes. Opcionalmente, a uma ou mais resinas são resinas reticuladas, como por exemplo, reticuladas por um ou mais compostos divinílicos, tais como divinilbenzeno. Opcionalmente, a uma ou mais resinas podem ser substancialmente esféricas em seu formato, e as resinas podem ter um tamanho de partícula entre cerca de 100 micron a cerca de 500 micron, como por exemplo, cerca de 150 micron a cerca de 400 micron, entre cerca de 200 micron a cerca de 350 micron. Opcionalmente, a uma ou mais resinas podem ter uma densidade de entre cerca de 1 g/cc a cerca de 1,75 g/cc, como por exemplo entre cerca de 1,1 g/cc a cerca de 1,4 g/cc ou entre cerca de 1,2 g/cc e cerca de 1,35 g/cc. A uma ou mais resinas podem ter uma capacidade de troca iônica maior que cerca de 1,0 meq/mL, como por exemplo maior que cerca de 1,1, maior que cerca de 1,2, maior que cerca de 1,3, maior que cerca de 1,4, maior que cerca de 1,6, maior que cerca de 1,75, maior que cerca de 2, ou até mesmo maior que cerca de 2,3.

[0012] A purificação de soluções de açúcar derivadas de biomassa fornece um produto mais valioso que pode ser utilizado, por exemplo, nas indústrias alimentícia, farmacêutica ou química. Por exemplo, açúcares livres de componentes indesejáveis podem ser utilizados como fonte de alimento para consumo humano e animal. Os açúcares também podem ser utilizados como fonte de carboidrato para fermentações tecnologicamente importantes. Alternativamente, estes açúcares podem ser convertidos para outros produtos, por exemplo, polióis e furfuróis, conforme descrito em USSN 13/934.704 depositada a 7 de março de 2013, cuja divulgação

encontra-se incorporada neste documento à guisa de referência.

[0013] Implementações da invenção podem opcionalmente incluir uma ou mais das características resumidas a seguir. Em algumas implementações, os recursos selecionados podem ser aplicados ou utilizados em qualquer ordem, enquanto em outras implementações uma sequência selecionada específica é aplicada ou utilizada. Características individuais podem ser aplicadas ou utilizadas mais de uma vez em qualquer sequência e até mesmo continuamente. Adicionalmente, uma sequência inteira ou uma porção de uma sequência, de recursos utilizados ou aplicados, podem ser aplicadas ou utilizadas uma vez, repetidamente ou continuamente, em qualquer ordem. Em algumas implementações opcionais, estas características podem ser aplicadas ou utilizadas com parâmetros diferentes, ou, quando aplicável, com parâmetros fixos ou variados, quantitativos ou qualitativos, por uma pessoa versada na técnica. Por exemplo, parâmetros de características como tamanho, dimensões individuais (por exemplo, comprimento, largura e altura), local, grau (por exemplo, até que ponto, como o grau ou recalcitrância), duração, frequência de uso, densidade, concentração, intensidade ou velocidade podem ser variados ou fixos, quando aplicável, conforme determinado por uma pessoa versada na técnica.

[0014] Os atributos, por exemplo, incluem: Um método de atualizar fluxo de processo; removendo componentes indesejáveis de líquidos de biomassa sacarificada, utilizando um sistema de cromatografia de leito móvel simulado; um líquido de biomassa sacarificada é derivado de um material celulósico ou lignocelulósico reduzido de recalcitrância que foi sacarificado; um material celulósico ou lignocelulósico teve sua recalcitrância reduzida por meio de tratamento com radiação ionizante; um material celulósico ou lignocelulósico teve sua recalcitrância reduzida por meio de tratamento com elétrons acelerados; um material celulósico ou lignocelulósico foi sacarificado utilizando uma ou mais enzimas; um material

celulósico ou lignocelulósico foi sacarificado utilizando um ou mais ácidos; um material celulósico ou lignocelulósico foi sacarificado utilizando ácido sulfúrico; componentes indesejáveis em um líquido de biomassa incluem corpos coloridos; componentes indesejáveis em um líquido de biomassa incluem fragmentos de lignina; componentes indesejáveis em um líquido de biomassa incluem compostos iônicos; um líquido de biomassa sacarificada inclui um ou mais monossacarídeos; um líquido de biomassa sacarificada inclui glicose; um líquido de biomassa sacarificada inclui xilose; um líquido de biomassa sacarificada inclui arabinose; um líquido de biomassa sacarificada inclui um ou mais monossacarídeos presentes a uma concentração total de entre cerca de 50 g/L e cerca de 500 g/L; um líquido de biomassa sacarificada inclui um ou mais monossacarídeos presentes em uma concentração total de entre cerca de 100 g/L a cerca de 400 g/L ; um líquido de biomassa sacarificada inclui um ou mais monossacarídeos presentes em uma concentração total de entre cerca de 150 g/L a cerca de 350 g/L; um líquido de biomassa sacarificado adentra um sistema de cromatografia de leito móvel simulado numa primeira concentração e o líquido deixa o sistema de cromatografia de leito móvel simulado numa segunda concentração que é entre cerca de 0.1 a 0,90 vezes a primeira concentração; um líquido de biomassa sacarificada inclui menos de 1 % de sólidos suspensos; um líquido de biomassa sacarificada inclui menos de cerca de 0.1 % de sólidos suspensos; um líquido de biomassa sacarificada inclui sólidos suspensos que tem tamanho de partícula num intervalo de entre cerca de 0,05 micron e cerca de 50 microns; um líquido de biomassa sacarificada é atualizado por meio de um método que inclui cromatografia antes do sistema de cromatografia de leito móvel simulado para remoção de componentes indesejáveis; um líquido de biomassa sacarificada é atualizado por um método que inclui filtragem antes da utilização de um sistema de cromatografia de leito móvel simulado para remoção de componentes indesejáveis; um líquido de biomassa sacarificada é

atualizado por meio de um método que inclui centrifugação; um líquido de biomassa sacarificada é atualizado por meio de um método que inclui precipitação; um líquido de biomassa sacarificada é atualizado por meio de um método que inclui destilação; um líquido de biomassa sacarificada é atualizado por meio de um método que inclui complexação; um líquido de biomassa sacarificada é atualizado por meio de um método que inclui deionização; um líquido de biomassa sacarificada compreende um ou mais sacarídeos e um ou mais produtos de fermentação; um líquido de biomassa sacarificada compreende um ou mais sacarídeos e um ou mais álcoois que sejam produtos de fermentação; um líquido de biomassa sacarificada que inclui xilose e um ou mais produtos de fermentação; um líquido de biomassa sacarificada que compreende um ou mais sacarídeo e um ou mais produtos de fermentação, e o produto de fermentação é isolado por destilação; descolorir um líquido de biomassa sacarificada com um agente descolorante; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando carbono em pó; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando carbono granular; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando carbono extrudado; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando carvão de ossos queimados; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando carbono ativado; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando resina estirênica; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando resinas acrílicas; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando resinas magnéticas; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando argilas descolorantes; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando bentonita; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando atapulgita; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando montmorillonita; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando hormita; descolorir um líquido de biomassa sacarificada utilizando agente descolorante de modo que a cor da solução fique em menos de 100 conforme medição do método platina-cobalto;

contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas embaladas em um ou mais colunas, de modo a remover os componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas poliestirênicas embaladas em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Al^{3+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Mg^{2+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Ca^{2+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Sr^{2+}pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Li^{1+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Na^{1+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon K^{1+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas com um íon Rb^{1+} pendente, estando a resina embalada em um ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas que possuam um grupo de sulfonato pendente, estando a resina embalada em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de

biomassa sacarificada com uma ou mais resinas que possuam grupo sulfônico pendente, estando a resina embalada em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas que possuam grupo éster pendente, estando a resina embalada em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas reticuladas embaladas em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas que sejam substancialmente esféricas em formato e possuam tamanho de partícula entre cerca de 100 microns e cerca de 500 microns, estando a resina embalada em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas que tenham densidade de entre 1 g/cc a cerca de 1,75g/cc, estando a resina embalada em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis; contato de um líquido de biomassa sacarificada com uma ou mais resinas que tenham capacidade de troca iônica maior que cerca de 1 meq/mL, estando a resina embalada em uma ou mais colunas de modo a remover componentes indesejáveis.

[0015] Outras características e vantagens da invenção tornar-se-ão aparentes a partir da seguinte descrição detalhada, bem como das reivindicações.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0016] A FIG. 1 é vista geral diagramática de um sistema de leito móvel simulado (SMB) exemplar.

[0017] A FIG. 2 é um diagrama de fluxo, mostrando um processo para a purificação de um material sacarificado.

[0018] A FIG. 3 é um diagrama de fluxo, mostrando um processo para a purificação de uma solução fermentada.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0019] Usando os métodos e sistemas descritos neste documento, materiais de matérias-primas celulósicas ou lignocelulósicas, por exemplo, que podem ser retiradas de biomassa (por exemplo, biomassa vegetal, biomassa animal, papel e biomassa de resíduo municipal) e que frequentemente encontram-se prontamente disponíveis porém são difíceis de processar, podem ser convertidos em soluções que contêm açúcares como xilose e glicose, que pode ser opcionalmente processado ainda mais para formar outros produtos úteis (por exemplo, álcoois como etanol e butanol). Inclusos encontram-se métodos e sistemas para remoção de impurezas ou componentes indesejáveis da solução de açúcar desejada usando-se Cromatografia de Leito Móvel Simulado (SMB) (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado, cromatografia de leito móvel simulado melhorada, cromatografia de leito móvel simulado sequencial e/ou sistemas relacionados). Por exemplo, sistemas que usam colunas de cromatografia em série.

[0020] Processos para produção de soluções de açúcar e produtos derivados de açúcar encontram-se descritos neste documento. Esses processos podem incluir, por exemplo, tratar mecanicamente, opcionalmente, uma matéria-prima celulósica e/ou lignocelulósica. Antes e/ou após este tratamento, a matéria-prima pode ser tratada com outro tratamento, por exemplo, irradiação, explosão de vapor, pirólise, sonicação e/ou oxidação para reduzir ou reduzir ainda mais sua recalcitrância. Além de ou alternativamente, a biomassa pode ser tratada com uma solução química, tal como um ácido (H_2SO_4, HCL, H_3PO_4), uma base (KOH), um oxidante e combinações destes. Os tratamentos de solução química e tratamentos físicos podem ser combinações de tratamentos individuais em qualquer ordem ou aplicados opcionalmente repetidamente.

[0021] Uma solução rica em açúcar pode ser produzida por meio da sacarificação de uma matéria-prima de biomassa tratada (por exemplo, irradiada) pela adição de uma ou mais enzimas e/ou ácidos, por exemplo,

ácido sulfórico (por exemplo, 1-10 % em peso, 1-5 % em peso, ou mais elevado, por exemplo, 10-20 % em peso, ou em algumas modalidades menos de 10 % em peso). Diversos outros produtos podem ser derivados a partir da solução de açúcar, por exemplo, por meio de fermentação a um álcool tal como etanol ou por redução a um álcool de açúcar tal como xilitol, sorbitol etc. O produto da fermentação pode incluir uma solução de açúcar (por exemplo, uma segunda solução de açúcar, uma solução fermentada), incluindo qualquer açúcar não-fermentado. Em algumas modalidades, o material sacarificado é fermentado e, em seguida, produtos de fermentação (por exemplo, um álcool, um ácido) podem ser purificados por destilação (por exemplo, destilação a vácuo) ou outros meios (por exemplo, extração de uma resina), produzindo um fundo de destilação que inclui uma solução rica em pelo menos um açúcar não-fermentado. Por exemplo, um material sacarificado pode ser tratado com um organismo que seletivamente fermenta glicose em etanol e o etanol pode ser removido por destilação, produzindo um fundo de destilação contendo, pelo menos cerca de 400g/L de xilose, por exemplo, pelo menos cerca de 10, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 325 ou 375 g/L e entre 1-80% de sólidos dissolvidos, por exemplo, entre 1-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 5-25, 25-50, 50-75% de sólidos dissolvidos.

[0022] A sacarificação e os materiais celulósicos ou lignocelulósicos (por exemplo, fermentados e/ou destilados) opcionalmente ainda mais tratados podem produzir soluções que incluem um ou mais monossacarídeos, por exemplo, glicose, xilose e arabinose. A concentração total destes monossacarídeos nos líquidos de biomassa celulósica ou lignocelulósica sacarificados e/ou fermentados pode ser entre cerca de 50 g/L e 500 g/L (por exemplo, entre cerca de 100 e 400 g/L, entre cerca de 150 e 350 g/L, entre cerca de 175 e 275 g/L. Estes intervalos de concentração podem ser as concentrações concentradas ou diluídas das soluções e/ou estas soluções podem ser ainda mais concentradas ou

diluídas antes, durante ou após qualquer processamento descrito neste documento (por exemplo, antes, durante ou após o processamento com SMB). Por exemplo, as soluções podem ser diluídas por entre cerca de 0,10 -50 vezes do volume original (por exemplo, diluídas por entre cerca 0,1-20 vezes, entre cerca de 0,1-10 vezes, entre cerca de 0,10 -8 vezes, entre cerca de 0,25 -8 vezes, entre cerca de 0,3 -7 vezes, entre cerca de 0,4 -6,5 vezes, entre cerca de 0,10 -5 vezes, entre cerca de 0,15 -3 vezes, entre cerca de 0,1-2,5 vezes, entre cerca de 0,10 -1 vezes), por exemplo, se o volume original for 100 L e a solução for diluído por 0,4 vezes, a solução final será de 140 L. As soluções podem ser concentradas (por exemplo, o volume original pode ser reduzido) por entre cerca de 0,1-0,9 vezes o volume original (por exemplo, entre cerca de 0, 1 e 0,75, entre cerca de 0,1 e 0,5, entre cerca de 0,1 e 0,25), por exemplo, se o volume original for 100 L e ele for concentrado por 0,4 vezes, o volume final será de 60 L.

[0023] Após sacarificação e demais processamentos opcionais (por exemplo, fermentação e/ou destilação), as soluções de açúcar podem incluir sólidos não-açúcar suspensos ou dissolvidos presentes em concentrações de até cerca de 50 % em peso, por exemplo entre cerca de 1 e 50 % em peso, entre cerca de 2 e 40 % em peso, entre cerca de 3 e 25 % em peso, entre cerca de 5 e 25 % em peso, entre cerca de 40 e 50 % em peso, entre cerca de 30 e 40 % em peso, entre cerca de 10 e 20 % em peso, entre cerca de 1 e 5 % em peso, entre cerca de 10 e 40 % em peso, menos que cerca de 50 % em peso, menos que cerca de 40 % em peso, menos que cerca de 30 % em peso, menos que cerca de 20 % em peso, menos que cerca de 10 % em peso, menos que cerca de 5 % em peso, menos que cerca de 1 % em peso, menos que cerca de 0,5 % em peso, menos que cerca de 0,01 % em peso. Essas soluções podem ter alta turvação, por exemplo, medidas em pelo menos cerca de 5 Unidades de Turvação Nefelométrica (NTU) (por exemplo, pelo menos cerca de 10 NTU,

pelo menos cerca de 50 NTU, pelo menos cerca de 100 NTU pelo menos cerca de 100 NTU, pelo menos cerca de 200 NTU, pelo menos cerca de 300 NTU, pelo menos cerca de 400 NTU e ainda maior do que cerca de 500 NTU). Muitas vezes é desejável remover os sólidos não-dissolvidos e alguns dos sólidos dissolvidos. Os sólidos não-dissolvidos (por exemplo, resíduos) podem ser removidos por filtração (por exemplo, Filtração de Tambor Rotativo a Vácuo) e centrifugação (por exemplo, centrifugação contínua). Algumas das impurezas dissolvidas, podem ser precipitadas para fora tratando-se a solução com solventes tais como metanol, etano, isopropanol, acetona, etiléter e tetraidrofurano, e então os precipitados podem ser removidos por filtragem ou centrifugação. Além disso, as soluções de açúcar podem ter, por exemplo, até cerca de 10% em peso de enzimas (por exemplo, até cerca de 9 % em peso, até cerca de 8 % em peso, até cerca de 5% em peso, até cerca de 2 em peso, até cerca de 1% entre cerca de 0,1 e 5% em peso, entre cerca de 1% em peso e 5% em peso, entre cerca de 2 % em peso e 5 % em peso, entre cerca de 0,1 %, em peso e 1 % em peso, entre cerca de 0,01 % em peso e 1 % em peso, entre cerca de 0,001 % em peso e 0.1 % em peso). Enzimas (por exemplo, partes de enzimas, proteínas), podem ser precipitadas por desnaturação (por exemplo, a adição de um ácido, uma base, por aquecimento e/ou adição de solventes). Tratamento com dióxido de carbono e hidróxido de cálcio (por exemplo, ao longo de calagem) também pode ser eficaz na precipitação de compostos indesejáveis tais como produtos/impurezas derivados de lignina e enzimas e proteínas.

[0024] De preferência, soluções a serem processadas por SMB têm menos de cerca de 1 por cento de sólidos suspensos (por exemplo, menos de cerca de 0,75%, menos de cerca de 0,5%, menos de cerca de 0,4%, menos de cerca de 0,3%, menos de cerca de 0,2%, menos de cerca de 0,15%, menos de cerca de 0,1%, menos de cerca de 0,05%, menos que cerca 0,025%, ou até mesmo menos que 0,010%, entre cerca de 0,01-0.1

%, entre cerca de 0,01 e 0,75%, entre cerca de 0,01 e 0,5%, entre cerca de 0,01 e 0,25%, entre cerca de 0,01 e 0,05%). O tamanho de partícula e a morfologia dos sólidos suspensos (por exemplo, partículas e aglomerados) também podem variar amplamente. Por exemplo, o tamanho médio da partícula (por exemplo, determinado por dispersão de luz) pode ser entre 0,05-50 mícrons (por exemplo, cerca de 0,1-25 mícrones, 0,2-10 mícrons, 0,22-5 mícrons, 0,25-1 mícron). Depois de remover os sólidos, as soluções podem ter uma turbidez de menos de cerca de 50 NTU (por exemplo, menos de cerca de 10 NTU, a menos de cerca de 5 NTU).

[0025] Além de constituírem componentes indesejáveis, alguns dos componentes derivados orgânicos e inorgânicos produzidos a partir do processamento de biomassa descrito neste documento (por exemplo, sacarificação, fermentação e/ou destilação) podem incluir corpos coloridos que podem transmitir coloração indesejável aos produtos finais. Os pesos moleculares e grupos funcionais das impurezas orgânicas podem variar muito, por exemplo, incluindo grupos carboxilato, grupos éster, grupos cetona, grupos alifáticos insaturados, grupos fenólicos, grupos amida, grupos amina, grupos hidroxil e/ou grupos aromáticos (por exemplo, cromóforos aromáticos). As impurezas coloridas podem incluir lignina e produtos derivado de lignina, por exemplo, polifenóis, fenóis, derivados de fenol, compostos aromáticos, fragmentos solúveis de lignina e fragmentos insolúveis de lignigna. Outras impurezas coloridas são derivadas das porções polissacarídeas da biomassa. Algumas cores podem ser igualmente associadas a materiais coloridos inorgânicos (por exemplo, ferro). Na indústria de açúcar, as cores que ocorrem já foram classificadas em pelo menos quatro categorias: caramelos, melanoides, produtos de reações de Maillard e produtos fenólicos. Muitas vezes, as quantidades de impurezas coloridas é bastante baixa, por exemplo, menos que 10% em peso do produto (por exemplo, menos do que cerca de 5% em peso, menos que cerca de 1% em peso, menos que cerca de 0.1 % em peso, menos que

0,01% em peso). As soluções podem ser usadas diretamente nos sistemas SMB descritos neste documento, ou as soluções podem ser parcial ou completamente descoloridas antes de serem utilizadas nos sistemas SMB. Por exemplo as impurezas coloridas podem ser filtradas fora da solução, destruídas (por exemplo, por decomposição química) e precipitadas fora da solução. Alguns agentes de remoção de cores possíveis que podem ser usados são carbono em pó, granular, extrudado, carvão de osso ou ativado ou negro de carbono; resinas estirênicas (por exemplo, DOWEX™ SD-2), resinas acrílicas ou magnéticas e argilas descolorantes tais como bentonita, atapulgita, montmorillonita, hormita e combinações destes. Íons podem ser removidos, geralmente após a remoção de impurezas orgânicas. Compostos iônicos podem ser removidos, por exemplo, por meio de uma resina de troca iônica e/ou eletrodiálise. Depois de tratar as soluções com os agentes de remoção de cor e opcionalmente, ou alternativamente, utilizando SMB, a cor da solução é menos de cerca de 200, conforme medição pelo método de platina-cobalto (Método de Teste ASTM D1209) (por exemplo, menos de 100, menos de 50, menos de cerca de 40, menos de cerca de 30, menos de cerca de 20, menos de cerca de 10 anos, menos de cerca de 5 e até mesmo menos de cerca de 1). O SMB também pode ser particularmente eficaz, em combinação com ou como alternativa para os métodos acima, na remoção de corpos coloridos organicamente derivados de soluções de açúcar.

[0026] O SMB é uma técnica cromatográfica com base em um fluxo de líquido (fase móvel) que se move no sentido contracorrente a um fluxo constante de sólido (fase estacionária), conforme exibido na FIG. 1. Fluxo contracorrente aumenta o potencial para a separação e, portanto, torna o processo mais eficiente. Ele também permite um fluxo contínuo de matérias-primas para serem separados, o que melhora a vazão do equipamento em comparação à tradicional cromatografia em batelada. O fornecimento de um fluxo constante de sólido é impraticável em um

processo de produção. Portanto, o sólido, em vez disso, é embalado em colunas de alta pressão. Como ilustrado na FIG. 1, essas colunas estão dispostas em sequência, por exemplo, uma formação em anel, composta de quatro seções com uma ou mais colunas por seção. Dois fluxos de entrada (alimentação e eluente) e dois fluxos de saída (extrato e rafinado) são direcionados em ordem alternante para trás e para diante do anel de colunas. Porque as colunas não são movidas facilmente, a posição de entrada e saída é ligada em intervalos de tempo regulares na direção do fluxo de líquido, assim, simulando movimento contracorrente de colunas. As taxas de fluxo nas Secções II e III são importantes porque é aqui que ocorre a separação. As seções I e IV lidam com a "limpeza" dos produtos. A fase móvel deixando a Secção IV é diretamente reciclada para a Secção I. O sólido é regenerado ali, dessorvendo-se o composto mais retido com alta taxa de fluxo de modo que a coluna completa possa ser movida à seção IV.

[0027] A fase estacionária é disposta (por exemplo, embalada em) em colunas individuais representadas como colunas de 1 a 8 na FIG. 1. As colunas são conectadas em série e a fase estacionária compreende uma resina capaz de separar a solução de açúcar das impurezas. Geralmente, resinas reticuladas (por exemplo, com divinilbenzeno) fortemente acídicas de troca de cátion (resinas SAC) são utilizadas no mais dos casos sob a forma de grânulos. Estas resinas contêm grupos funcionais ácido sulfônico, em que os prótons foram completa ou parcialmente trocados por cátions de modo que as resinas incluem cátions pendentes. Alguns cátions incluem, por exemplo, Li^+, Na^+, K^+, Cs^+, Rb^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Sr^{2+}, Al^{3+} ou combinações destes. A uma ou mais resinas podem ter uma capacidade de troca iônica maior que cerca de 1,0 meq/mL (por exemplo, maior que cerca de 1,1 meq/mL, maior que cerca de 1,2 meq/mL, maior que cerca de 1,3 meq/mL, maior que cerca de 1,4 meq/mL, maior que cerca de 1,6 meq/mL, maior que cerca de 1,74 meq/mL, maior que cerca de 2 meq/mL, ou até mesmo maior que cerca de 2,3 meq/mL). Os grânulos podem ser gel, por exemplo com

hidrogênio ligado e água livre nas canaletas estreitas e poros definidos pelas resinas. O conteúdo de água pode ser entre cerca de 20 e 80 por cento (por exemplo, entre cerca de 30 e 70%, entre cerca de 40 e 70%, entre cerca de 30 e 60%, entre cerca de 40% e 60%, entre cerca de 57% e 67%, entre cerca de 35 e 45%, entre cerca de 43 e 50%, entre cerca de 57% e 67%, entre cerca de 32 e 42%, entre cerca de 58 e 68%, entre cerca de 52 e 58%, entre cerca de 46% e 52%, entre cerca de 37% e 43%, entre cerca de 53% e 59%, entre 45 e 52%, entre 45 e 55%, entre cerca de 43 e 50%). Açúcares podem adentrar as canaletas estreitas e poros (por exemplo, dissolvendo-se ou difundindo-se em água nestes poros e canaletas) e podem ser vinculados (por exemplo, ligados, por ligantes) aos cátions. O grau de vinculação pode depender da estrutura do açúcar. Por exemplo, glicose e xilose geralmente vinculam-se mais fortemente a cálcio do que a frutose e, portanto, glicose e xilose são retidos mais fortemente pelas resinas SAC que passaram por troca de cálcio. Moléculas maiores, como oligômeros e polímeros (por exemplo, algumas das impurezas discutidas anteriormente assim como dissacarídeos, trissacarídeos, polissacarídeos de oligossacarídeos) geralmente são excluídas dos pequenos poros e canaletas dos grânulos de resinas e portanto eluem muito mais rapidamente através da fase móvel.

[0028] Algumas resinas e seus usos são descritos no Apêndice, cuja divulgação encontra-se aqui incorporada em sua inteireza. Por exemplo, resinas que podem ser utilizadas nos equipamentos, sistemas e processos descritos neste documento incluem DIAION™ SK1B, DIAION™ SK1B SK104, DIAION™ SK1B SK110, DIAION™ SK1B SK112, DIAION™ SK1B PK208, DIAION™ SK1B PK212, DIAION™ SK1B PK216, DIAION™ SK1B PK220, DIAION™ SK1B PK228, DIAION™ SK1B UBK530, DIAION™ SK1B UBK550, DIAION™ SK1B UBK535, DIAION™ SK1B UBK535, DIAION™ SK1B UBK555, DIAION™ SK1B WK10, DIAION™ SK1B WK11, DIAION™ SK1B WT100, DIAION™ SK1B WK40., DOWEX 88, DOWEX 22,

DOWEXMONOSPHERE™ 88, DOWEXMONOSPHERE™ 77, DOWEXMONOSPHERE™ 88 e DOWEX OPTIPORE SD-2

[0029] Grânulos podem variar de tamanho. Geralmente, os grânulos menores podem ocasionar melhor separação de açúcares uns dos outros e de moléculas maiores, mas esta separação ocorre às custas de uma queda de pressão maior. Portanto, faz-se necessária cuidadosa seleção cuidadosa de grânulos disponíveis/preparados, dependendo da solução de açúcar específica e da separação desejada. Por exemplo, grânulos podem ser geralmente esféricos em forma, onde as resinas possuem médio de diâmetro de tamanho de partícula entre cerca de 100 micron a cerca de 500 micron, como 150 micron a cerca de 400, entre cerca de 200 e cerca de 350 micron. Estreita distribuição de tamanhos de grânulo também pode ser desejável, por exemplo, com tamanhos de grânulo com cerca de + 100 e - 100 mícrons de diâmetro em torno do tamanho médio da partícula (por exemplo, + /-50 mícrons, + /-40 mícrons, + /-40 mícrons, + /-30 mícrons, + /-20 mícrons, + /-15 mícrons, + /-10 mícrons). A densidade dos grânulos pode ser, por exemplo, entre cerca de 1 g/cc a cerca de 1,75 g/cc (por exemplo, entre cerca de 1,1-1,4 g/cc, entre cerca de 1,2-1,35 g/cc).

[0030] As resinas SAC podem ser utilizadas em uma vasta gama de pH (por exemplo, pelo menos entre cerca de 2 e 10). As resinas de SAC também são termicamente estáveis e podem ser utilizadas, pelo menos, a cerca de 140 graus Celsius (por exemplo, até cerca de 130 graus Celsius, até cerca de 120 graus Celsius).

[0031] Matérias-primas fermentadas ou sacarificadas (por exemplo, que podem incluir xilose, glicose, arabinose, glicerol, lactose, xilitol, sólidos dissolvidos e álcoois tais como etanol, butanol) e eluentes (por exemplo, a fase móvel tal água, acetonitrilo, éter, hexanos, acetona, metanol e tetraidrofurano), são alimentados ao sistema conforme indicado pelas setas de "ALIMENTAÇÃO" e "ELUENTE" na FIG. 1. Há dois fluxos de saída: um extrato, que compreende o componente ou componentes mais retidos, e

um rafinado, que compreende o componente ou componentes menos retidos. A separação corre devido à diferente interação entre os componentes da mistura de alimentação e o material da coluna. Componentes que interagem mais fortemente com o material de coluna são mais retidos pelo material de coluna (por exemplo, tem um tempo de retenção mais longo) e são concentrados mais cedo na coluna, de modo que possam ser carregados para dentro do extrato, ao passo que componentes de interação mais frágil movimentam-se para o rafinado. Válvulas entre as colunas (não mostradas na figura) são sistematicamente comutadas abertas e fechadas por meio de comutador a intervalos cronometrados (tempo do comutador) para introduzir os fluxos de entrada (alimentação e eluente) e retirar os fluxos de saída (extrato e refinado) entre as zonas de separação. A comutação da válvula é cronometrada de modo a simular movimento contracorrente da fase estacionária. Ajustando as taxas de fluxo de corrente, o tempo de comutador, a temperatura, e a composição de eluente, um ciclo é estabelecido em que alimentação e eluente são continuamente acrescentados e produtos altamente purificados são continuamente recuperados. Fluxos são abertos mais além uma coluna a cada etapa do ciclo, cronometrado para coletar extrato puro e rafinado.

[0032] O fluxo contracorrente da fase estacionário e fase móvel criadas pelo SMB permite utilização extremamente eficiente das fases móvel e estacionária. Em sistemas de colunas individuais, a separação ocorre de fato em uma pequena fração da coluna em qualquer dado momento, sendo que o resto da coluna não desempenha função alguma afora ocupar solvente e alargar bandas. Com SMB, uma série de pequenas colunas é usada em vez de uma grande coluna. O SMB fornece essencialmente um comprimento "infinito" de leito de coluna sem os custos associados a obter, operar e manter grandes colunas individuais.

[0033] Em algumas modalidades, o SMB pode fornecer, do fundo destilado de uma biomassa sacarificada ou fermentada, um extrato

composto principalmente de xilose (por exemplo, cerca de 70 %, cerca de 75 %, cerca de 80 %, cerca de 85 %, cerca de 90 %, cerca de 95 %, cerca de 96 %, cerca de 97 %, cerca de 98 %, cerca de 99 % ou mesmo substancialmente 100 % puro) diluída no eluente. O rafinado ou corrente de resíduo pode conter aproximadamente todos (por exemplo, pelo menos 95 %, pelo menos 96 %, pelo menos 97 %, pelo menos 98 %, pelo menos 99 %, ou mesmo substancialmente 100 %) os produtos indesejáveis (por exemplo, impurezas) por exemplo as impurezas podem incluir cromóforos aromáticos, igualmente diluídos com o eluente. O processo SMB pode ser manipulado/modificado mudando-se as condições da coluna para render uma razão fluxo de produto/fluxo de alimentação de cerca de 7,5, 5, 4,5, 4, 3,5, 3, 2,5, 2, 1,5, 1,3, 1,2 ou até mesmo 1,1 e uma razão de fluxo residual inicial/razão de alimentação 7,5, 5, 4,5, 4, 3,5, 3, 2,5, 2, 1,5, 1,3, 1,2 ou até mesmo 1,1.

[0034] Conforme discutido, em acréscimo a açúcares e produtos como álcoois, as soluções derivadas da biomassa por processos tais como sacarificação e fermentação podem incluir sólidos, tais como vários compostos e/ou materiais suspensos ou dissolvidos (por exemplo, sólidos). Por exemplo, as soluções podem incluir enzimas (por exemplo, partes de enzimas, enzimas ativas, enzimas desnaturadas), aminoácidos, nutrientes, células vivas, células mortas, restos celulares (por exemplo, células lisadas, extrato de levedura), ácidos, bases, sais (por exemplo, haletos, sulfatos e fosfatos, alcalinos, alcalino-terrosos, sais de metais de transição), produtos de hidrólise parcial (por exemplo, fragmentos de celulose e hemicelulose), lignina, resíduos de lignina, sólidos inorgânicos (por exemplo, materiais siliciosos, argilas, negro carbono, metais), restos de biomassa fermentada e combinações destas. Em alguns casos, as enzimas podem estar presentes em um estado de funcionamento em são desnaturadas, por exemplo, pela adição de um ácido, uma base, aquecimento e/ou adição de um agente de desnaturação ou proteases. Desnaturação da enzima pode facilitar sua

remoção, por exemplo, pelos métodos descritos aqui neste documento. Algumas enzimas celulóticas utilizadas para sacarificação de uma biomassa operam melhor na região acídica, por exemplo, entre cerca de pH 2 e 6 (por exemplo, entre cerca de 3 e 6, entre cerca de 4 e 6, entre cerca de 4 e 5). As soluções a serem purificadas (por exemplo, por SMB) podem ser usadas sem ajuste de pH ou opcionalmente o pH pode ser ajustado para cima ou para baixo após a sacarificação. Em algumas modalidades a solução usada em sistema de SMB pode, portanto, ter valores de pH selecionados dentre uma vasta gama Opcionalmente, estas impurezas podem ser removidas ou diminuídas antes de sujeitar-se a solução de biomassa a SMB. Em particular, pode ser benéfico para remover impurezas (por exemplo, polímeros, proteínas, precipitantes) que podem revestir, fechar, entupir ou impedir de qualquer outra maneira o funcionamento das colunas. Por exemplo, a solução de açúcar pode passar por processos de purificação tais como filtração por tambor rotativo, filtração, ao longo da calagem, ou descoloração antes de ser submetida ao um processo SMB.

[0035] Outra modalidade da invenção é descrita em referência à FIG. 2. Processos para a fabricação de soluções de açúcar e produtos derivados destas incluem, por exemplo, o tratamento mecânico opcional de uma matéria-prima celulósica ou lignocelulósica. Antes e/ou após este tratamento, a matéria-prima pode ser tratada com outro tratamento físico (por exemplo, irradiação, sonicação, oxidação, explosão de vapor e/ou pirólise) para reduzir ou reduzir ainda mais sua recalcitrância **212**. Uma solução de açúcar é formada por meio da sacarificação **214** de uma matéria-prima de recalcitrância reduzida por meio, por exemplo, da adição de uma ou mais enzimas, ácidos e calor (por exemplo, em qualquer ordem e/ou combinação). A solução de açúcar da etapa **214** pode então ser processada usando-se um processo de separação como SMB **216**, para produzir um fluxo de rafinado **226** e um fluxo de extrato **224**. SMB é um método preferencial de produzir uma solução de extrato que inclua xilose e

glicose. O rafinado inclui íons e corpos coloridos. Em algumas modalidades, etapas adicionais como etapas de remoção de íons (por exemplo, usando colunas de troca iônica) podem ser usadas, por exemplo, antes do SMB.

[0036] Em outra modalidade, o SMB pode ser utilizado sequencialmente, tal como representado pelo FIG. 3. As etapas **212** e **214** já foram descritas. Material sacarificado por ser fermentado **312**, por exemplo, usando um organismo que seletivamente fermenta um açúcar, por exemplo, um organismo fermentador de glicose. Em uma etapa de fermentação de glicose, o produto da fermentação é uma solução que inclui o produto de fermentação, xilose, íons e corpos coloridos. A solução de fermentação pode então ser processada com um primeiro processo de separação, por exemplo, uma primeira etapa SMB **316**. O primeiro processamento SBM produz um fluxo de extrato **324**, por exemplo, uma solução contendo xilose. A primeira etapa de processamento SMB produz igualmente um fluxo de rafinado **326**, por exemplo, uma solução que contém o produto de fermentação, íons e corpos coloridos. O fluxo de rafinado **326** pode ser processado usando-se um segundo processo de separação **330**, por exemplo, uma segunda etapa SMB. A segunda etapa SMB pode produzir um extrato **332**, por exemplo, uma solução que contém o produto de fermentação e um rafinado **324**. Em algumas modalidades, etapas adicionais como etapas de remoção de íons (por exemplo, usando colunas de troca iônica) podem ser usadas, por exemplo, antes de um SMB. Em algumas modalidades o produto de fermentação pode ser também um álcool (por exemplo, etanol, butanol) ou um ácido (por exemplo, ácido butírico, ácido L-lático, ácido D-lático).

SISTEMAS PARA O TRATAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

[0037] Sistemas, métodos e equipamentos de purificação (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado) podem ser aplicados a materiais que foram processados conforme descrito acima e também conforme descrito em qualquer lugar deste documento.

[0038] Por exemplo, processos para a conversão de matéria prima em açúcares e outros produtos podem incluir, por exemplo, pré-tratamento físico opcional da matéria-prima, por exemplo, para reduzir o seu tamanho antes e/ou depois do tratamento, tratamento opcional da matéria prima para reduzir sua recalcitrância (por exemplo, por irradiação), e a sacarificação da matéria-prima para formar uma solução de açúcar (por exemplo, conforme previamente descrito e reiterado e desenvolvido aqui). A sacarificação pode ser desempenhada ao misturar-se uma dispersão da matéria-prima em um meio líquido, por exemplo, água com uma enzima, conforme se discutirá detalhadamente abaixo. Durante e depois da sacarificação, a mistura (por exemplo, caso a sacarificação seja parcial ou completamente realizada em trânsito) ou solução pode ser transportada, por exemplo, por tubulação, vagão, caminhão ou barcaça, para a usina de produção. Na fábrica, a solução pode ser bioprocessada, por exemplo, fermentada, de modo a produzir um produto desejado ou intermediário, o que pode então ser processado ainda mais, por exemplo, por destilação e cromatografia de leito móvel simulado. As etapas de processamento individuais, materiais usados e exemplos de produtos ou intermediários que possam ser formados serão descritos em detalhes abaixo. Portanto, além destes métodos, sistemas de purificação, métodos e equipamentos (por exemplo, cromatografia de leito móvel simulado) podem ser aplicados, por exemplo, como etapa de processamento adicional.

TRATAMENTO POR RADIAÇÃO

[0039] A matéria-prima pode ser tratada com radiação para modificar sua estrutura para reduzir sua recalcitrância. Tal tratamento pode, por exemplo, reduzir o peso molecular médio da matéria-prima, alterar a estrutura cristalina da matéria-prima e/ou aumentar a porosidade e/ou área de superfície da matéria-prima. A radiação pode ser, por exemplo, por um feixe de elétrons, feixe de íons, luz ultravioleta (UV) de 100 nm a 28 nm, radiação gama ou raio-x. Sistemas e tratamentos de radiação para

tratamentos são abordados em Patente US Nº. 8.142.620 e Pedido de Patente US N° de Série 12/417.731, cujas divulgações encontram-se incorporadas a este documento à guisa de referência.

[0040] Cada forma de radiação ioniza a biomassa por meio de interações particulares, como determinado pela energia da radiação. Pesadas partículas carregadas ionizam primeiramente a matéria por meio de dispersão de Coulomb; além disso, estas interações produzem elétrons energéticos que podem adicionalmente ionizar a matéria. Partículas alfa são idênticas ao núcleo de um átomo de hélio e são produzidas pelo declínio alfa de vários núcleos radioativos, tais como isótopos de bismuto, polônio, astatina, radônio, frâncio, rádio, vários actinídeos, tais como actínio, tório, urânio, netúnio, cúrio, califórnio, amerício, e plutônio. Elétrons interagem por meio de dispersão de Coulomb e radiação de frenagem produzida por alterações na velocidade dos elétrons.

[0041] Quando partículas são utilizadas, elas podem ser neutras (sem carga), carregadas positivamente ou carregadas negativamente. Quando carregadas, as partículas carregadas podem suportar uma única carga positiva ou negativa, ou múltiplas cargas, por exemplo, uma, duas, três ou mesmo quatro ou mais cargas. Em casos em que uma cadeia de cisão é desejada para mudar a estrutura molecular do material contendo carboidrato, partículas carregadas positivamente podem ser desejáveis, em parte, devido a sua natureza ácida. Quando partículas são utilizadas, as partículas podem ter a massa de um elétron em repouso, ou maior, por exemplo, 500, 1000, 1500, ou 2000 ou mais vezes a massa de um elétron em repouso. Por exemplo, as partículas podem ter uma massa de aproximadamente 1 unidade atômica a aproximadamente 150 unidades atômicas, por exemplo, de aproximadamente 1 unidade atômica a aproximadamente 50 unidades atômicas, ou de aproximadamente 1 a aproximadamente 25, por exemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 12 ou 15 unidades atômicas.

[0042] A radiação gama tem a vantagem de uma profundidade de penetração significante em uma variedade de materiais na amostra.

[0043] Em modalidades em que a irradiação é realizada com radiação eletromagnética, a radiação eletromagnética pode ter, por exemplo, energia por fóton (em elétron-volts) maior que 10^2 eV, por exemplo, maior que 10^3, 10^4, 10^5, 10^6, ou até mesmo maior que 10^7 eV. Em algumas modalidades, a radiação eletromagnética tem energia por fóton de entre 10^4 e 10^7, por exemplo, entre 10^5e 10^6 eV. A radiação eletromagnética pode ter uma frequência de, por exemplo, mais que 10^{16} Hz, mais que 10^{17} Hz, 10^{18}, 10^{19}, 10^{20}, ou mesmo mais que 10^{21} Hz. Em algumas modalidades, a radiação eletromagnética tem uma frequência de cerca de 10^{18} e 10^{22} Hz, por exemplo, entre 10^{19} a 10^{21} Hz.

[0044] Bombardeamento de elétrons pode ser realizado usando um dispositivo de feixe de elétrons que tem uma energia nominal menor que 10 MeV, *por exemplo,* menor que 7 MeV, menor que 5 MeV ou menor que 2 MeV, *por exemplo,* a partir de cerca de 0,5 a 1,5 MeV, a partir de cerca de 0,8 a 1,8 MeV, ou a partir de cerca de 0,7 a 1 MeV. Em algumas implementações a energia nominal é de cerca de 500 a 800 keV.

[0045] O feixe de elétrons pode ter uma potência de feixe total relativamente alta (a potência de feixe combinada de todas as cabeças de aceleração, ou, se aceleradores múltiplos forem usados, de todos os aceleradores e todas as cabeças), *por exemplo*, pelo menos 25 kW, *por exemplo*, pelo menos, 30, 40, 50, 60, 65, 70, 80, 100, 125 ou 150 kW. Em alguns casos, a potência é tão alta quanto 500 kW, 750 kW, ou mesmo 1000 kW ou mais. Em alguns casos, o feixe de elétron tem uma potência de feixe de 1200 kW ou mais, por exemplo: 1400, 1600, 1800 ou até 3000 kW.

[0046] Esta potência alta de feixe total é geralmente atingida ao utilizar várias cabeças de aceleração. Por exemplo, o dispositivo de feixe de elétron pode incluir dois, quatro, ou mais cabeças de aceleração. O uso de múltiplas cabeças, cada uma delas tendo uma potência de feixe

relativamente baixa, impede a elevação excessiva da temperatura no material, assim, impedindo a queima do material e também aumentando a uniformidade da dose através da espessura da camada de material.

[0047] É geralmente preferido que o leito de material de biomassa tenha uma espessura relativamente uniforme. Em algumas encarnações, a espessura é menor que cerca de 1 polegada (por exemplo, menos que cerca de 0,75 polegadas, menos que cerca de 0,5 polegadas, menos que cerca de 0,25 polegadas, menos que cerca de 0,1 polegadas, entre cerca de 0,1 e 1 polegada, entre cerca de 0,2 e 0,3 polegadas).

[0048] É desejável tratar o material o mais rapidamente possível. Em geral, é preferível que o tratamento seja realizado em uma taxa de dose maior que cerca de 0,25 Mrad por segundo, *por exemplo*, maior que cerca de 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2, 5, 7, 10, 12, 15, ou mesmo maior que cerca de 20 Mrad por segundo, *por exemplo*, cerca de 0,25 a 2 Mrad por segundo. Taxas de dose mais altas permitem uma vazão maior para a dose alvo (por exemplo, desejada). Taxas de dose mais altas geralmente exigem velocidades de linha mais altas para evitar a decomposição térmica do material. Em uma implementação, o acelerador é ajustado para uma corrente de feixe de 3 MeV, 50 mA, e a velocidade de linha é de 24 pés/minuto, para uma espessura de amostra de cerca de 20 mm (*por exemplo,* material de espiga de milho fragmentada com uma densidade de massa de 0,5 g/cm^3).

[0049] Em algumas modalidades, o bombardeamento de elétron é realizado até que o material receba uma dose total de pelo menos 0,1 Mrad, 0,25 Mrad, 1 Mrad, 5 Mrad, *por exemplo,* pelo menos 10, 20, 30 ou pelo menos 40 Mrad. Em algumas modalidades, o tratamento é realizado até que o material receba uma dose de cerca de 10 Mrad a cerca de 50 Mrad, *por exemplo,* de cerca de 20 a cerca de 40 Mrad, ou de cerca de 25 Mrad a cerca de 30 Mrad. Em algumas implementações, uma dose total de 25 a 35 Mrad é preferida, idealmente aplicada por algumas passagens, *por*

exemplo, a 5 Mrad/passagem com cada passagem sendo aplicada por cerca de um segundo. Equipamento, sistemas e métodos de arrefecimento podem ser usados antes, durante, depois e entre as radiações, por exemplo, utilizando um transportador de parafuso de arrefecimento e/ou um transportador vibratório arrefecido.

[0050] Usando múltiplas cabeças, como abordado acima, o material pode ser tratado em múltiplas passagens, por exemplo, duas passagens em 10 a 20 Mrad/passagem, *por exemplo,* 12 a 18 Mrad/passagem, separadas por alguns segundos de resfriamento, ou três passagens de 7 a 12 Mrad/passagem, *por exemplo,* 5 a 20 Mrad/passagem, 10 a 40 Mrad/passagem, 9 a 11Mrad/passagem. Como discutido neste documento, tratar o material com várias doses relativamente baixas ao invés de uma dose elevada, tende a impedir sobreaquecimento do material e também aumenta a uniformidade de dose através da espessura do material. Em algumas implementações, o material é agitado ou, de outro modo, misturado durante ou após cada passagem e então espalhado em uma camada uniforme antes da próxima passagem, para aumentar adicionalmente a uniformidade de tratamento.

[0051] Em algumas modalidades, os elétrons são acelerados para, por exemplo, uma velocidade maior que 75 por cento da velocidade da luz, *por exemplo*, maior que 85, 90, 95 ou 99% da velocidade da luz.

[0052] Em algumas modalidades, qualquer processamento descrito neste documento ocorre no material lignocelulósico que permanece seco como adquirido ou que foi secado, *por exemplo*, usando calor e/ou pressão reduzida. Por exemplo, em algumas modalidades, o material celulósico e/ou lignocelulósico tem menos que 25 % em peso de água retida, medida em 25°C e em cinquenta por cento de umidade relativa (por exemplo, menos que cerca de 20 % em peso, menos que cerca de 15 % em peso, menos que cerca de 14 % em peso, menos que cerca de 13 % em peso, menos que cerca de 12 % em peso, menos que cerca de 10 % em peso, menos

que cerca de 9 % em peso, menos que cerca de 8 % em peso, menos que cerca de 7 % em peso, menos que cerca de 6% em peso, % em peso menos que cerca de 5 % em peso, menos que cerca de 4 % em peso, menos que cerca de 3 % em peso, menos que cerca de 2 % em peso, menos que cerca de 1 % em peso ou menos que cerca de 0,5% em peso.

[0053] Em algumas modalidades, duas ou mais fontes ionizantes podem ser usadas, como duas ou mais fontes de elétron. Por exemplo, amostras podem ser tratadas, em qualquer ordem, com um feixe de elétrons, seguido por radiação gama e luz UV tendo comprimentos de onda a partir de cerca de 100 nm a cerca de 280 nm. Em algumas modalidades, as amostras são tratadas com três fontes de radiação ionizante, tal como um feixe de elétrons, radiação gama, e luz UV energética. A biomassa é transmitida através da zona de tratamento, onde pode ser bombardeada com elétrons.

[0054] Pode ser vantajoso repetir o tratamento para reduzir mais minuciosamente a recalcitrância da biomassa e/ou modificar adicionalmente a biomassa. Em particular, os parâmetros de processo podem ser ajustados após uma primeira passagem (*por exemplo,* segundo, terceiro, quarto ou mais) dependendo da recalcitrância do material. Em algumas modalidades, um transportador pode ser usado, que inclua um sistema circular em que a biomassa é transportada várias vezes através dos vários processos descritos acima. Em algumas outras encarnações vários dispositivos de tratamento (*por exemplo,* geradores de feixe de elétrons) são usados para tratar a biomassa várias vezes (*por exemplo,* 2, 3, 4 ou mais). Em ainda outras modalidades, um gerador de feixe de elétron único pode ser a fonte de feixes múltiplos (*por exemplo*, 2, 3, 4 ou mais feixes) que podem ser usados para o tratamento da biomassa.

[0055] A eficácia para alterar a estrutura molecular/supermolecular e/ou reduzir a recalcitrância da biomassa contendo carboidrato depende da energia de elétron usada e da dose aplicada, enquanto o tempo de

exposição depende da potência e da dose. Em algumas modalidades, a taxa de dose e dose total são ajustadas para não destruir (por exemplo, carbonizar ou queimar) o material de biomassa. Por exemplo, os carboidratos não devem ser danificados no processamento para que eles possam ser liberados a partir da biomassa intactos, por exemplo, como açucares monoméricos.

[0056] Em algumas modalidades, o tratamento (com qualquer fonte de elétron ou uma combinação de fontes) é realizada até que o material receba uma dose de pelo menos cerca de 0,05 Mrad, *por exemplo,* pelo menos cerca de 0,1, 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150, 175 ou 200 Mrad. Em algumas modalidades, o tratamento é realizado até que o material receba uma dose de entre 0,1-100 Mrad, 1-200, 5-200, 10-200, 5-150, 50-150 Mrad, 5-100, 5-50, 5-40, 10-50, 10-75, 15-50, 20-35 Mrad.

[0057] Em algumas modalidades, doses relativamente baixas de radiação são utilizadas, por exemplo, para aumentar o peso molecular de um material lignocelulósico ou celulósico (com qualquer fonte de radiação ou combinação de fontes descritas neste documento). Por exemplo, uma dose de pelo menos cerca de 0,05 Mrad, por exemplo, pelo menos cerca de 0.1 Mrad ou pelo menos cerca de 0,25, 0,5, 0,75. 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, ou pelo menos 5,0 Mrad. Em algumas modalidades, a irradiação é executada até que o material receba uma dose de entre 0.1Mrad e 2,0 Mrad, por exemplo, entre 0,5 Mrad e 4,0 Mrad ou entre 1,0 Mrad e 3,0 Mrad.

[0058] Também pode ser desejável irradiar a partir de direções múltiplas, simultaneamente ou sequencialmente, a fim de atingir um grau desejável de penetração de radiação no material. Por exemplo, dependendo da densidade e do teor de umidade do material, como madeira, e o tipo de fonte de radiação utilizada (por exemplo, raios gama ou feixe de elétrons), a penetração máxima de radiação no material pode ser

apenas cerca de 0,75 polegada. Em tais casos, uma seção mais espessa (até 1,5 polegada) pode ser irradiada ao, primeiramente, irradiar o material a partir de um lado e então virar o material e irradiar a partir do outro lado. A irradiação a partir de múltiplas direções pode ser particularmente útil com radiação de feixe de elétron, que irradia mais rapidamente do que radiação gama, mas tipicamente não atinge uma profundidade de penetração tão grande.

MATERIAIS RADIOPACOS

[0059] A invenção pode incluir o processamento do material em uma câmara e/ou um abrigo que seja construído utilizando-se materiais radiopacos. Em algumas implementações, os materiais radiopacos são selecionados para serem capazes de isolar os componentes de raios-x com alta energia (comprimento de onda curto), que podem penetrar muitos materiais. Um fato importante no projeto de um compartimento de isolamento de radiação é o comprimento de atenuação dos materiais usados, que irá determinar a espessura exigida para um material particular, mescla de materiais, ou estruturas em camadas. O comprimento de atenuação é a distância de penetração em que a radiação é reduzida em aproximadamente 1/e (e = número de Euler) vezes o da radiação incidente. Embora praticamente todos os materiais são opacos a radiação dado que sejam espessos o suficiente, materiais contendo um alto percentual composicional (por exemplo, densidade) de elementos que tem um alto valor Z (número atômico) tem um comprimento de atenuação de radiação menor, e, logo, caso tais materiais sejam usados, um isolamento mais fino e leve é fornecido. Exemplos de materiais com um alto valor Z que são usados em isolamento de radiação são tântalo e chumbo. Outro parâmetro importante em isolamento de radiação é a distância de redução à metade, que é a espessura necessária de um material particular que reduzirá a intensidade de raios gama em 50%. Como um exemplo de radiação de raios-x com uma energia de 0,1 MeV, a distância de redução à metade é

cerca de 15,1 mm para concreto, e cerca de 2,7 mm para chumbo, enquanto com uma energia de raio-X, de 1 MeV, a espessura de redução à metade para concreto é cerca de 44,45 mm e para chumbo é cerca de 7,9 mm. Materiais radiopacos podem ser materiais que são espessos ou finos, desde que eles possam reduzir a radiação que transpassa para o outro lado. Assim, caso desejado, um compartimento particular pode ter uma espessura de parede baixa, por exemplo, para peso leve ou devido a restrições de tamanho, o material escolhido deve ter um valor Z e/ou distância de atenuação suficiente de modo que sua camada semirredutora seja menor ou igual a espessura de parede do invólucro desejada.

[0060] Em alguns casos, o material opaco à radiação pode ser um material em camadas, por exemplo, tendo uma camada de um material com um valor Z mais alto, para fornecer uma boa blindagem, e uma camada de um material com Z mais baixo para fornecer outras propriedades (por exemplo, integridade estrutural, resistência a impacto, etc.). Em alguns casos, o material em camadas pode ser um laminado de "grau-Z", por exemplo, incluindo um laminado no qual as camadas fornecem uma gradação de Z alto para elementos sucessivos de Z baixo. Conforme descrito previamente neste documento, materiais radiopacos podem ser blocos que se interconectam, por exemplo, blocos de chumbo e/ou concreto podem ser fornecidos por NELCO Worldwide (Burlington, MA) e câmaras reconfiguráveis podem ser usadas.

[0061] O material opaco à radiação pode reduzir a radiação passando pela estrutura (por exemplo, uma parede, porta, teto, invólucro, uma série ou combinação destes) formado por um material de cerca de pelo menos cerca de 10%, (por exemplo, pelo menos cerca de 20%, pelo menos cerca de 30%, pelo menos cerca de 40%, pelo menos cerca de 50%, pelo menos cerca de 60%, pelo menos cerca de 70, pelo menos cerca de , pelo menos cerca de 80%, pelo menos cerca de 90%, pelo menos cerca de 95%, pelo menos cerca de 96%, pelo menos cerca de 97%, pelo

menos cerca de 98%, pelo menos cerca de 99%, pelo menos cerca de 99,9%, pelo menos cerca de 99,99%, pelo menos cerca de 99,999%), em comparação à radiação incidente. Portanto, um compartimento feito de um material opaco à radiação pode reduzir a exposição de equipamento/sistema/componentes pela mesma quantidade. Materiais radiopacos podem incluir aço inoxidável, metais com valores Z acima de 25 (por exemplo, chumbo, ferro), concreto, terra, areia e combinações dos mesmos. Os materiais radiopacos podem incluir uma barreira no sentido na radiação incidente de no mínimo aproximadamente 1mm (por exemplo: 5 mm, 10mm, 5 cm, 10 cm, 100cm, 1m, e até mesmo pelo menos cerca de 10m).

FONTES DE RADIAÇÃO

[0062] O tipo de radiação determina os tipos de fontes de radiação usados, assim como os dispositivos de radiação e equipamentos associados. Os métodos, sistemas e equipamentos descritos neste documento, por exemplo, para tratar materiais com radiação, podem utilizar fontes como descritas neste documento, assim como qualquer outra fonte útil.

[0063] Fontes de raios gama incluem núcleos radioativos, tais como isótopos de cobalto, cálcio, tecnécio, cromo, gálio, índio, iodo, ferro, crípton, samário, selênio, sódio, tálio e xénon.

[0064] Fontes de raios X incluem colisão de feixe de elétron com alvos metálicos, tais como tungstênio ou molibdênio ou ligas, ou fontes de luz compactas, tais como aqueles produzidas comercialmente por Lyncean.

[0065] Partículas alfa são idênticas ao núcleo de um átomo de hélio e são produzidas pelo declínio alfa de vários núcleos radioativos, tais como isótopos de bismuto, polônio, astatina, radônio, frâncio, rádio, vários actinídeos, tais como actínio, tório, urânio, netúnio, cúrio, califórnio, amerício, e plutônio.

[0066] Fontes de radiação ultravioleta incluem lâmpadas de deutério

ou cádmio.

[0067] Fontes de radiação infravermelha incluem lâmpadas cerâmicas de safira, zinco ou seleneto.

[0068] Fontes para micro-ondas incluem clistrões, fontes RF tipo Slevin ou fontes de feixe de átomo que empregam gases nitrogênio, oxigênio ou hidrogênio.

[0069] Aceleradores usados para acelerar as partículas podem ser DC eletrostáticos, DC eletrodinâmicos, RF lineares, lineares de indução magnética ou de onda contínua. Por exemplo, aceleradores de tipo cíclotron estão disponíveis a partir de IBA, Bélgica, tais como o sistema RHODOTRON™, enquanto aceleradores tipo DC estão disponíveis a partir de RDI, agora IBA Industrial, tal como DYNAMITRON ®. Íons e aceleradores de íons são discutidos em Introductory Nuclear Physics, Kenneth S. Krane, John Wiley & Sons, Inc. (1988), Krsto Prelec, FIZIKA B 6 (1997) 4, 177-206; Chu, William T., "Overview of Light-Ion Beam Therapy", Columbus-Ohio, ICRU-IAEA Meeting, 18-20 March 2006; Iwata, Y. et al., "Alternating-Phase-Focused IH-DTL for Heavy-Ion Medical Accelerators", Proceedings of EPAC 2006, Edinburgh, Scotland; e Leaner, CM. et al., "Status of the Superconducting ECR Ion Source Venus", Proceedings of EPAC 2000, Viena, Áustria.

[0070] Elétrons podem ser produzidos por núcleos radioativos que passam por decaimento beta, como isótopos de iodo, tecnécio, césio e irídio. Alternativamente, um canhão de elétrons pode ser usado como uma fonte de elétrons através de emissão termiônica e acelerado através de um potencial de aceleração. Um canhão de elétrons gera elétrons, que são então acelerados através de um grande potencial (*por exemplo*, maior que cerca de 500 mil, maior que cerca de 1 milhão, maior que cerca de 2 milhões, maior que cerca de 5 milhões, maior que cerca de 6 milhões, maior que cerca de 7 milhões, maior que cerca de 8 milhões, maior que cerca de 9 milhões, ou até mesmo maior do que 10 milhões de volts) e em

seguida, examinados magneticamente no plano x-y, onde os elétrons são inicialmente acelerados na direção Z tubo de acelerador abaixo e extraídos através de uma janela de lâmina. Verificar o feixe de elétrons é útil para aumentar a superfície de irradiação quando se irradia materiais, *por exemplo*, uma biomassa, que é transmitida através do feixe examinado. Verificar o feixe de elétrons também distribui a carga térmica homogeneamente na janela e ajuda a reduzir a ruptura da janela de lâmina devido ao aquecimento local pelo feixe de elétrons. Ruptura de janela de lâmina é uma causa de inatividade significativa devido a reparações necessárias subsequentes e reinício do canhão de elétrons.

[0071] Vários outros dispositivos podem ser utilizados em métodos divulgados neste documento, incluindo fontes de ionização de campo, separadores de íon eletrostáticos, geradores de ionização de campo, fontes de emissão termiônica, fontes de íons de descarga de micro-ondas, aceleradores de recirculação ou estáticos, aceleradores lineares dinâmicos, aceleradores de van de Graaff e aceleradores tandem dobrados. Tais dispositivos são divulgados, por exemplo, na Pat. U.S. Nº. 7.931.784 para Medoff, cuja divulgação completa é incorporada neste documento por referência.

[0072] Um feixe de elétrons pode ser usado como a fonte de radiação. Um feixe de elétrons tem as vantagens das altas taxas de dose (*por exemplo*, 1, 5 ou até 10 Mrad por segundo), alta vazão, menos contenção e menos equipamentos de confinamento. Feixes de elétrons podem também ter elevada eficiência eléctrica (*por exemplo*, 80%), permitindo utilização de energia mais baixa em relação a outros métodos de radiação, que pode traduzir em um menor custo de operação e menores emissões de gases de efeito estufa correspondente à menor quantidade de energia utilizada. Feixes de elétrons podem ser gerados, *por exemplo*, por geradores eletrostáticos, geradores de cascata, geradores de transformador, aceleradores de baixa energia com um sistema de

varredura, aceleradores de baixa energia com um cátodo linear, aceleradores lineares e aceleradores pulsados.

[0073] Elétrons também podem ser mais eficientes causando alterações na estrutura molecular dos materiais contendo carboidrato, por exemplo, pelo mecanismo de cisão da cadeia. Além disso, os elétrons com energias de 0,5-10 MeV podem penetrar materiais de baixa densidade, tais como os materiais de biomassa descritos neste documento, *por exemplo*, materiais, tendo uma densidade de massa inferior a 0,5 g/cm ^{3}e uma profundidade de 0,3 a 10 cm. Elétrons como uma fonte de radiação ionizante podem ser úteis, , *por exemplo*, para pilhas relativamente finas, camadas ou leitos de materiais, , *por exemplo,* inferior a cerca de 0,5 polegada, , por exemplo, inferior a cerca de 0,4 polegadas, 0,3 polegadas, 0,25 polegadas ou inferior a cerca de 0,1 polegadas. Em algumas modalidades, a energia de cada elétron do feixe de elétron é de aproximadamente 0,3 MeV a aproximadamente 2,0 MeV (milhões de elétron volts), *por exemplo*, de aproximadamente 0,5 MeV a aproximadamente 1,5 MeV, ou de aproximadamente 0,7 MeV a aproximadamente 1,25 MeV. Métodos de irradiação de materiais são discutidos em Pedido de Pat. App. Pub. 2012/0100577 A1, depositado em 18 de outubro de 2011 e publicado em 26 de abril de 2012, cuja divulgação integral é incorporada aqui por referência.

[0074] Dispositivos de irradiação de feixe de elétrons podem ser adquiridos comercialmente ou construídos. Por exemplo, elementos ou componentes de tais indutores, capacitores, cápsulas, fontes de alimentação, cabos, fiação, sistemas de controle de voltagem, elementos de controle de corrente, material isolante, microcontroladores e equipamentos de refrigeração podem ser comprados e montados em um dispositivo. Opcionalmente, um dispositivo comercial pode ser modificado e/ou adaptado. Por exemplo, dispositivos e componentes podem ser comprados em qualquer uma das fontes comerciais descritas neste

documento, incluindo Ion Beam Applications (Louvain-la-Neuve, Bélgica), Wasik Associates Inc. (Dracut, MA), NHV Corporation (Japão), Titan Corporation (San Diego, CA), Vivirad High Voltage Corp(Billeric, MA) e/ou Budker Laboratories (Rússia). Energias de elétrons típicas podem ser 0,5 MeV, 1 MeV, 2 MeV, 4,5 MeV, 7,5 MeV ou 10 MeV. A potência de dispositivo de irradiação de feixe de elétron típica pode ser 1 KW, 5 KW, 10 KW, 20 KW, 50 KW, 60 KW, 70 KW, 80 KW, 90 KW, 100 KW, 125 KW, 150 KW, 175 KW, 200 KW, 250 KW, 300 KW, 350 KW, 400 KW, 450 KW, 500 KW, 600 KW, 700 KW, 800 KW, 900 KW ou mesmo 1000 KW. Aceleradores que podem ser usados incluem irradiadores NHV da série de energia média EPS-500 (por exemplo, aceleradores de voltagem 500 kV e 65, 100 ou 150 mA de corrente de feixe), EPS-800 (por exemplo, acelerador de voltagem 800 kV e 65 ou 100 mA de corrente de feixe), ou EPS-1000 (por exemplo, acelerador de voltagem 1000 kV e 65 ou 100 mA de corrente de feixe). Além disso, aceleradores da série de alta energia NHV podem ser usados, tais como EPS-1500 (por exemplo, acelerador de voltagem 1500 kV e 65 mA de corrente de feixe), EPS-2000 (por exemplo, acelerador de voltagem 2000kV e 50 mA de corrente de feixe), EPS-3000 (por exemplo, acelerador de voltagem 3000 kV e 50mA de corrente de feixe) e EPS-5000 (por exemplo, 5000 e 30 mA de corrente de feixe).

[0075] Vantagens e desvantagens ao considerar especificações da potência do dispositivo de irradiação do feixe de elétron incluem custo para operar, custos de capital, depreciação, e pegada (poluição) do dispositivo. Implicações em considerar os níveis de dose de exposição de irradiação do feixe de elétron seriam os custos de energia e preocupações com o meio ambiente, segurança e saúde (ESH). Normalmente, os geradores estão alojados em um espaço *por exemplo*, de chumbo ou concreto, especialmente para a produção de raios-x que são gerados no processo. Implicações em considerar as energias de elétrons incluem os custos de energia.

[0076] O dispositivo de irradiação de feixe de elétron pode produzir um feixe fixo ou um feixe de verificação. Um feixe de verificação pode ser vantajoso com grande comprimento de varredura de verificação e alta velocidade de verificação, pois isto iria substituir eficazmente uma grande largura de feixe fixa. Além disso, larguras de varredura disponíveis de 0,5 m, 1m, 2m ou mais estão disponíveis. O feixe de verificação é preferido na maioria das modalidades descritas aqui por causa da maior largura de verificação e reduzida possibilidade de aquecimento local e falha das janelas.

CANHÕES DE ELÉTRONS - JANELAS

[0077] O sistema de extração para um acelerador de elétrons podem incluir duas lâminas de janela. O gás de resfriamento no sistema de extração de janela de duas lâminas pode ser um gás de purga ou uma mistura, por exemplo ar ou um gás puro. Em uma modalidade, o gás é um gás inerte como nitrogênio, argônio, hélio e ou dióxido de carbono. É preferencial usar um gás ao invés de um líquido, já que as perdas de energia para o feixe de elétrons são minimizadas. Misturas de gás puro também podem ser usadas, pré-misturadas ou misturadas em linha antes de impactarem na janela ou no espaço entre as janelas. O gás refrigerante pode ser resfriado, por exemplo, usando um sistema de troca de calor (*por exemplo*, uma máquina frigorífica) e/ou por meio de fervura de um gás condensado (*por exemplo,* nitrogênio líquido, hélio líquido). Transportadores vibratórios são descritos no PCT/US2013/64332 depositado em 10 de outubro de 2013, cuja a divulgação completa é incorporada por referência neste documento.

AQUECIMENTO E TAXA DE TRANSFERÊNCIA DURANTE TRATAMENTO DE RADIAÇÃO

[0078] Vários processos podem ocorrer na biomassa quando elétrons de um feixe de elétrons interagem com a matéria em colisões inelásticas. Por exemplo, a ionização do material, cisão de cadeia de polímeros no

material, reticulação de polímeros no material, oxidação do material, geração de raios-X ("Bremsstrahlung") e excitação vibracional das moléculas (por exemplo, geração de fônon). Sem ser vinculados de um mecanismo de partícula, a redução na recalcitrância pode ser devido aos efeitos destas várias destas colisões inelásticas, por exemplo, ionização, cisão de cadeia de polímeros, oxidação e geração de fônon. Alguns dos efeitos (por exemplo, especialmente a geração de raios-X), necessitam de blindagem e barreiras de engenharia, por exemplo, enclausurar os processos de irradiação em uma câmara de concreto (ou outro material opaco à radiação) Outro efeito da irradiação, a excitação vibracional, é equivalente a aquecer a amostra. Aquecer a amostra por irradiação pode ajudar na redução da recalcitrância, mas o aquecimento excessivo pode destruir o material, como explicado abaixo.

[0079] O aumento da temperatura adiabática (ΔT) a partir da absorção da radiação ionizante é dada pela equação: $\Delta T = D/Cp$: em que D é a dose média em kGy, Cp é a capacidade de calor em J/g °C, e ΔT é a mudança de temperatura em °C. Um material de biomassa seco típico terá a capacidade de calor próximo de 2. A biomassa molhada terá uma capacidade de calor maior, dependente da quantidade de água, uma vez que a capacidade de calor da água é muito alta (4.19 J/g °C). Metais têm capacidades de calor muito menores, por exemplo, aço inoxidável 304 tem uma capacidade térmica de 0,5 J/g °C. A mudança de temperatura devido à adsorção instantânea de radiação em uma biomassa e aço inoxidável para várias doses de radiação é mostrada abaixo. Em temperaturas mais elevadas, biomassa irá decompor, causando desvio extremo das mudanças estimadas em temperatura.

Aumento de Temperatura Calculado para biomassa e aço inoxidável.

Dose (Mrad)	**ΔT de Biomassa Estimado (°C)**	**ΔT de Aço (°C)**
10	50	200

50	250 (Decomposição)	1000
100	500 (decomposição)	2000
150	750 (Decomposição)	3000
200	1000 (Decomposição)	4000

[0080] Altas temperaturas podem destruir e ou modificar os biopolímeros em biomassa, de modo que os polímeros (por exemplo, a celulose) são impróprios para processamento adicional. A biomassa submetida a temperaturas altas pode se tornar escura, pegajosa e gerar odores que indicam a decomposição. A viscosidade pode até mesmo tornar o material difícil de transportar. Os odores podem ser desagradáveis e ser uma questão de segurança. De fato, manter a biomassa abaixo de cerca de 200 °C foi verificado por ser benéfico no processo descrito neste documento (por exemplo, abaixo de cerca de 190 °C, abaixo de cerca de 180 °C, abaixo de cerca de 170 °C, abaixo de cerca de 160 °C, abaixo de cerca de 150 °C, abaixo de cerca de 140 °C, abaixo de cerca de 130 °C, abaixo de cerca de 120 °C, abaixo de cerca de 110 °C, entre cerca de 60 °C e 180 °C, entre cerca de 60 °C e 160°C, entre cerca de 60 °C e 150 °C, entre cerca de 60 °C e 140 °C, entre cerca de 60 °C e 130 °C, entre cerca de 60 °C e 120 °C, entre cerca de 80 °C e 180 °C, entre cerca de 100 °C e 180 °C, entre cerca de 120 °C e 180 °C, entre cerca de 140 °C e 180 °C, entre cerca de 160 °C e 180 °C, entre cerca de 100 °C e 140 °C, entre cerca de 80 °C e 120 °C).

[0081] Verificou-se que irradiação acima de cerca de 10 Mrad é desejável para os processos descritos neste documento (por exemplo, redução da recalcitrância). Uma alta vazão é também desejável, para que a irradiação não se torne limitante no processamento da biomassa. O tratamento é gerido por uma equação de taxa de dose: M = FP/D·tempo, onde M é a massa do material irradiado (kg), F é a fração de potência que é adsorvida (sem unidade), P é a potência emitida (kW= Voltagem em MeV x Corrente in mA), tempo é o tempo de tratamento (seg) e D é a dose

adsorvida (kGy). Em um processo exemplo, onde a fração de potência de adsorção é fixa, a Potência emitida é constante e uma dosagem fixa é desejável, a vazão (por exemplo, M, a biomassa processada) pode ser aumentada pelo aumento do tempo de irradiação. No entanto, aumentar o tempo de irradiação sem permitir que o material resfrie pode aquecer o material de forma excessiva, como exemplificado pelos cálculos mostrados acima. Visto que a biomassa tem uma condutividade térmica baixa (menos de aproximadamente 0.1 $Wm^{-1}K^{-1}$), a dissipação de calor é lenta, diferentemente, por exemplo, dos metais (maiores do que aproximadamente 10 $Wm^{-1}K^{-1}$) que podem dissipar a energia rapidamente contanto que haja um dissipador de calor para o qual transferir a energia.

CANHÕES DE ELÉTRONS - BATENTES DE FEIXE

[0082] Em algumas modalidades os sistemas e métodos incluem um batente de feixe (*por exemplo,* um obturador). Por exemplo, o limitador de feixe pode ser usado para rapidamente parar ou reduzir a irradiação do material sem desligar o dispositivo de feixe de elétrons. Como alternativa, o batente de feixe pode ser utilizado enquanto energiza-se o feixe de elétrons, *por exemplo*, batente de feixe pode parar o feixe de elétrons até que uma corrente de feixe de um nível desejado seja alcançada. O limitador do feixe pode ser colocado entre a película de proteção primária e película de proteção secundária. Por exemplo o batente do feixe pode ser montado de forma que seja móvel, isto é, para que ele possa ser movido dentro e fora do caminho do feixe. Até mesmo uma cobertura parcial do feixe pode ser usada, por exemplo, para controlar a dose de irradiação. O batente do feixe pode ser montado no chão, num transportador para a biomassa, numa parede, no dispositivo de radiação (por exemplo, *na haste de verificação*) ou em qualquer suporte estrutural. De preferência o batente do feixe é fixo em relação à haste de verificação para que o feixe possa ser eficazmente controlado junto ao batente do feixe. O limitador de feixe pode incorporar uma dobradiça, um trilho, rodas, ranhuras ou outros meios, permitindo a

sua operação de mover-se dentro e fora do feixe. O batente de feixe pode ser feito de qualquer material que irá parar pelo menos 5% dos elétrons, *por exemplo,* pelo menos 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, pelo menos 80%, 85%, 90%, 91%, 92%, 93%, 94%, 95%, 96%, 97%, 98%, 99% ou até aproximadamente 100% dos elétrons.

[0083] O batente de feixe pode ser feito de um metal incluindo, mas não limitado a, aço inoxidável, chumbo, ferro, molibdênio, prata, ouro, titânio, alumínio, estanho ou ligas destes, ou laminados (materiais em camadas) feita com tais metais (*por exemplo,* cerâmica revestida de metal, polímero revestido de metal, compostos revestidos de metal, materiais de metal de várias camadas).

[0084] O batente de feixe pode ser resfriado, por exemplo, com um fluido refrigerante tal como uma solução aquosa ou um gás. O limitador de feixe pode ser parcialmente ou completamente oco, por exemplo com câmaras. Espaços interiores do batente de feixe podem ser usados para fluidos e gases refrigerantes. O batente de feixe pode ser de qualquer formato, incluindo plano, curvado, redondo, oval, quadrado, retangular, chanfrado e sondado.

[0085] O batente de feixe pode ter perfurações de forma a permitir que alguns elétrons passem, assim controlando (*por exemplo*, reduzindo) os níveis de radiação em toda a área da janela, ou em regiões específicas da janela. O batente de feixe pode ser uma malha formada, por exemplo, de fibras ou fios. Vários batentes de feixe podem ser usados, juntos ou de forma independente, para controlar a irradiação. O batente de feixe pode ser controlado remotamente, *por exemplo*, por sinal de rádio ou ligado a um motor para mover o feixe dentro ou fora de posição.

DEFLETOR DE FEIXES

[0086] As modalidades divulgadas neste documento também podem incluir um despejo de feixe quando utilizando um tratamento de radiação. A função de um defletor de feixes é absorver de forma segura um feixe de

partículas carregadas. Assim como um limitador de feixes, um defletor de feixes pode ser usado para bloquear o feixe de partículas carregadas. No entanto, um defletor de feixes é muito mais robusto do que um limitador de feixes, e sua intenção é bloquear a potência total do feixe de elétrons por um período prolongado de tempo. Eles são frequentemente usados para bloquear o feixe enquanto o acelerador está sendo iniciado.

[0087] Defletores de feixe também são projetados para acomodar o calor gerado por tais feixes, e são normalmente feitos, e são normalmente feitos de materiais como cobre, alumínio, carbono, berílio, tungstênio, ou mercúrio. Defletores de feixe podem ser resfriados, por exemplo, usando um fluido de arrefecimento que esteja em contato térmico com o defletor de feixes.

MATERIAIS DE BIOMASSA

[0088] Materiais lignocelulósicos incluem, entre outros, madeira, placa de partícula, resíduos florestais (*por exemplo,* serragem, chips de madeira, madeira aspen), gramíneas, (*por exemplo*, pasto, miscanthus, spartina, capim amarelo), resíduos de grãos, (*por exemplo*, amido de arroz, casca de aveia, joio do trigo, cascas de cevada), resíduos agrícolas (*por exemplo*, silagem, palha de canola, palha de trigo, palha de cevada, palha de arroz, palha de aveia, juta, cânhamo, linho, bambu, sisal, bananeira, espigas de milho, palha de milho, caules e folhas de soja, fibra de milho, alfafa, feno, cabelo de coco), processamento de resíduos de açúcar (*por exemplo,* bagaço, polpa de beterraba, bagaço de agave), algas, estrume, esgoto e misturas de qualquer um destes.

[0089] Em alguns casos, o material lignocelulósico inclui espigas de milho. Terra ou espigas de milho moídas no moinho de martelo podem ser espalhadas em uma camada de espessura relativamente uniforme para irradiação, e após a irradiação são fáceis de se dispersar no meio para processamento adicional. Para facilitar a colheita e coleta, em alguns casos a planta de milho inteira é usada, incluindo o pé de milho, grãos de milho, e

em alguns casos, até mesmo o sistema radicular da planta.

[0090] Vantajosamente, nenhum nutriente adicional (que não seja uma fonte de nitrogênio, *por exemplo*, ureia ou amônia) é necessário durante a fermentação de espigas de milho ou materiais lignocelulósicos ou celulósicos contendo quantidades significativas de espigas de milho.

[0091] Espigas de milho, antes e após a cominuição, também são mais fáceis de transportar e dispersar e têm menor tendência a formar misturas explosivas no ar do que outros materiais celulósicos ou lignocelulósicos como feno e gramíneas.

[0092] Materiais celulósicos incluem, por exemplo, papel, produtos de papel, resíduos de papel, celulose, papéis pigmentados, papéis carregados, papéis revestidos, papéis preenchidos, revistas, impressos (*por exemplo*, livros, catálogos, manuais, rótulos, calendários, cartões postais, folhetos, prospectos, papel de jornal), papel de impressora, papel multirevestido, cartolina, papelão, cartão, materiais com alto conteúdo de αcelulose, tais como algodão e misturas de qualquer um destes. Por exemplo produtos de papel conforme descritos no Pedido U.S. Nº. 13/396.365 ("Magazine Feedstocks" por Medoff *et al.*, depositado em 14 de fevereiro de 2012), cuja divulgação completa é incorporada aqui por referência.

[0093] Matérias celulósicas também podem incluir materiais lignocelulósicos, que foram parcialmente ou completamente alisados.

[0094] Em alguns casos, outros materiais de biomassa podem ser utilizados, por exemplo, materiais com amido. Materiais ricos em amido incluem amido em si, *por exemplo*, amido de milho, amido de trigo, amido de batata ou amido de arroz, um derivado do amido ou um material que inclui amido, como um produto de alimento comestível ou uma colheita. Por exemplo, o material com amido pode ser mandioquinha, trigo mourisco, banana, cevada, mandioca, cudzu, oca, sagu, sorgo, batatas domésticas regulares, batata doce, taro, inhame ou um ou mais feijões, como favas, lentilhas ou ervilhas. Misturas de dois ou mais materiais ricos em amido

também são materiais ricos em amido. Misturas de materiais ricos em amido, celulósicos e ou lignocelulósicos também podem ser usadas. Por exemplo, a biomassa pode ser uma planta inteira, uma parte de uma planta ou diferentes partes de uma planta, *por exemplo*, uma planta de trigo, algodoeiro, uma planta de milho, planta de arroz ou uma árvore. Os materiais ricos em amido podem ser tratados por qualquer um dos métodos descritos neste documento.

[0095] Materiais microbianos incluem aqueles que podem ser usados como matéria-prima podendo incluir, mas são não limitado a, qualquer microrganismos ou organismos naturais ou geneticamente modificados que contêm ou são capaz de fornecer uma fonte de carboidratos (*por exemplo,* celulose), por exemplo, protistas*, por exemplo,* animais protistas (*por exemplo,* protozoários amebóides flagelados, ciliados e sporozoa) e planta protistas (*por exemplo,* algas tais como Alveolatas, Chlorarachnea, Cryptophyta, Euglenophyta, Glaucophyta, Haptophyta, algas vermelhas, stramenopiles e viridaeplantae). Outros exemplos incluem algas, plâncton (*por exemplo,* macroplâncton, mesoplâncton, microplâncton, nanoplâncton, picoplânctons e femtoplâncton), fitoplâncton, bactérias (*por exemplo,* bactérias gram positivo, bactérias gram negativo e extremófilos), levedura e/ou misturas destes. Em alguns casos, a biomassa microbiana pode ser obtida de fontes naturais, *por exemplo*, oceano, lagos, corpos de água, *por exemplo*, água salgada ou água doce, ou na terra. Como alternativa, ou além disso, a biomassa microbiana pode ser obtida de sistemas de cultura, *por exemplo*, cultura seca e molhada em grande escala e sistemas de fermentação.

[0096] Em outras modalidades, os materiais de biomassa, tais como materiais celulósicos, ricos em amido e lignocelulósicos, podem ser obtidos por microrganismos transgênicos e plantas que tenham sido modificadas em relação a uma variedade de tipo selvagem. Tais modificações podem ser, por exemplo, através dos passos iterativos de seleção e cultivo para

obter características desejadas em uma planta. Além disso, as plantas podem ter tido material genético removido, modificado, silenciado ou adicionado no que diz respeito à variedade do tipo selvagem. Por exemplo, plantas geneticamente modificadas podem ser produzidas por métodos de DNA recombinante, onde as modificações genéticas incluem introduzir ou modificar genes específicos de variedades parentais, ou, por exemplo, usando reprodutores transgênicos em que um gene ou genes específicos são introduzidos à uma planta de uma espécie diferente de planta e/ou bactérias. Outra maneira de criar a variação genética é por meio de reprodução de mutação no qual novos alelos são artificialmente criados a partir de genes endógenos. Os genes artificiais podem ser criados por uma variedade de maneiras, incluindo tratando a planta ou sementes com, por exemplo, mutagênicos químicos (*por exemplo,* usando agentes alquilantes, epóxidos, alcalóides, peróxidos, formaldeído), irradiação (*por exemplo,* raios x, raios gama, nêutrons, partículas beta, partículas alfa, prótons, dêuterons, radiação UV) e choque de temperatura ou outro externo e outras técnicas de seleção subsequentes. Outros métodos de fornecimento de genes modificados são através do PCR propenso a erros e embaralhamento de DNA seguido da inserção do DNA modificado desejado nas plantas ou sementes desejadas. Métodos de introdução da variação genética desejado nas sementes ou planta incluem, por exemplo, o uso de uma transportadora bacteriana, biolísticas, precipitação de fosfato de cálcio, eletroporação, splicing genético, silenciamento genético, lipofecção, microinjeção e transportadores virais. Materiais geneticamente modificados adicionais têm sido descritos no Pedido U.S. Nº. 13/396.369 depositado em 14 de fevereiro de 2012 cuja divulgação completa está incorporada neste documento por referência. Qualquer um dos métodos descritos neste documento pode ser praticado com as misturas de quaisquer materiais de biomassa aqui descritos.

PREPARAÇÃO DE MATERIAL DE BIOMASSA - TRATAMENTOS

MECÂNICOS

[0097] A biomassa pode ser em forma seca, por exemplo, com menos de aproximadamente 35% de teor de umidade (*por exemplo*, menos de aproximadamente 20%, menos de aproximadamente 15%, menos de aproximadamente 10%, menos de aproximadamente 5%, menos de aproximadamente 4%, menos de aproximadamente 3%, menos de aproximadamente 2% ou até mesmo menos de aproximadamente 1%). A biomassa pode também ser entregue em um estado molhado, por exemplo como um sólido molhado, uma pasta ou uma suspensão com pelo menos 10% de peso de sólidos (*por exemplo,* pelo menos aproximadamente 20% de peso, pelo menos aproximadamente 30% de peso, pelo menos cerca de 40% em peso, pelo menos cerca de 50% em peso, pelo menos cerca de 60% em peso, pelo menos cerca de 70% em peso).

[0098] Os processos divulgados neste documento podem utilizar materiais de baixa densidade, por exemplo matérias-primas celulósicas ou lignocelulósicas que foram fisicamente pré-tratadas para ter uma densidade de menos de cerca de 0,75 g/cm^3, *por exemplo*, inferior a cerca de 0,7, 0,65, 0,60, 0,50, 0,35, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05 ou menos, *por exemplo*, menos de cerca de 0,025 g/cm^3 . A densidade aparente é determinada usando ASTM D1895B. Resumidamente, o método envolve preencher um cilindro de medição de volume conhecido com uma amostra e obter um peso da amostra. A densidade aparente é calculada dividindo-se o peso da amostra em gramas pelo volume conhecido do cilindro em centímetros cúbicos. Se desejado, materiais de baixa densidade aparente podem ser densificados, por exemplo, pelos métodos descritos na U.S. Pat. Nº. 7.971.809 para Medoff, cuja divulgação completa está incorporada por referência aqui.

[0099] Em alguns casos, o processamento de pré-tratamento inclui triagem do material da biomassa. A triagem pode ser através de uma malha ou placa perfurada com um tamanho de abertura desejado, por exemplo,

menos de cerca de 6,35 mm (1/4 de polegada, 0,25 polegadas), (*por exemplo*, menos de cerca de 3,18 mm (1/8 de polegada, 0,125 polegadas), menos de cerca de 1,59 mm (1/16 de polegada, 0,0625 polegadas), menos de cerca de 0,79 mm (1/32 polegadas, 0,03125 polegadas), , *por exemplo,* menos de cerca de 0,51 mm (1/50 polegadas, 0,02000 polegadas), menos de cerca de 0,40 mm (1/64 polegadas, 0,015625 polegadas), menos de cerca de 0,23 mm (0,009 polegadas), menos de cerca de 0,20 milímetros (1/128 de polegadas, 0,0078125 polegadas), menos de cerca de 0,18 mm (0,007 polegadas), menos de cerca de 0,13 mm (0,005 polegadas), ou até mesmo menos de cerca de 0,10 mm (1/256 polegadas 0,00390625 polegadas)). Em uma configuração a biomassa desejada cai através de perfurações ou tela e, portanto, a biomassa maior do que as perfurações ou tela não é irradiada. Estes materiais maiores podem ser reprocessados, por exemplo, cominutando-se, ou simplesmente podem ser removidos do processamento. Em outra configuração, o material que for maior do que as perfurações são irradiadas e o menor material é removido pelo processo de triagem ou reciclado. Neste tipo de configuração, o transportador em si (por exemplo, uma parte do transportador) pode ser perfurado ou feito com uma malha. Por exemplo, em uma modalidade particular o material de biomassa pode ser molhado e as perfurações ou malha permitem drenar a água da biomassa antes da irradiação.

[00100] A triagem de material também pode ser por um método manual, por exemplo, por um operador ou robô (*por exemplo,* um robô equipado com uma cor, refletividade ou outro sensor) que remove o material indesejado. A triagem pode ser também por triagem magnética, em que um ímã é disposto perto do material transportado e o material magnético é removido magneticamente.

[00101] Processamento opcional de pré-tratamento pode incluir aquecer o material. Por exemplo, uma parte do transportador transportando o material ou outro material pode ser enviada através da zona aquecida. A

zona aquecida pode ser criada, por exemplo, por radiação IR, micro-ondas, combustão (*por exemplo,* gás, carvão, petróleo, biomassa), aquecimento resistivo ou bobinas indutoras. O calor pode ser aplicado de pelo menos um ou mais de um lado, pode ser contínuo ou periódico e pode ser apenas para uma parte do material ou todo o material. Por exemplo, uma porção do transporte pode ser aquecida pelo uso de um revestimento de aquecimento. O aquecimento pode ser, por exemplo, para efeitos de secagem do material. No caso de secagem do material, isto pode também ser facilitado, com ou sem aquecimento, pelo movimento de um gás (*por exemplo,* ar, oxigênio, nitrogênio, He, CO_2, argônio) sobre e/ou através da biomassa, como ele está sendo transportado.

[00102] Processamento opcional de pré-tratamento pode incluir resfriar o material. Arrefecimento de material é descrito em Pat. US Nº. 7.900.857 para Medoff, cuja divulgação completa está incorporada por referência aqui. Por exemplo, o resfriamento pode ser através do fornecimento de um fluido de resfriação, por exemplo água (, *por exemplo,* com glicerol) ou nitrogênio (*por exemplo,* nitrogênio líquido) para o fundo da cuba transportadora. Alternativamente, um gás de resfriamento, por exemplo, nitrogênio refrigerado pode ser aplicado sobre os materiais de biomassa ou sob o sistema de transporte.

[00103] Outro método de processamento opcional de pré-tratamento pode incluir a adição de um material para a biomassa ou outras matérias primas. O material adicional pode ser adicionado, por exemplo, por ducha, polvilhamento e/ou ao verter o material sobre a biomassa, conforme ela é transportada. Materiais que podem ser adicionados incluem, por exemplo, metais, cerâmica e/ou íons conforme descrito na Pat. U.S. App. Pub. 2010/0105119 A1 (depositado em 26 de outubro de 2009) e Pat. U.S. App. Pub. 2010/0159569 A1 (depositado em 16 de dezembro de 2009), cujas divulgações completas são incorporadas aqui por referência. Materiais opcionais que podem ser adicionados incluem ácidos e bases. Outros

materiais que podem ser adicionados são oxidantes (*por exemplo,* peróxidos, cloratos), polímeros, monômeros polimerizáveis (*por exemplo,* contendo ligações insaturadas), água, catalisadores, enzimas e/ou organismos. Materiais podem ser adicionados, por exemplo, na forma pura, como uma solução em um solvente (*por exemplo,* água ou um solvente orgânico) e/ou como uma solução. Em alguns casos, o solvente é volátil e pode ser evaporado, *por exemplo*, aquecendo e/ou soprando o gás conforme descrito anteriormente. O material adicionado pode formar uma camada uniforme sobre a biomassa ou ser uma mistura homogênea de diferentes componentes (*por exemplo*, biomassa e material adicional). O material adicionado pode modular a etapa subsequente de irradiação, aumentando a eficiência da irradiação, amortecendo a irradiação ou mudando o efeito da irradiação (*por exemplo,* de feixes de elétrons a raios-x ou calor). O método pode não ter impacto algum sobre a irradiação, mas pode ser útil para processamento a jusante adicional. O material adicionado pode ajudar a transportar o material, por exemplo, diminuindo os níveis de poeira.

[00104] A biomassa pode ser entregue ao transportador (por exemplo, transportadores vibratórios que podem ser usado nas câmaras descritas neste documento) por uma correia transportadora, um transportador pneumático, um transportador de parafuso, um funil, um cano, manualmente ou por uma combinação destes. A biomassa pode, por exemplo, ser derrubada, vertida e/ou ser colocada sobre o transportador por qualquer um desses métodos. Em algumas modalidades, o material é entregue para o transportador usando um sistema de distribuição de material embutido para ajudar a manter uma atmosfera de oxigênio baixa e/ou controlar poeira e finos. Partículas finas e poeira de biomassa suspensas no ar ou elevadas são indesejáveis, porque podem constituir um risco de explosão ou danificar as películas de proteção de um canhão de elétrons (se tal dispositivo for usado para tratar o material).

[00105] O material pode ser redistribuído para formar uma espessura uniforme entre aproximadamente 0,0312 e 5 polegadas (*por exemplo,* entre aproximadamente 0,0625 e 2,000 polegadas, entre aproximadamente 0,125 e 1 polegadas, entre aproximadamente 0,125 e 0,5 polegadas, entre aproximadamente 0,3 e 0,9 polegadas, entre aproximadamente 0,2 e 0,5 polegadas entre aproximadamente 0,25 e 1,0 cm, entre aproximadamente 0,25 e 0,5 polegadas, 0,100 + /-0,025 polegadas 0,150 + /-0,025 polegadas, 0,200 + /-0,025 polegadas, 0,250 + /-0,025 polegadas, 0,300 + /-0,025 polegadas, 0,350 + /-0,025 polegadas, 0,400 + /-0,025 polegadas, 0,450 + /-0,025 polegadas, 0,500 + /-0,025 polegadas, 0,550 + /-0,025 polegadas, 0,600 + /-0,025 polegadas, 0,700 + /-0,025 polegadas, 0,750 + /-0,025 polegadas, 0,800 + /-0,025 polegadas, 0,850 + /-0,025 polegadas, 0,900 + /-0,025 polegadas, 0,900 + /-0,025 polegadas.

[00106] Em geral, é preferível transportar o material o mais rapidamente possível através do feixe de elétrons para maximizar a vazão. Por exemplo, o material pode ser transportado com taxas de pelo menos 1 pés/min, *por exemplo,* pelo menos 2 pés/min, pelo menos 3 pés/min, pelo menos 4 pés/min, pelo menos, 5 pés/min, pelo menos 10 pés/min, pelo menos 15 pés/min, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 pés/min. A taxa de transmissão está relacionada com a corrente de feixe, por exemplo, para uma biomassa de ¼ de polegada de espessura e 100 mA, o transportador pode mover em aproximadamente 20 pés/min para fornecer uma dose de irradiação útil, a 50 mA, o transportador pode mover em aproximadamente 10 pés/min para fornecer aproximadamente a mesma dose de irradiação.

[00107] Depois que o material de biomassa tiver sido transportado pela zona de radiação, o processamento de pós-tratamento opcional pode ser feito. O processamento de pós-tratamento opcional pode, por exemplo, ser um processo descrito em relação ao processamento de pré-irradiação. Por exemplo, a biomassa pode ser triada, aquecida, refrigerada, ou combinada com aditivos. Exclusivamente para pós-irradiação, retirada dos

radicais pode ocorrer, por exemplo, retirada de radicais pela adição de líquidos ou gases (*por exemplo*, oxigênio, óxido nitroso, amônia e/ou líquidos), usando pressão, calor, e/ou a adição de "sequestradores" de radicais. Por exemplo, a biomassa pode ser transportada para fora do transportador embutido e exposta a um gás *(por exemplo*, oxigênio) onde ela é arrefecida, formando grupos carboxilados. Em uma modalidade, a biomassa é exposta durante a irradiação ao gás reativo ou fluido. A têmpera da biomassa que tenha sido irradiada é descrita na Pat. US Nº. 8.083.906 para Medoff, cuja divulgação completa está incorporada por referência aqui.

[00108] Caso desejado, um ou mais tratamentos mecânicos podem ser usados além de irradiação para reduzir ainda mais a recalcitrância do material contendo carboidrato. Esses processos podem ser aplicados antes, durante ou após a irradiação.

[00109] Em alguns casos, o tratamento mecânico pode incluir uma preparação inicial de matéria-prima como recebida, *por exemplo,* redução de tamanho de materiais, tais como por cominação, *por exemplo,* corte, moagem, pulverização ou cisalhamento. Por exemplo, em alguns casos, matéria-prima solta (*por exemplo,* papel reciclado, materiais ricos em amido ou pasto) é preparada por cisalhamento ou trituração. Tratamento mecânico pode reduzir a densidade aparente do material contendo carboidrato, aumentar a área da superfície do material contendo carboidrato e/ou diminuir uma ou mais dimensões do material contendo carboidrato.

[00110] Alternativamente, ou adicionalmente, o material de matéria prima pode ser tratado com outro tratamento, por exemplo, tratamento químicos, como com um ácido (HCl, H_2SO_4, H_3PO_4), uma base (por exemplo, KOH e NaOH), um oxidante químico (por exemplo, peróxidos, cloratos e/ou ozônio), irradiação, explosão de vapor, pirolise, sonicação, oxidação, tratamento químico. O tratamento pode ser em qualquer ordem e qualquer sequência e combinações. Por exemplo, o material de matéria-

prima pode primeiro ser tratamento fisicamente por um ou mais métodos de tratamento, *por exemplo*, tratamento químico incluindo e em combinação com hidrólise ácida (por exemplo, utilizando HCl, H_2SO_4, H_3PO_4), a radiação, sonicação, oxidação, pirólise, explosão de vapor, e então tratado mecanicamente. Essa sequência pode ser vantajosa, desde que os materiais tratados por um ou mais dos outros tratamentos, *por exemplo*, irradiação ou pirólise, tendam a ser mais frágeis e, portanto, possam ser mais fáceis de alterar a estrutura do material por tratamento mecânico. Por exemplo, um material de matéria-prima pode ser transportado por radiação ionizante utilizando um transportador conforme descrito neste documento e em seguida, tratado mecanicamente. O tratamento químico pode remover algumas ou toda a lignina (por exemplo, polpa química) e pode hidrolisar parcial ou completamente o material. Os métodos também podem ser usados com material previamente hidrolisado. Os métodos também podem ser usados com material que não tenha sido pré-hidrolisado. Os métodos podem ser usados com misturas de materiais hidrolisados e não hidrolisados, por exemplo, com cerca de 50% ou mais de material não hidrolisado, com cerca de 60% ou mais de material não hidrolisado, com cerca de 70% ou mais de material não hidrolisado, com cerca de 80% ou mais de material não-hidrolisado ou até mesmo com 90% ou mais de material não-hidrolisado.

[00111] Além de redução do tamanho, o que pode ser realizado inicialmente e/ou mais tarde em processamento, o tratamento mecânico também pode ser vantajoso para a "abrir," "tensionar", quebrar ou destruir os materiais contendo carboidratos, tornando a celulose dos materiais mais suscetível à cisão de cadeia e/ou ruptura da estrutura cristalina durante o tratamento físico.

[00112] Métodos para tratar mecanicamente o material contendo carboidrato incluem, por exemplo, trituração ou moagem. A moagem pode ser realizada usando, por exemplo, um moinho de martelo, moinho de

esfera, moinho coloidal, moinho cônico ou de cone, moinho de disco, moinho chileno, moinho Wiley, moinho de cereais ou outro moinho. A moagem pode ser executada usando, por exemplo, um moedor de tipo de corte/impacto. Alguns moedores exemplares incluem trituradores de pedras, moedores de pino, moedores de café e moedores de broca. A trituração ou moagem pode ser fornecida, por exemplo, por um pino reciprocador ou outro elemento, como é o caso em um moinho de pino. Outros métodos de tratamento mecânico incluem a ruptura mecânica, outros métodos que aplicam pressão às fibras e trituração de atrito do ar. Tratamentos mecânicos apropriados incluem ainda qualquer outra técnica que continue o rompimento da estrutura interna do material que foi iniciado pelas etapas de processamento anteriores.

[00113] Sistemas de preparação de alimentação mecânica podem ser configurados para produzir fluxos com características específicas como, por exemplo, tamanhos máximos específicos, comprimento e largura específicos ou razões de áreas de superfície específicas. A preparação física pode aumentar a taxa de reações, melhorar a circulação de material em um transportador, melhorar o perfil de irradiação do material, melhorar a uniformidade da radiação do material ou reduzir o tempo de processamento necessário abrindo os materiais e tornando-os mais acessíveis para processos e/ou reagentes, tais como reagentes em uma solução.

[00114] A densidade a granel de matérias-primas pode ser controlada (*por exemplo,* aumentada). Em algumas situações, pode ser desejável preparar um material de densidade baixa, *por exemplo*, pelo adensamento do material (*por exemplo*, a densificação pode tornar mais fácil e menos dispendioso o transporte para outro lugar) e em seguida, reverter o material para um estado de densidade em massa mais baixa (*por exemplo*, depois de transporte). O material pode ser densificado, por exemplo, de menos de cerca de 0,2 g/cc, a mais de cerca de 0,9 g/cc (*por exemplo,* menos de cerca de 0,3 a mais de cerca de 0,5 g/cc, menos de

cerca de 0,3 a mais de cerca de 0,9 g/cc, menos de cerca de 0,5 a mais de cerca de 0,9 g/cc, menos de cerca de 0,3 a mais de cerca de 0,8 g/cc, menos de cerca de 0,2 a mais de cerca de 0,5 g/cc). Por exemplo, o material pode ser densificado pelos métodos e equipamentos divulgados na Pat. U.S. Nº. 7.932.065 para Medoff e Nº de publicação internacional WO 2008/073186 (que foi depositada em 26 de outubro de 2007, foi publicado em inglês, e que designou os Estados Unidos), cujas divulgações completas são incorporadas aqui por referência. Os materiais densificados podem ser processados por qualquer um dos métodos descritos neste documento, ou qualquer material processado por qualquer um dos métodos descritos neste documento pode ser posteriormente densificado.

[00115] Em algumas modalidades, o material a ser processado está na forma de um material fibroso que inclui fibras fornecidas por cisalhamento de uma fonte de fibra. Por exemplo, o cisalhamento pode ser realizado com um cortador rotativo.

[00116] Por exemplo, uma fonte de fibra, *por exemplo,* que é recalcitrante ou que teve seu nível de recalcitrância reduzido, pode ser cisalhada, *por exemplo*, em um cortador rotativo, para prover um primeiro material fibroso. O primeiro material fibroso é passado através de uma primeira tela, *por exemplo,* com uma média de abertura de 1,59 mm ou menos (1/16 polegadas, 0,0625 polegadas), fornece um segundo material fibroso. Se desejado, a fonte de fibra pode ser cortada antes do cisalhamento, *por exemplo*, com uma máquina trituradora. Por exemplo, quando um papel é usado como fonte de fibra, o papel pode ser primeiro cortado em tiras que tenham, *por exemplo,* 1/4 a 1/2 polegadas de largura, usando um triturador, *por exemplo,* um triturador de parafuso de contrarrotação, como os fabricados pela Munson (Utica, N.Y.). Como alternativa à trituração, o papel pode ser reduzido em tamanho cortando até um tamanho desejado usando um cortador de guilhotina. Por exemplo, o cortador de guilhotina pode ser usado para cortar o papel em folhas que

tenham, *por exemplo*, 10 polegadas de largura por 12 polegadas de comprimento.

[00117] Em algumas modalidades, o cisalhamento da fonte de fibra e a passagem do primeiro material fibroso resultante através de uma primeira tela são executados simultaneamente. O cisalhamento e a passagem também podem ser realizados em um processo tipo descontínuo.

[00118] Por exemplo, um cortador giratório pode ser usado para simultaneamente cisalhar a fonte de fibra e proteger o primeiro material fibroso. Um cortador rotativo de faca inclui um funil que pode ser carregado com uma fonte de fibra cisalhada preparada pela trituração de uma fonte de fibra.

[00119] Em algumas implementações, a matéria-prima é fisicamente tratada antes da sacarificação e/ou fermentação. Os processos de tratamento físico podem incluir um ou mais de qualquer um daqueles descritos neste documento, tais como tratamento mecânico, tratamento químico, irradiação, sonicação, oxidação, pirólise ou explosão a vapor. Os métodos de tratamento podem ser usados em combinações de dois, três, quatro ou mesmo todas estas tecnologias (em qualquer ordem). Quando mais de um método de tratamento for usado, os métodos podem ser aplicados simultaneamente ou em momentos diferentes. Outros processos que alteram a estrutura molecular da matéria-prima de biomassa também podem ser usados, sozinhos ou em combinação com os processos divulgados neste documento.

[00120] Tratamentos mecânicos que podem ser utilizados e as características dos materiais contendo carboidratos tratados mecanicamente, são descritos em maiores detalhes no Pedido de Pat. App. Pub. 2012/0100577 A1, depositado em 18 de outubro de 2011, cuja divulgação encontra-se incorporada neste documento à guisa de referência.

SONICAÇÃO, PIRÓLISE, OXIDAÇÃO, EXPLOSÃO A VAPOR

[00121] Caso desejado, um ou mais processos de sonicação, de

pirólise, oxidativos ou de explosão de vapor podem ser usados adicionalmente ou no lugar da irradiação para reduzir ou adicionalmente reduzir a recalcitrância do material contendo carboidrato. Por exemplo, esses processos podem ser aplicados antes, durante ou após a irradiação. Estes processos são descritos detalhadamente na Pat. US. Nº. 7.932.065 para Medoff, cuja divulgação completa está incorporada por referência neste documento.

INTERMEDIÁRIOS E PRODUTOS

[00122] Usando os processos descritos neste documento, o material de biomassa pode ser convertido em um ou mais produtos, tais como energia, combustíveis, alimentos e materiais. Por exemplo, produtos intermédios e produtos como ácidos orgânicos, sais de ácidos orgânicos, anidridos, ésteres de ácidos orgânicos e combustíveis, *por exemplo*, combustíveis para motores de combustão interna ou de matérias-primas para as células de combustível. Sistemas e processos são descritos neste documento que podem usar como matéria-prima materiais celulósicos e/ou lignocelulósicos prontamente disponíveis, mas muitas vezes podem ser difíceis de processar, *por exemplo*, fluxos de resíduos municipais e fluxos de resíduos de papel, tais como fluxos que incluem jornal, papel kraft, papel ondulado ou misturas destes.

[00123] Exemplos específicos de produtos incluem, mas não estão limitados a, hidrogênio, açúcares (por exemplo, glicose, xilose, arabinose, manose, galactose, frutose, dissacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos), álcoois (por exemplo, monoálcoois ou álcoois diídricos, tais como o etanol, n-propanol, isobutanol, sec-butanol, terc-butanol ou n-butanol), álcoois hidratados ou hídricos (por exemplo, que contém mais que 10%, 20%, 30% ou até mesmo mais do que 40% de água), biodiesel, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos (por exemplo, metano, etano, propano, isobuteno, pentano, hexano, biodiesel, bio-gasolina e suas misturas), co-produtos (por exemplo, de, proteínas, tais como proteínas celulóticas

(enzimas) ou proteínas de célula única) e as misturas de qualquer um desses em qualquer combinação ou concentração relativa e, opcionalmente, em combinação com quaisquer aditivos (por exemplo, aditivos de combustível). Outros exemplos incluem ácidos carboxílicos, sais de um ácido carboxílico, uma mistura de ácidos carboxílicos e sais de ácidos carboxílicos e ésteres de ácidos carboxílicos (*por exemplo,* ésteres metil, etil e n-propil), cetonas (*por exemplo,* acetona), aldeídos (*por exemplo,* acetaldeído), ácidos alfa e beta insaturados (*por exemplo,* ácido acrílico) e olefinas (*por exemplo,* etileno). Outros álcoois e derivados de álcool incluem propanol, propileno glicol, 1,4-butanodiol, 1,3-propanodiol, álcoois de açúcar e polióis (*por exemplo,* glicol, glicerol, eritritol, treitol, arabitol, xilitol, ribitol, manitol, sorbitol, galactitol, iditol, inositol, volemitol, isomalte, maltitol, lactitol, maltotriitol, maltotetraitol e poliglicitol e outros polióis) e ésteres metil ou etil de qualquer um destes álcoois. Outros produtos incluem acrilato de metila, metilmetacrilato, ácido D-lático, ácido L-lático, ácido pirúvico, ácido poli-lático, ácido cítrico, ácido fórmico, ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico, ácido succínico, ácido valérico, ácido caproico, ácido 3-hidroxipropiônico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oxálico, ácido malônico, ácido glutárico, ácido oleico, ácido linoleico, ácido glicólico, ácido gama-hidroxibutírico e suas misturas, sais de qualquer destes ácidos, misturas de qualquer dos ácidos e seus respectivos sais.

[00124] Qualquer combinação dos produtos acima uns com os outros, e/ou dos produtos acima com outros produtos, cujos outros produtos podem ser feitos pelos processos descritos neste documento ou caso contrário, pode ser embalada juntos e vendida como produtos. Os produtos podem ser combinados, *por exemplo*, misturados ou co-dissolvidos, ou podem simplesmente ser embalados ou vendido juntos.

[00125] Qualquer um dos produtos ou combinações de produtos aqui descritos podem ser higienizadas ou esterilizadas antes da venda dos produtos, *por exemplo*, depois da purificação ou isolamento ou mesmo

após acondicionamento, para neutralizar um ou mais contaminantes potencialmente indesejáveis que podem estar presentes nos produtos. Tal saneamento pode ser feito com o bombardeamento de elétrons, por exemplo, ser a uma dosagem de menos de aproximadamente 20 Mrad, *por exemplo*, de aproximadamente 0,1 a 15 Mrad, de aproximadamente 0,5 a 7 Mrad, ou de aproximadamente 1 a 3 Mrad.

[00126] Os processos descritos neste documento podem produzir vários fluxos de subproduto úteis para gerar vapor e energia elétrica para serem usados em outras partes da usina (co-geração) ou vendidos no mercado livre. Por exemplo, o vapor gerado da queima de correntes de subproduto pode ser usado em um processo de destilação. Como outro exemplo, a eletricidade gerada da queima de fluxos de subproduto pode ser usada para alimentar geradores de feixe de elétron utilizados no pré-tratamento.

[00127] Os subprodutos utilizados para gerar vapor e energia elétrica são derivados de uma série de fontes em todo o processo. Por exemplo, a digestão anaeróbica das águas residuais pode produzir um biogás de alto teor de metano e uma pequena quantidade de biomassa residual (lodo). Como outro exemplo, sólidos pós-sacarificação e/ou pós-destilados (*por exemplo,* lignina não convertida, celulose e hemicelulose remanescentes de processos de pré-tratamento e primários) podem ser usados, *por exemplo,* queimados, como um combustível.

[00128] Outros intermediários e produtos, incluindo alimentos e produtos farmacêuticos, são descritos no Pedido de Pat. App. Pub. 2010/0124583 A1, publicado em 20 de maio de 2010, cuja divulgação completa está incorporada por referência aqui.

PRODUTOS DERIVADOS DE LIGNINA

[00129] Espera-se que a biomassa irradiada (por exemplo, material lignocelulósico gasto) do processamento lignocelulósico pelos métodos descritos tenha um conteúdo elevado de lignina e, além de ser útil para a

produção de energia através de combustão em uma usina de cogeração, possa ter usos como outros produtos valiosos. Por exemplo, a lignina pode ser usada como capturada como um plástico, ou pode ser sinteticamente melhorada para outros plásticos. Em alguns casos, esta também pode ser convertida em lignossulfonatos, que podem ser utilizados como ligantes, dispersantes, emulsificantes ou como sequestrantes.

[00130] Quando usado como um ligante, a lignina ou um lignossulfonato pode, por exemplo, ser utilizado em briquetes de carvão, em cerâmica, para ligação de negro de fumo, para ligação de fertilizantes e herbicidas, como um supressor de poeira, na fabricação de placa de madeira compensada e de aglomerados de partículas, para ligação de rações animais, como um ligante para fibra de vidro, como um ligante na pasta de linóleo e como um estabilizante de solo.

[00131] Quando usado como um dispersante, a lignina ou lignossulfonatos podem ser usados, por exemplo, em misturas de concreto, argila e cerâmica, corantes e pigmentos, curtimento de couro e na placa de reboco.

[00132] Quando usado como um emulsificante, a lignina ou lignossulfonatos podem ser usados, por exemplo, em emulsões de asfalto, pigmentos e corantes, pesticidas e cera.

[00133] Como um sequestrante, a lignina ou lignossulfonatos podem ser usados, por exemplo, em sistemas de micronutrientes, compostos de limpeza e sistemas de tratamento de água, por exemplo, para sistemas de caldeira e resfriamento.

[00134] Para a produção de energia, a lignina geralmente tem um teor de energia mais alto do que a holocelulose (celulose e hemicelulose), uma vez que esta contém mais carbono do que homocelulose. Por exemplo, a lignina seca pode ter um teor de energia dentre cerca de 11.000 e 12.500 BTU por libra, em comparação com 7.000 a 8.000 BTU por libra de holocelulose. Como tal, a lignina pode ser densificada e convertida em

briquetes e péletes para queima. Por exemplo, a lignina pode ser convertida em péletes por qualquer método descrito neste documento. Para um pélete ou briquete de queima mais lenta, a lignina pode ser reticulada, tal como a aplicação de uma dose de radiação de entre cerca de 0,5 Mrad e 5 Mrad. A reticulação pode se tornar um fator de forma de queima mais lenta. O fator de forma, tal como um pélete ou briquete, pode ser convertido em um "carvão sintético" ou carvão por pirólise na ausência de ar, por exemplo, entre 400 e 950 °C. Antes da pirólise, pode ser desejável reticular a lignina para manter a integridade estrutural.

SACARIFICAÇÃO

[00135] A fim de converter a matéria-prima para uma forma que pode ser facilmente processada, a celulose contento glucana ou xilana na matéria-prima pode ser hidrolisada a carboidratos de baixo peso molecular, tais como açúcares, por um agente de sacarificação, *por exemplo*, uma enzima ou ácido, um processo conhecido como sacarificação. Os carboidratos de baixo peso molecular podem ser usados, por exemplo, em uma planta de fabricação existente, como uma planta de proteína de célula única, uma planta de fabricação de enzima ou uma planta de combustível, *por exemplo*, uma instalação de fabricação de etanol.

[00136] A matéria-prima pode ser hidrolisada usando uma enzima, *por exemplo*, combinando os materiais e a enzima em um solvente, *por exemplo*, em solução aquosa.

[00137] Como alternativa, as enzimas podem ser fornecidas por organismos que quebram a biomassa, como a celulose e/ou as porções de lignina da biomassa, contêm ou fabricam várias enzimas celulóticas (celulases), ligninases ou vários metabólitos degradantes de biomassa de molécula pequena. Estas enzimas podem ser um complexo de enzimas que atuam sinergicamente para degradar celulose cristalina ou as porções de lignina de biomassa. Exemplos de enzimas celulóticas: endoglucanases, celobiohidrolases e celobiases (beta-glucosidases).

[00138] Durante a sacarificação um substrato celulósico pode ser inicialmente hidrolisado por endoglucanases em locais aleatórios, produzindo intermediários oligoméricos. Esses intermediários são então substratos para glucanases exo - divisoras tais como a celobiohidrolase para produzir celobiose das extremidades do polímero de celulose. Celobiose é um dímero com as ligações 1,4 hidrossolúvel de glicose. Finalmente, celobiase cliva celobiose para produzir glicose. A eficiência (*por exemplo,* tempo para hidrolisar e/ou completude de hidrólise) desse processo varia de acordo com a recalcitrância do material celulósico.

[00139] Desta forma, os materiais de biomassa tratados podem ser sacarificados, geralmente combinando-se o material e uma enzima celulase em um meio fluído, *por exemplo*, uma solução aquosa. Em alguns casos, o material é fervido, mergulhado ou cozinhado em água quente antes de sacarificação, conforme descrito em U.S. Pat. App. Pub. 2012/0100577 A1 por Medoff e Masterman, depositado em 26 de abril de 2012, cujo inteiro conteúdo é incorporado aqui por referência.

[00140] O processo de sacarificação pode ser parcial ou completamente realizado em um tanque (, *por exemplo,* um tanque com um volume de pelo menos 4000, 40.000, ou 500.000 L) em uma planta de fabricação, e/ou pode ser parcial ou completamente realizado em trânsito, *por exemplo*, em um vagão, caminhão-tanque, ou um super petroleiro ou porão de um navio. O tempo necessário para sacarificação completa dependerá das condições de processo e o material contendo carboidrato e enzima usados. Se a sacarificação for realizada em uma planta de fabricação sob condições controladas, a celulose pode ser substancial e inteiramente convertida em açúcar, *por exemplo* glicose em aproximadamente 12-96 horas. Se a sacarificação for executada parcialmente ou completamente em trânsito, a sacarificação pode demorar mais.

[00141] Geralmente prefere-se que o conteúdo do tanque seja

misturado durante a sacarificação, *por exemplo*, usando jato de mistura conforme descrito no Pedido Internacional N. º PCT/US2010/035331, depositado em 18 de maio de 2010, que foi publicado em inglês como WO 2010/135380 e designado dos Estados Unidos, cuja divulgação completa é incorporada por referência neste documento.

[00142] A adição de surfactantes pode aumentar a taxa de sacarificação. Exemplos de surfactantes incluem surfactantes não-iônicos, tais como surfactantes polietilenoglicol Tween® 20 ou Tween® 80, surfactantes iônicos ou surfactantes anfotéricos.

[00143] Geralmente prefere-se que a concentração da solução de açúcar resultante da sacarificação seja relativamente alta, *por exemplo*, superior a 40%, ou superior a 50, 60, 70, 80, 90 ou até mesmo superior a 95% por peso. Água pode ser removida, *por exemplo*, através de evaporação, para aumentar a concentração da solução de açúcar. Isso reduz o volume a ser enviado e também inibe o crescimento microbiano na solução.

[00144] Alternativamente, soluções de açúcar de baixa concentração podem ser utilizadas, caso em que pode ser desejável adicionar um aditivo antimicrobiano, *por exemplo*, um antibiótico de amplo espectro, em uma concentração baixa, *por exemplo*, 50 a 150 ppm. Outros antibióticos adequados incluem a anfotericina B, ampicilina, cloranfenicol, ciprofloxacina, gentamicina, higromicina B, canamicina, neomicina, penicilina, puromicina, estreptomicina. Antibióticos inibem o crescimento de microorganismos durante o transporte e armazenamento e podem ser usados em concentrações adequadas, *por exemplo,* entre 15 e 1000 ppm por peso, *por exemplo,* entre 25 e 500 ppm ou entre 50 e 150 ppm. Se desejado, um antibiótico pode ser incluído, mesmo que a concentração de açúcar seja relativamente elevada. Alternativamente, outros aditivos com antimicrobiana de propriedades conservantes podem ser utilizados. De preferência o(s) aditivo(s) antimicrobiano(s) são de grau alimentício.

[00145] Uma solução de concentração relativamente alta pode ser obtida limitando a quantidade de água adicionada ao material de biomassa com a enzima. A concentração pode ser controlada, *por exemplo*, controlando quanta sacarificação ocorre. Por exemplo, a concentração pode ser aumentada pela adição de mais material contendo carboidrato para a solução. A fim de manter o açúcar que está sendo produzido em solução, um surfactante pode ser adicionado, *por exemplo*, um daqueles discutidos acima. Solubilidade também pode ser aumentada pelo aumento da temperatura da solução. Por exemplo, a solução pode ser mantida a uma temperatura de 40-50 °C, 60-80 °C, ou ainda maior.

AGENTES DE SACARIFICAÇÃO

[00146] Enzimas celulóticas adequdas incluem celulases de espécies nos gêneros *Bacillus*, *Coprinus*, *Myceliophthora*, *Cephalosporium*, *Scytalidium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Pseudomonas*, *Humicola*, *Fusarium*, *Thielavia*, *Acremonium*, *Chrysosporium* e *Trichoderma*, especialmente aquelas produzidas por uma cepa selecionada a partir da espécie *Aspergillus* (veja, por exemplo, *por exemplo*, EP Pub. No. 0 458 162), *Humicola insolens* (reclassificada como *Scytalidium thermophilum*, veja, *por exemplo*,Patente U.S. Nº. 4.435.307), *Coprinus cinereus*, *Fusarium oxysporum*, *Myceliophthora thermophila*, *Meripilus giganteus*, *Thielavia terrestris*, *Acremonium sp.* (incluindo, mas não limitado a, *A. persicinum*, *A. acremonium*, *A. brachypenium*, *A.dichromosporum*, *A. obclavatum*, *A. pinkertoniae*, *A. roseogriseum*, *A.incoloratum*, and *A. furatum*). Cepas preferenciais incluem *Humicola insolens* DSM 1800, *Fusarium oxysporum* DSM 2672, *Myceliophthora thermophila* CBS 117.65, *Cephalosporium sp.* RYM-202, *Acremonium sp.* CBS 478.94, *Acremonium sp.* CBS 265.95, *Acremonium persicinum* CBS 169.65, *Acremonium acremonium* AHU 9519, *Cephalosporium sp.* 535.71 CBS, *Acremonium brachypenium* CBS 866.73, *Acremonium dichromosporum* CBS 683.73, *Acremonium obclavatum* CBS 311.74, *Acremonium pinkertoniae* CBS 157.70, *Acremoniumroseogriseum*

CBS 134.56, *Acremonium incoloratum* CBS 146.62, and *Acremonium furatum* CBS 299.70H. Enzimas celulóticas também podem ser obtidas de *Chrysosporium*, de preferência uma cepa de *Chrysosporium lucknowense*. Cepas adicionais que podem ser usadas incluem, mas não se limitando a, *Trichoderma* (particularly *T. viride*, *T. reesei*, e *T. koningii*), alkalophilic *Bacillus* (ver, por exemplo, Pat.U.S. Nº. 3.844.890 e EP Pub. Nº. 0 458 162) e *Streptomyces* (veja, *por exemplo*, EP Pub. Nº 0 458 162).

[00147] Em acréscimo a ou combinando com enzimas, ácidos, bases e outros produtos químicos (por exemplo, oxidantes), podem ser utilizadas para sacarificar materiais celulósicos ou lignocelulósicos. Estas podem ser usadas em qualquer combinação ou sequência (por exemplo, antes, após e/ou durante a adição de uma enzima). Por exemplo, os ácidos minerais fortes podem ser utilizados (por exemplo, HCl, H_2SO_4, H_3PO_4) e bases fortes (por exemplo, NaOH, KOH).

AÇÚCARES

[00148] Nos processos descritos neste documento, por exemplo após sacarificação, açúcares (*por exemplo,* glicose e xilose) podem ser isolados. Por exemplo, açúcares podem ser isolados por precipitação, cristalização, cromatografia (*por exemplo,* cromatografia de leito móvel simulado conforme descrito neste documento, cromatografia de alta pressão), centrifugação, extração, qualquer outro método de isolamento conhecido na técnica e suas combinações.

HIDROGENAÇÃO E TRANSFORMAÇÕES DE OUTROS PRODUTOS QUÍMICOS

[00149] Os processos descritos neste documento podem incluir hidrogenação. Por exemplo, glicose e xilose podem ser hidrogenados para sorbitol e xilitol, respectivamente. Hidrogenação pode ser realizada pelo uso de um catalisador (*por exemplo,* Pt/gamma-Al_2O_3, Ru/C,Raney Nickel ou outros catalisadores conhecidos na técnica) em combinação com H_2 sob alta pressão (*por exemplo*, 10 a 12000 psi). Outros tipos de transformação

química dos produtos a partir dos processos descritos neste documento podem ser usados, por exemplo, produção de produtos derivados de açúcar orgânico (*por exemplo,* furfural e derivados do furfural). As transformações químicas dos produtos derivados de açúcar são descritas em USSN 13/934.704, depositada a 3 de julho de 2013, cuja divulgação encontra-se incorporada a este documento, à guisa de referência, em sua totalidade.

FERMENTAÇÃO

[00150] Levedura e bactérias *Zymomonas*por exemplo podem ser usadas para fermentação ou conversão de açúcar em álcool(ois). Outros microrganismos são discutidos abaixo. O pH ideal para a fermentação é em torno de pH 4 a 7. Por exemplo, o pH ideal para a levedura é em torno de pH 4 a 5, enquanto o pH ideal para *Zymomonas* em torno de pH 5 a 6. Tempos de fermentação típicos são cerca de 24 a 168 horas (*por exemplo,* 24 a 96 horas) com temperaturas na faixa de 20°C a 40° (*por exemplo*, 26°C a 40°C), no entanto, micro-organismos termofílicos preferem temperaturas mais altas.

[00151] Em algumas modalidades, *por exemplo*, quando são utilizados organismos anaeróbicos, pelo menos uma parte da fermentação é conduzida na ausência de oxigênio, *por exemplo*, sob um manto de um gás inerte como N_2, Ar, CO_2 ou suas misturas. Além disso, a mistura pode ter uma purga constante de um gás inerte a fluir através do tanque durante parte de ou toda a fermentação. Em alguns casos, condições anaeróbicas podem ser atingidas ou mantidas pela produção de dióxido de carbono durante a fermentação e nenhum gás inerte adicional é necessário.

[00152] Em algumas modalidades, todo ou uma parte do processo de fermentação pode ser interrompida antes que o açúcar de baixo peso molecular seja completamente convertido em um produto (*por exemplo*, etanol). Os produtos de fermentação intermediária incluem açúcar e carboidratos em altas concentrações. Os açúcares e os carboidratos podem

ser isolados através de qualquer meio conhecido na técnica. Estes produtos intermediários de fermentação podem ser usados na preparação de alimentos para consumo humano ou animal. Além disso ou, alternativamente, os produtos intermediários de fermentação podem ser moídos até o tamanho de partículas finas. Em um moinho de laboratório de aço inoxidável, para produzir uma substância farinácea. Mistura a jato pode ser utilizada durante a fermentação, e em alguns casos a sacarificação e fermentação são executadas no mesmo tanque.

[00153] Nutrientes para os microrganismos podem ser adicionados durante a sacarificação e/ou fermentação, por exemplo, os pacotes de nutrientes de base alimentar descritos no Pedido de Patente App. Pub. Nº2012/0052536, depositado a 15 de julho de 2011, cuja divulgação completa é incorporada por referência aqui.

[00154] "Fermentação" inclui os métodos e produtos que são divulgados nos pedidos Nºs. PCT/US2012/71093 publicado em 27 de junho de 2013, PCT/US2012/71907 publicado em 27 de junho de 2012, e PCT/US2012/71083 publicado em 27 de junho, 2012, cujo conteúdo é incorporado por referência neste documento em sua totalidade.

[00155] Fermentadores móveis podem ser utilizados, conforme descritos no Pedido Internacional No. PCT/US2007/074028 (que foi depositado a 20 de julho de 2007, foi publicado em inglês como WO 2008/011598 e designou os Estados Unidos) e tem uma patente US emitida No. 8.318.453, cujos conteúdos são incorporados aqui em sua totalidade. De forma similar, o equipamento de sacarificação pode ser móvel. Além disso, sacarificação e/ou fermentação podem ser realizadas em parte ou totalmente durante o trânsito.

AGENTES DE FERMENTAÇÃO

[00156] O(s) microrganismo(s) usado(s) na fermentação podem ser microrganismos de ocorrência natural e/ou microrganismos fabricados. Por exemplo, o microrganismo pode ser uma bactéria (incluindo, mas não

limitado a, *por exemplo*, uma bactéria celulótica), um fungo, (incluindo, mas não limitado a, por exemplo, uma levedura), uma planta, uma Protista, por exemplo, um protozoário ou um fungo (incluindo, mas não limitado a, *por exemplo,* um amebóide) ou uma alga. Quando os organismos são compatíveis, misturas de organismos podem ser utilizadas.

[00157] A fermentação adequada de microrganismos tem a capacidade de converter os carboidratos, como glicose, frutose, xilose, arabinose, manose, galactose, oligossacarídeos ou polissacarídeos em produtos de fermentação. Fermentação de microrganismos incluem cepas de gênero *Saccharomyces spp.* (incluindo, mas não se limitando a, de *S. cerevisiae* (levedura de pão), *S. distaticus*, *S. uvarum*), o gênero *Kluyveromyces*, (incluindo, mas não limitado a, *K. marxianus*, *K. fragilis*), o gênero *Candida* (incluindo, mas não limitado a, *C. pseudotropicalis*, e *C. brassicae*), *Pichia stipitis* (um relativo a *Candida shehatae*), o gênero *Clavispora* (incluindo, mas não limitado a, *C. lusitaniae* e *C. opuntiae*), o gênero *Pachysolen* (incluindo, mas não limitado a, *P. tannophilus*), o gênero *Bretannomyces* (incluindo, mas não limitado a, *por exemplo*, *B. clausenii* (Philippidis, G. P., 1996, Cellulose bioconversion technology, in Handbook on Bioethanol: Production and Utilization, Wyman, C.E., ed., Taylor & Francis, Washington, DC, 179-212). Outros microrganismos apropriados incluem, por exemplo, *Zymomonas mobilis, Clostridium spp.* (incluindo, mas não se limitando a, *C. thermocellum* (Philippidis, 1996, *supra*), *C. saccharobutylacetonicum*, *C. tyrobutyricum C. saccharobutylicum*, *C. Puniceum*, *C. beijernckii*, and *C. acetobutylicum*), *Moniliella spp. (incluindo mas não limitado a M. pollinis,M. tomentosa, M. madida, M. nigrescens, M. oedocephali, M. megachiliensis)*, *Yarrowia lipolytica*, *Aureobasidium sp., Trichosporonoides sp., Trigonopsis variabilis, Trichosporon sp., Moniliellaacetoabutans sp.*, *Typhula variabilis*, *Candida magnoliae*, *Ustilaginomycetes sp., Pseudozyma tsukubaensis*, yeast species of genera *Zygosaccharomyces, Debaryomyces, Hansenula and Pichia*, and fungi of

the dematioid genus *Torula (por exemplo, T. corallina)*.

[00158] Microrganismos adicionais incluem o grupo Lactobacillus. Os exemplos incluem, *Lactobacillus casei, Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus coryniformis*, por exemplo, *Lactobacillus coryniformis subespécie torquens, Lactobacillus pentosus, Lactobacillus brevis*. Outros microorganismos incluem, *Pediococus penosaceus, Rhizopus oryzae*.

[00159] Vários organismos, como bactérias, leveduras e fungos, podem ser utilizados para fermentar produtos derivados de biomassa, tais como açúcares e álcoois, para, por exemplo, ácido sucínico. Por exemplo, organismos podem ser selecionados dentre; *Actinobacillus succinogenes, Anaerobiospirillum succiniciproducens, Mannheimia succiniciproducens, Ruminococcus flaverfaciens, Ruminococcus albus, Fibrobacter succinogenes, Bacteroides fragilis, Bacteroides ruminicola, Bacteroides amylophilus,Bacteriodes succinogenes, Mannheimia succiniciproducens, Corynebacterium glutamicum, Aspergillus niger, Aspergillus fumigatus, Byssochlamys nivea, Lentinus degener, Paecilomyces varioti, Penicillium viniferum, Saccharomyces cerevisiae, Enterococcus faecali, Prevotella ruminicolas, Debaryomyces hansenii, Candida catenulata* VKM Y-5, *C. mycoderma* VKM Y-240, *C. rugosa* VKM Y-67, *C. paludigena* VKM Y-2443, *C. utilis* VKM Y-74, *C. utilis* 766, *C. zeylanoides* VKM Y-6, *C. zeylanoides* VKM Y-14, *C. zeylanoides* VKM Y-2324, *C. zeylanoides* VKM Y-1543, *C. zeylanoides* VKM Y-2595, *C. valida* VKM Y-934, *Kluyveromyces wickerhamii* VKM Y-589, *Pichia anomala* VKM Y-118, *P. besseyi* VKM Y-2084, *P. media* VKM Y-1381, *P. guilliermondii* H-P-4, *P. guilliermondii* 916, *P. inositovora* VKM Y-2494, *Saccharomyces cerevisiae* VKM Y-381, *Torulopsis candida* 127, *T. candida* 420, *Yarrowia lipolytica* 12a, *Y. lipolytica* VKM Y-47, *Y. lipolytica* 69, *Y. lipolytica* VKM Y-57, *Y. lipolytica* 212, *Y. lipolytica* 374/4, *Y. lipolytica* 585, *Y. lipolytica* 695, *Y. lipolytica* 704, e misturas destes organismos.

[00160] Muitas dessas cepas microbianas estão publicamente disponíveis, tanto comercialmente como através de depositários, como o ATCC (American Type Culture Collection, Manassas, Virgínia, EUA), o NRRL (Agricultural Research Sevice Culture Collection, Peoria, Illinois, EUA) ou o DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Braunschweig, Alemanha), para citar alguns.

[00161] Leveduras comercialmente disponíveis incluem, por exemplo, RED STAR®/Lesaffre Ethanol Red (disponível a partir de RedStar/Lesaffre, EUA), FALI® (disponível a partir de Fleischmann's Yeast, uma divisão da Burns Philip Food Inc.,EUA), SUPERSTART® (disponível a partir de Alltech, agora Lalemand), GERT STRAND® (disponível a partir de Gert Strand AB, Suécia) e FERMOL® (disponível a partir de DSM Specialties)

DESTILAÇÃO

[00162] Após a fermentação, o líquido resultante pode ser destilado usando, por exemplo, uma "coluna de cerveja" para separar etanol e outros álcoois da maioria de água e resíduos sólidos. O vapor saindo da coluna de cerveja pode ser, por exemplo 35% por peso de etanol e pode ser alimentado a uma coluna de retificação. Uma mistura de etanol quase azeotrópico (92,5%) e água da coluna de retificação pode ser purificada para etanol puro (99,5%) usando peneiras moleculares de fase de vapor. As partes inferiores da coluna de cerveja podem ser enviadas para o primeiro efeito de um evaporador de três efeitos. O condensador de refluxo da coluna de retificação pode fornecer calor para este primeiro efeito. Após o primeiro efeito, os sólidos podem ser separados usando uma centrífuga e secos em um secador rotativo. Uma parte (25%) do efluente da centrífuga pode ser reciclada para a fermentação e o resto, enviado para os segundo e terceiro efeitos do evaporador. A maior parte do condensado do evaporador pode ser retornada ao processo como condensado razoavelmente limpo, com uma pequena porção separada para tratamento de água residual para prevenir a acumulação de compostos de baixo ponto

de ebulição.

MATERIAIS CONTENDO HIDROCARBONETOS

[00163] Em outras modalidades que utilizam os métodos e sistemas descritos neste documento, materiais que contêm hidrocarbono, por exemplo, que se encontrem misturados à biomassa, podem ser processados. Todo processo aqui descrito pode ser usado no tratamento de todos os materiais contendo hidrocarbonetos aqui descritos. "Materiais contendo hidrocarbonetos", conforme empregado aqui, deve incluir areias petrolíferas, xisto betuminoso, areias asfálticas, pó de carvão, carvão em suspensão, betume, vários tipos de carvão e outros materiais naturais e sintéticos que incluem componentes do hidrocarboneto e matéria sólida. A matéria sólida pode incluir madeira, rocha, areia, argila, pedra, limo, lama de perfuração, ou demais materiais sólidos orgânicos ou inorgânicos. O termo pode também incluir produtos residuais tais como resíduos e subprodutos de perfuração, resíduos e subprodutos de refinaria, ou outros resíduos e subprodutos contendo componentes de hidrocarboneto, tais como cascalho e lajes de asfalto, pavimentos de asfalto, etc.

SISTEMAS DE TRANSPORTE

[00164] Diversos sistemas de transporte, podem ser usados para transportar material de biomassa, por exemplo, como discutido previamente, para uma câmara e sob um feixe de elétrons em uma câmara. Transportadores exemplares são os transportadores de correia, transportadores pneumáticos, transportadores de parafuso, carros, trens, trens ou carrinhos sobre trilhos, elevadores, carregadoras frontais, retroescavadeiras, guindastes, vários raspadores e pás, caminhões, e jogar os dispositivos pode ser usado. Por exemplo, transportadores vibratórios podem ser usados em vários processos descritos neste documento, por exemplo, conforme divulgado neste documento. Transportadores vibratórios são descritos no PCT/US2013/64289 depositado em 10 de outubro de 2013, cuja a divulgação completa é incorporada por referência neste

documento.

[00165] Transportadores vibratórios são particularmente úteis para distribuir o material e produzir uma camada uniforme na superfície de cocho do transportador. Por exemplo, a matéria-prima inicial pode formar uma pilha de material que pode ter uma altura de pelo menos quatro pés (por exemplo, pelo menos cerca de 3 pés, pelo menos cerca de 2 pés, pelo menos cerca de 1 pé, pelo menos cerca de 6 polegadas, pelo menos cerca de 5 polegadas, pelo menos cerca de, 4 polegadas, pelo menos cerca de 3 polegadas, pelo menos cerca de 2 polegadas, pelo menos cerca de 1 polegada, pelo menos cerca de ½ polegada) e abrange menos que a largura do transportador (por exemplo, menos que cerca de 10%, menos que cerca de 20%, menos que cerca de 30%, menos que cerca de 40%, menos que cerca de 50%, menos que cerca de 60%, menos que cerca de 70%, menos que cerca de 80%, menos que cerca de 90%, menos que cerca de 95%, menos que cerca de 99%). O transportador vibratório pode distribuir o material para abranger toda a largura do cocho transportador e ter uma espessura uniforme, preferencialmente como discutido acima. Em alguns casos, um método de distribuição adicional pode ser útil. Por exemplo, um distribuidor, como um distribuidor de difusão, ou distribuidor de gota (por exemplo, CHRISTY SPREADER™) ou combinações dos mesmos podem ser usados para despejar (por exemplo, colocar, derramar e/ou polvilhar) a matéria-prima ao longo de uma vasta área. Opcionalmente, o difusor pode entregar a biomassa como um chuveiro largo ou cortina em um transportador vibratório. Adicionalmente, um segundo transportador, a montante do primeiro transportador (por exemplo, o primeiro transportador é usado na irradiação da matéria-prima), pode depositar biomassa no primeiro transportador, onde o segundo transportador pode ter uma largura transversal à direção do transportador menor que o do primeiro transportador. Em particular, quando o segundo transportador é um transportador vibratório, a matéria-prima é distribuída pela ação do segundo

e primeiro transportador. Em algumas modalidades, o segundo transportador termina em uma descarga viés de corte transversal (por exemplo, um viés de corte com uma razão de 4:1), de forma que o material pode ser depositado como uma cortina larga (por exemplo, mais larga do que a largura do segundo transportador) no primeiro transportador A área de queda inicial da biomassa pelo distribuidor (por exemplo, distribuidor de difusão, distribuidor de gota, transportador, ou transportador vibratório em forma de cruz) pode se estender ao longo de toda a largura do primeiro transportador vibratório, ou pode se estender por parte desta largura. Uma vez solto sobre o transportador, o material é distribuído ainda mais uniformemente pelas vibrações do transportador para que, preferencialmente, a largura total do transportador seja coberta com uma camada uniforme de biomassa. Em algumas modalidades, combinações de distribuidores podem ser usadas. Alguns métodos para distribuir a matéria prima são descritos na Patente Nº US 7.153.533, depositada em 23 de julho de 2002, e publicada em 26 de dezembro de 2006, cuja divulgação inteira da mesma é incorporada neste documento por referência.

[00166] Em geral, é preferencial transportar o material o mais rapidamente possível através do feixe de elétrons para maximizar a vazão. Por exemplo, o material pode ser transportado a taxas de pelo menos 1 ft/min, por exemplo, pelo menos 2 ft/min, pelo menos 3 ft/min, pelo menos 4 ft/min, pelo menos 5 ft/min, pelo menos 10 ft/min, pelo menos 15 ft/min, pelo menos 20 ft/min, pelo menos 25 ft/min, pelo menos 30 ft/min, pelo menos 40 ft/min, pelo menos 50 ft/min, pelo menos 60 ft/min, pelo menos 70 ft/min, pelo menos 80 ft/min, pelo menos 90 ft/min. A taxa da transportadora é relacionada a corrente do feixe e a dose de irradiação alvo, por exemplo, para uma espessura de distribuição de biomassa de ¼ de polegada ao longo de uma transportadora com uma largura de 5,5 pés e 100 mA, o transportador pode se mover a cerca de 20 ft/min para fornecer uma dosagem de irradiação útil (por exemplo, cerca de 10Mrad para uma

única passagem), a 50 Ma o transportador pode ser mover a cerca de 10 ft/min para fornecer aproximadamente a mesma dosagem de irradiação.

[00167] A taxa no qual o material pode ser transportado depende do formato e da massa do material sendo transportado, e do tratamento desejado. Os materiais de fluxo, por exemplo, materiais de partículas, são particularmente propícios para o transporte em transportadores vibratórios. As velocidades de transporte podem ser, por exemplo, pelo menos 100 lb/hr (por exemplo, pelo menos 500 lb/hr, pelo menos 1000 lb/hr, pelo menos 2000 lb/hr, pelo menos 3000 lb/hr, pelo menos 4000 lb/hr, pelo menos 5000 lb/hr, pelo menos 10,000 lb/hr, pelo menos 15, 000 lb/hr, ou até pelo menos 25,000 lb/hr). Algumas velocidades de transporte típicas podem ser entre cerca de 1000 e 10.000 lb/hr, (por exemplo, entre cerca de 1000 lb/hr e 8000 lb/hr, entre cerca de 2000 e 7000 lb/hr, entre cerca de 2000 e 6000 lb/hr, entre cerca de 2000 e 5000 lb/hr, entre cerca de 2000 e 4500 lb/hr, entre cerca de 1500 e 5000 lb/hr, entre cerca de 3000 e 7000 lb/hr, entre cerca de 3000 e 6000 lb/hr, entre cerca de 4000 e 6000 lb/hr e entre cerca de 4000 e 5000 lb/hr). Velocidades típicas de transporte dependem da densidade do material. Por exemplo, para uma biomassa com uma densidade de cerca de 35 lb/ft3, e uma velocidade de transporte de cerca de 5000 lb/hr, o material é transportado a uma taxa de cerca de 143 ft3/hr, se o material for de ¼" de espessura e estiver em uma calha de 5,5 ft de largura, o material é transportado a uma taxa de cerca de 1250 ft/hr (cerca de 21 ft/min). Taxas de transporte de material podem, portanto, variar muito. De preferência, por exemplo, ¼" espessa camada de biomassa, é transmitida a uma velocidade de entre cerca de cerca de 5 e 100 pés/min (por exemplo, entre cerca de 5 e 100 pés/min, entre cerca de 6 e 100 pés/min, entre cerca de 7 e 100 pés/min, entre cerca de 8 e 100 pés/min, entre cerca de 9 e 100 pés/min, entre cerca de 10 e 100 pés/min, entre cerca de 11 e 100 pés/min, entre cerca de 12 e 100 pés/min, entre cerca de 13 e 100 pés/min, entre cerca de 14 e 100 pés/min, entre cerca de

15 e 100 pés/min, entre cerca de 20 e 100 pés/min, entre cerca de 30 e 100 pés/min, cerca de 40 a 100 pés/min, entre cerca de 2 e 60 pés/min, entre cerca de 3 e 60 pés/min, entre cerca de 5 e 60 pés/min, entre cerca de 6 e 60 pés/min, entre cerca de 7 e 60 pés/min, entre cerca de 8 e 60 pés/min, entre cerca de 9 e 60 pés/min, entre cerca de 10 e 60 pés/min, entre cerca de 15 e 60 pés/min, entre cerca de 20 e 60 pés/min, entre cerca de 30 e 60 pés/min, cerca de 40 a 60 pés/min, entre cerca de 2 e 50 pés/min, entre cerca de 3 e 50 pés/min, entre cerca de cerca de 5 e 50 pés/min, entre cerca de 6 e 50 pés/min, entre cerca de 7 e 50 pés/min, entre cerca de 8 e 50 pés/min, entre cerca de 9 e 50 pés/min entre cerca de 10 e 50 pés/min, entre cerca de 15 e 50 pés/min, entre cerca de 20 e 50 pés/min, entre cerca de 30 e 50 pés/min, entre cerca de cerca de 40 e 50 pés/min). É preferencial que o material seja transportado a uma taxa constante, por exemplo, para ajudar a manter uma irradiação constante do material na medida em que passa por debaixo do feixe de elétrons (por exemplo, um campo de chuveiro).

[00168] Os transportadores vibratórios descritos podem incluir telas usadas para a peneiração e classificação de materiais. Aberturas de porta no lateral ou no fundo dos bebedouros podem ser usadas para classificação, seleção ou remoção de materiais específicos, por exemplo, por tamanho ou forma. Alguns transportadores têm contrapesos para reduzir as forças dinâmicas na estrutura de suporte. Alguns transportadores vibratórios são configurados como elevadores espirais, projetados para curvar em torno de superfícies e/ou projetados para depositar um material a partir de um transportador para outro (por exemplo, em um degrau, cascada, ou série de degraus ou escadas). Juntamente com os materiais transportados, transportadores podem ser usados sozinhos ou acoplados com outros equipamentos ou sistemas, para seleção, separação, triagem, distribuição, dimensionamento, inspeção, colheita, remoção de material, congelamento, combinar, misturar, orientar, aquecimento, cozinhar, secar,

desidratação, limpeza, lavar, lixiviar, extinção, revestir, remover poeira e/ou alimentação. Os transportadores podem incluir capas (por exemplo, capas a prova de poeira), comportas de descarga, revestimentos especiais (por exemplo, antiaderentes, aço inoxidável, borracha, aço customizado, e/ou em sulco), cochos divididos, piscinas de alívio, telas, pratos perfurados, detectores (por exemplo, detectores de metal), projetos de alta temperaturas, projetos de grau alimentício, aquecedores, secadores e/ou refrigeradores. Além disso, o cocho pode ter várias formas, por exemplo, de fundo chato, de fundo em forma de v, com um topo com flange, de fundo curvado, plano com cristas em qualquer direção, tubular, de meia tubulação, ou qualquer combinação dos mesmos. Em particular, os transportadores podem ser acoplados com sistemas de irradiação e/ou equipamento.

[00169] Os transportadores (por exemplo, transportador vibratório) podem ser feitos de materiais resistentes a corrosão. Os transportadores podem utilizar materiais estruturais que incluem aço inoxidável (por exemplo, 304, 316 aço inoxidável, LIGAS HASTELLOY® e Ligas INCONEL®). Por exemplo, HASTELLOY ® resistentes à corrosão-ligas de Hynes (Kokomo, Indiana, EUA) tais como a liga HASTELLOY ® B-3 ® liga, HASTELLOY ® híbrido-BC1 ® liga, liga de HASTELLOY ® C-4, HASTELLOY ® C-22 ® ALLOY, HASTELLOY ® C-22HS ® liga, liga de HASTELLOY ® C-276, HASTELLOY ® C-2000 ® ALLOY, HASTELLOY ® G-30 ® ALLOY, HASTELLOY ® G-35 ® liga, liga de HASTELLOY ® N e HASTELLOY ® ULTIMET ®.

[00170] Os transportadores vibratórios podem incluir revestimentos de liberação antiaderente, por exemplo, TUFFLON ™ (Dupont, Delaware, EUA). Os transportadores vibratórios podem incluir revestimentos resistentes a corrosão. Por exemplo, revestimentos podem ser fornecidos pela Metal Coatings Corp (Houston, Texas, USA) e de outros como Fluoropolymer, XYLAN®, Bissulfeto de Molibdênio, Epóxi Fenólico,

revestimento metálico fosfato ferroso, acabamento de Poliuretano de alto gloss para epóxi, zinco inorgânico, Politetrafluoretileno, PPS/RYTON®, etilenopropileno fluorinatado, PVDF/DYKOR®, ECTFE/HALAR® e Revestimento de Epóxi Cerâmico. Os revestimentos podem melhorar a resistência aos gases de processo (por exemplo, ozônio), corrosão química, corrosão por pite, corrosão por escoriação e oxidação.

[00171] Opcionalmente, além dos sistemas de transporte aqui descritos, um ou mais dentre outros sistemas de transporte alternativos podem ser compartimentados. Ao usar um invólucro, o transportador contido em invólucro também pode ser purgado com um gás inerte, a fim de manter uma atmosfera a um nível reduzido de oxigênio. Manter os níveis de oxigênio baixos evita a formação de ozônio que, em alguns casos, é indesejável devido à sua natureza reativa e tóxica. Por exemplo, o oxigênio pode ser menos de aproximadamente 20% (por exemplo, menos de aproximadamente 10%, menos de aproximadamente 1%, menos de aproximadamente 0,1%, menos de aproximadamente 0,01%, ou até mesmo menos de aproximadamente 0,001% de oxigênio). A purga pode ser feita com um gás inerte, incluindo, entre outros, nitrogênio, argônio, hélio ou dióxido de carbono. Isto pode ser fornecido, por exemplo, a partir de uma fervura de uma fonte líquida (por exemplo, nitrogênio ou hélio líquido), gerada ou separada a partir do ar in situ ou fornecido a partir de tanques. O gás inerte pode ser recirculado e qualquer oxigênio residual pode ser removido usando um catalisador, tal como um leito catalisador de cobre. Alternativamente, combinações de purga, recirculação e remoção de oxigênio podem ser realizadas para manter os níveis de oxigênio baixos.

[00172] O transportador em invólucro também pode ser purgado com um gás reativo que pode reagir com a biomassa. Isso pode ser feito antes, durante ou após o processo de irradiação. O gás reativo pode ser, mas não se limita, óxido nitroso, amônia, oxigênio, ozônio, hidrocarbonetos, compostos aromáticos, amidas, peróxidos, azidas, haletos, oxihalogenetos,

fosforetos, fosfinas, arsinas, sulfetos, tióis, boranos e/ou hidretos. O gás reativo pode ser ativado no invólucro, por exemplo, por irradiação (por exemplo, feixe de elétrons, irradiação UV, irradiação de micro-ondas, aquecimento, radiação de IR), de modo que reaja com a biomassa. A biomassa em si pode ser ativada, por exemplo, por irradiação. De preferência, a biomassa é ativada pelo feixe de elétrons, para produzir radicais que reagem então com o gás reativo ativado ou desativado, por exemplo, por acoplamento ou retirada de radical.

[00173] Gases de purga fornecidos para um transportador fechado podem também ser resfriados, por exemplo abaixo de cerca de 25°C, abaixo de cerca de 0°C, abaixo de cerca de -40°C, abaixo de cerca de -80°C, abaixo de cerca de -120°C Por exemplo, o gás pode ser fervido a partir de um gás comprimido tal como nitrogênio líquido ou sublimado de dióxido de carbono sólido. Como exemplo alternativo, o gás pode ser resfriado por uma máquina resfriadora ou parte ou todo o transportador pode ser refrigerado.

OUTRAS MODALIDADES

[00174] Quaisquer materiais, processos ou materiais processados abordados neste documento podem ser usados na produção de produtos e/ou intermediários tais como compósitos, enchimentos, aglutinantes, aditivos plásticos, adsorventes e agentes de liberação controlada. Os métodos podem incluir densificação, por exemplo, ao aplicar pressão e calor aos materiais. Por exemplo, os compósitos podem ser feitos combinando materiais fibrosos com uma resina ou polímero. Por exemplo, uma resina de radiação reticulável, por exemplo, uma resina termoplástica, pode ser combinada com material fibroso para fornecer uma combinação material fibroso/resina reticulável. Tais materiais podem ser, por exemplo, úteis como materiais de construção, chapas protetoras, recipientes e demais materiais estruturais (por exemplo, produtos moldados e/ou extrudados). Os absorventes podem ser, por exemplo, na forma de pelotas,

lascas, fibras e/ou folhas. Os adsorventes podem ser usados, por exemplo, como forros para animais de estimação, materiais de embalagem ou em sistemas de controle de poluição. As matrizes de liberação controlada também podem ser em forma de, por exemplo, pelotas, lascas, fibras ou folhas. As matrizes de liberação controlada podem, por exemplo, ser usadas para liberar drogas, biocidas, fragrâncias. Por exemplo, compósitos, absorventes e agentes de controle de liberação e seus usos são descritos em US Nº. de Série PCT/US2006/010648, depositado a 23 de março de 2006 e na Patente US Nº 8.074.910 depositado em 22 de novembro de 2011, cujas divulgações encontram-se incorporadas a este documento à guisa de referência.

[00175] Em alguns casos, que o material de biomassa é tratado em um primeiro nível para reduzir a recalcitrância, por exemplo, utilizando elétrons acelerados, para liberar seletivamente um ou mais açúcares (por exemplo, xilose). A biomassa pode então ser tratada a um segundo nível para liberar um ou mais outros açúcares (por exemplo, glicose). Opcionalmente a biomassa pode ser secada entre tratamentos. Os tratamentos podem incluir aplicação de tratamentos químicos e bioquímicos para liberar os açúcares. Por exemplo, um material de biomassa pode ser tratado a um nível de menos do que aproximadamente 20 Mrad (por exemplo, menos do que aproximadamente 15 Mrad, menos do que aproximadamente 10 Mrad, menos do que aproximadamente 5 Mrad, menos do que aproximadamente 2 Mrad) e então tratado com uma solução do ácido sulfúrico, contendo menos de 10 % de ácido sulfúrico (por exemplo, menos que cerca de 9%, menos que cerca de 8%, menos que cerca de 7%, menos que cerca de 6%, menos que cerca de 5%, menos que cerca de 4%, menos que cerca de 3%, menos que cerca de 2%, menos que cerca de 1%, menos que cerca de 0,75%, menos que cerca de 0,50%, menos que cerca de 0,25%) para liberar a xilose. A xilose, por exemplo, que é liberada em solução, pode ser separada dos sólidos e,

opcionalmente, os sólidos podem ser lavados com algum solvente/solução (por exemplo, com água e/ou água acidificada). Opcionalmente, os sólidos podem ser secados, por exemplo, no ar e/ou sob condições de vácuo, opcionalmente com aquecimento (por exemplo, abaixo de cerca de 150 graus C, abaixo de cerca de 120 graus C) a um índice de água abaixo de cerca de 25 % em peso (abaixo de cerca de 20 % em peso, abaixo de cerca de 15 % em peso, abaixo de cerca de 10 % em peso, abaixo de cerca de 5 % em peso). Os sólidos podem então ser tratados com um nível de menos de cerca de 30 Mrad (por exemplo, menos de cerca de 25 Mrad, menos de cerca de 20 Mrad, menos de cerca de 15 Mrad, menos de cerca de 10 Mrad, menos de cerca de 5 Mrad, menos de cerca de 1 Mrad ou mesmo nenhum) e então ser tratados com uma enzima (por exemplo, uma celulase) para liberar a glicose. A glicose (por exemplo, glicose em solução) pode ser separada dos sólidos restantes. Os sólidos podem então ser mais processados, por exemplo, utilizados para fazer energia ou os outros produtos (por exemplo, produtos derivados de lignina).

SABORES, FRAGRÂNCIAS E CORANTES

[00176] Qualquer um dos produtos e/ou intermediários descritos neste documento, por exemplo, produzido pelos processos, sistemas e/ou equipamento descritos neste documento, podem ser combinados com sabores, fragrâncias, corantes e/ou misturas destes. Por exemplo, qualquer um ou mais (opcionalmente junto com sabores, fragrâncias e/ou corantes) dos açúcares, ácidos orgânicos, combustíveis, polióis, tais como álcoois de açúcar, biomassa, fibras e compostos, podem ser combinados com (por exemplo, formulado, misturado ou reagido) ou usados na fabricação de outros produtos. Por exemplo, um ou mais de tais produtos podem ser usados na produção de sabões, detergentes, doces, bebidas (por exemplo, cola, vinho, cerveja, bebidas alcoólicas tais como o gim ou a vodca, bebidas para esportistas, cafés, chás), xaropes, fármacos, adesivos, lençóis (por exemplo, tecidos, não-tecidos, filtros, lenços) e/ou compósitos (por

exemplo, placas). Por exemplo, um ou mais de tais produtos podem ser combinados com ervas, flores, pétalas, temperos, vitaminas, sachês aromáticos ou velas. Por exemplo, as combinações formuladas, misturadas ou reagidas podem ter sabores/fragrâncias de toranja, laranja, maçã, framboesa, banana, alface, aipo, canela, chocolate, baunilha, hortelã, menta, cebola, alho, pimenta, açafrão, gengibre, leite, vinho, cerveja, chá, carnes magras, peixe, mariscos, azeite de oliva, gordura de coco, gordura de porco, gordura de manteiga, caldo de carne, legumes, batatas, marmelada, presunto, café e queijos.

[00177] Os sabores, fragrâncias e corantes podem ser adicionados em qualquer quantidade, como entre cerca de 0,001 % em peso a cerca de 30% em peso, por exemplo, entre cerca de 0,01 a cerca de 20, entre cerca de 0,05 a cerca de 10 em peso, ou entre cerca de 0.1 % em peso a cerca de 5% em peso. Estes podem ser formulados, misturados e ou reagidos (por exemplo, com qualquer produto ou intermediário aqui descrito, ou mais) por todos os meios e em qualquer ordem ou sequência (por exemplo, agitado, misturado, emulsionado, gelificado, infundido, aquecido, sonicado, e/ou suspendido). Enchimentos, aglutinantes, emulsionantes, antioxidantes também podem ser utilizados, por exemplo, géis de proteína, gomas e sílica.

[00178] Em uma modalidade, os sabores, fragrâncias e corantes podem ser adicionados à biomassa imediatamente após a biomassa ser irradiada, de modo que os pontos reativos criados pela irradiação podem reagir com pontos reativos compatíveis dos sabores, fragrâncias e corantes.

[00179] Os sabores, fragrâncias e corantes podem ser materiais naturais e/ou sintéticos. Estes materiais podem ser um ou mais de um composto, composição ou misturas destes (por exemplo, uma composição natural ou formulada de diversos compostos). Opcionalmente os sabores, fragrâncias, antioxidantes e corantes podem ser derivados biologicamente,

por exemplo, de um processo de fermentação (por exemplo, fermentação de materiais sacarificados tais como descritos neste documento). Alternativamente, ou adicionalmente, estes sabores, fragrâncias e corantes podem ser colhidos de um organismo inteiro (por exemplo, planta, fungo, animal, bactéria ou levedura) ou de uma parte de um organismo. O organismo pode ser coletado e ou extraído para fornecer cor, sabores, fragrâncias e/ou antioxidantes por qualquer meio incluindo a utilização dos métodos, sistemas e equipamento aqui descritos, a extração de água quente, extração por fluido supercrítico, extração química (por exemplo, extração solvente ou reativa incluindo ácidos e bases), extração mecânica (por exemplo, pressão, cominuição, filtragem), utilizando uma enzima, utilizando uma bactéria de modo a decompor uma matéria-prima, e combinações destes métodos. Os compostos podem ser derivados por uma reação química, por exemplo, a combinação de um açúcar (por exemplo, tal como produzido e descrito aqui) com um aminoácido (reação de Maillard). O sabor, a fragrância, o antioxidante e/ou o corante pode ser um intermediário e ou produto produzido pelos métodos, equipamento ou sistemas descritos neste documento, por exemplo um éster e um produto derivado de lignina.

[00180] Alguns exemplos de sabor, fragrâncias e corantes são polifenóis. Polifenóis são pigmentos responsáveis pela coloração vermelha, roxa e azul de muitas frutas, vegetais, grãos de cereal e flores. Polifenóis também podem ter propriedades antioxidantes e, frequentemente, têm um gosto amargo. As propriedades antioxidantes fazem destes conservantes importantes. Na classe dos polifenóis estão os flavonóides, tais como antocianinas, flavanonóis, flavan-3-óis, s, flavanonas e flavanonóis. Outros compostos fenólicos que podem ser usados incluem ácidos fenólicos e seus ésteres, tais como ácido clorogênico e taninos poliméricos.

[00181] Entre os compostos colorantes inorgânicos, podem ser usados compostos orgânicos e minerais, por exemplo, dióxido de titânio,

óxido de zinco, óxido de alumínio, amarelo de cádmio (por exemplo, CdS), laranja de cádmio (por exemplo, CD com algum SE), vermelho de alizarina (por exemplo, rose madder sintética ou não-sintética), azul-ultramarino (por exemplo, azul-ultramarino sintético, azul-ultramarino natural, violeta-ultramarina sintética), azul de cobalto, amarelo de cobalto, verde de cobalto, viridiana (por exemplo, óxido de cromo (III) hidratado), calcofilita, conicalcita, cornubita, cornwallita e liroconita. Pigmentos pretos tais como o negro de fumo e negros de auto-dispersão podem ser utilizados.

[00182] Alguns sabores e fragrâncias que podem ser utilizados incluem AZALEIA TBHQ, ACET C-6, ALIL AMIL GLICONATO, ALFA TERPINEOL, AMBRETTOLIDE, AMBRINOL 95, ANDRANE, APHERMATE, APPLELIDE, BACDANOL®, BERGAMAL, ÉPOXIDO DE BETA-IONONA, ÉTER ISOBUTÍLICO DE BETA NAFTIL, BICICLONONALACTONA, BORNAFIX®, CANTOXAL, CASHMERAN®, CASHMERAN® VELUDO, CASSIFFIX®, CEDRAFIX, CEDRAMBER®, ACETATO de CEDRIL, CELESTOLIDE, CINNAMALVA, ACETATO DIMETIL CITRAL, CITROLATE™, CITRONELLOL 700, CITRONELLOL 950, CITRONELLOL COEUR, ACETATO DE CITRONELIL, ACETRATO DE CITRONELIL PURO, FORMIATO DE DE CITRONELIL, CLARYCET, CLONAL, CONIFERAN, CONIFERAN PURO, ALDEÍDO CORTEZ 50% DE PEOMOSA, CYCLABUTE, CYCLACET®, CYCLAPROP®, CYCLEMAX™, CICLOHEXIL ETIL ACETATO, DAMASCOL, DELTA DAMASCONE, CYCLACET DIIDRO, MIRCENOL DIIDRO, TERPINEOL DIIDRO, ACETATO DE TERPINIL DIIDRO, DIMETIL CICLORMOL, DIMETIL OCTANOL PQ, DIMIRCETOL, DIOLA, DIPENTENO, DULCINYL® RECRISTALIZADO, GLICIDATO ETIL-3-FENIL, FLEURAMONE, FLEURANIL, SUPER FLORAL, FLORALOZONE, FLORIFFOL, FRAISTONE, FRUCTONA, GALAXOLIDE® 50, GALAXOLIDE® 50 BB, GALAXOLIDE® 50 IPM, GALAXOLIDE® NÃO-DILUÍDO, GALBASCONE, GERALDEÍDO, GERANIOL 5020, GERANIOL TIPO 600, GERANIOL 950,

GERANIOL 980 (PURO), GERANIOL COEUR CFT, GERANIOL COEUR, ACETATO DE GERANIL COEUR, ACETATO DE GERANIL, PURO, FORMAÍDO DE GERANIL, GRISALVA, ACETATO DE GUAÍLA , HELIONAL™, HERBAC, HERBALIME™, HEXADECANOLIDA, HEXALON, HEXENIL SALICILATO CIS-3, CORPO DE JACINTO, NO. CORPO DE JACINTO NO. 3, DMA DE ALDEÍDO HIDRATRÓPICO, HIDROXIOL, INDOLAROME, ALDEÍDO INTRELEVEN, ALDÉÍDO INTRELEVEN ESPECIAL, ALFA IONONA, BETA IONONA, ISOCICLO CITRAL, ISOCICLO GERANIOL, ISO E SUPER®, ISOBUTIL QUINOLINA, JASMAL, JESSEMAL®,KHARISMAL®, KHARISMAL® SUPER, KHUSINIL, KOAVONE®,KOHINOOL®, LIFFAROME™, LIMOXAL, LINDENOL™,LYRAL®, LYRAME SUPER, ALDEÍDO MANDARINA 10% TRI ETH, CITR, MARITIMA, MCK CHINÊS, MEIJIFF™, MELAFLEUR,MELOZONE, METIL ANTRANILATO, METIL IONONA ALFA EXTRA, METIL IONONA GAMA A, METIL IONONA GAMA COEUR, METIL IONONA GAMA PURO,METIL LAVANDA CETONA, MONTAVERDI®, MUGUESIA, ALDEÍDO DE MUGUET 50, ALMÍSCAR Z4, ALDEÍDO MYRAC, ACETATO DE MIRCENIL, NECTARATE™, NEROL 900, NERILACETATO, OCIMENE, OCTACETAL, ÉTER DE FLOR DE LARANJA, ORIVONA, ORRINIFF 25%, OXASPIRANE, OZOFLEUR, PAMPLEFLEUR®, PEOMOSA, PHENOXANOL®, PICONIA, PRECYCLEMONE B, ACETATO DE PRENIL, PRISMANTOL, CORPO DE RESEDÁ, ROSALVA, ALMÍSCAR ROSA, SANJINOL, SANTALIFF™, SYVERTAL, TERPINEOL, TERPINOLENO 20, TERPINOLENO 90 PQ, TERPINOLENO RECT., ACETATO DE TERPINIL, TERPINILACETATO JAX, TETRAÍDRO, MUGUOL®, TETRAÍDRO MIRCENOL, TETRAMERAN, TIMBERSILK™, TOBACAROL,TRIMOFIX® O TT, TRIPLAL®, TRISAMBER®, VANORIS, VERDOX™, VERDOX™ HC, VERTENEX®, VERTENEX® HC, VERTOFIX® COEUR, VERTOLIFF, VERTOLIFF ISO, VIOLIFF, VIVALDIE, ZENOLIDA, ABS INDIA 75 PCT MIGLYOL, ABS

MOROCCO 50 PCT DPG, ABS MOROCCO 50 PCT TEC, ABSOLUTO FRENCH, ABSOLUTO INDIA, ABSOLUTO MD 50PCT BB, ABSOLUTO MARROCOS, CONCENTRADO PG, TINTURA 20 PCT, AMBERGRIS, ABSOLUTO DE AMBARETE, ÓLEO DE SEMENTE DE AMBERETE, ÓLEO DE ARTEMÍSIA 70 PCT TUIONA, ABSOLUTO DE MAJERICÃO GRAND VERT, ABS DE MANJERICÃO GRAND VERT MD, ÓLEO DE MANJERICÃO GRAND VERT, ÓLEO DE MANJERICÃO VERVEÍNA, ÓLEO DE MANJERICÃO VIETNAMITA, ÓLEO DE BAY DESTERPENIZADO, ABS DE CERA DE ABELHA N G, ABSOLUTO DE CERA DE ABELHA, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO 50 PCT DPG, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO 50PCT PG, RESINÓIDE DE BENZOÍNA SIÃO 70,5 PCT TEC, ABS BOTÃO DE GROSELHA NEGRA 65 PCT PG, ABS BOTÃO DE GROSELHA NEGRA MD 37 PCT TEC, ABS DE BOTÃO DE GROSELHA NEGRA MIGLYOL, ABSOLUTO DE BOTÃO DE GROSELHA NEGRA BORGONHA, ÓLEO BOIS DE ROSE, ABSOLUTO BRAN, RESINÓIDE BRAN, ABSOLUTO BROOM ITALIANO, CO2EXTRATO DE CARDAMOMO GUATEMALTECO, ÓLEO DE CARDAMOMO GUATEMALTECO, ÓLEO DE CARDAMOMO INDIANO, CORAÇÃO DE CENOURA, ABSOLUTO DE ACÁCIA EGÍPCIA, ABSOLUTO DE ACÁCIA MD 50 PCT IPM, ABS DE CASTÓREO 90 PCT TEC, ABS CASTÓREO C 50 PCT MIGLYOL, ABSOLUTO DE CASTÓREO, RESINÓIDE DE CASTÓREO, RESINÓIDE DE CASTÓREO 50 PCT DPG, CEDROL, CEDRENO, ÓLEO DE CEDRO-DO-ATLAS REDIST, ÓLEO DE CAMOMILA ROMANA, ÓLEO DE CAMOMILA SELVAGEM, ÓLEO DE CAMOMILA SELVAGEM COM BAIXO LIMONENO, ÓLEO DE CASCA DE CANELA DO CEILÃO, ABSOLUTO CISTE, ABSOLUTO CISTE INCOLOR, ÓLEO DE CITRONELA. ASIÁTICA SEM FERRO, ABS CIVET 75 PCT PG, ABSOLUTO DE CIVET, TINTURA DE CIVET 10 PCT, ABS DE SALVIA ESCLAREIA FRANCESA DECOL, ABSOLUTO DE SALVIA ESCLAREIA FRANCESA, SALVIA ESCLAREIA INCOLOR 50 PCT PG, ÓLEO DE

SALVIA ESCLAREIA FRANCESA, BÁLSAMO DE COPAÍBA, ÓLEO DE BÁLSAMO DE COPAÍBA, ÓLEO DE SEMENTE DE COENTRO, ÓLEO DE CIPRESTE, ÓLEO DE CIPRESTE ORGÂNICO, ÓLEO DE DAVANA, GALBANOL, ABSOLUTO DE GÁLBANO INCOLOR, ÓLEO DE GÁLBANO, RESINÓIDE DE GÁLBANO, RESINÓIDE DE GÁLBANO 50 PCT DPG, RESINÓIDE DE GÁLBANO HERCOLINBHT, RESINÓIDE DE GÁLBANO TEC BHT, ABSOLUTO DE GENCIANA MD 20 PCT BB, GENCIANA CONCRETA, ABS DE GERÂNIO EGÍPCIO MD, ABSOLUTO DE GERÂNIO EGÍPCIO, ÓLEO DE GERÂNIO CHINÊS, ÓLEO DE GERÂNIO EGÍPCIO, ÓLEO DE GENGIBRE 624, ÓLEO DE GENGIBRE RETIFICADO SOLÚVEL, CORAÇÃO DE MADEIRA DE GUÁIACO, ABSOLUTO DE FENO MD 50 PCT BB, ABSOLUTO DE FENO, ABSOLUTO DE FENO MD 50 PCTTEC, PALO SANTO, ÓLEO DE HISSOPO ORGÂNICO, ABS DE IMMORTELLE IUGO MD 50 PCT TEC, ABSOLUTO DE IMMORTELLE ESPANHA, ABSOLUTO DE IMMORTELLE IUGO, ABS JASMIM INDIANO MD, ABSOLUTO DE JASMIM EGÍPCIO, ABSOLUTO DE JASMIM INDIANO, ABSOLUTO DE JASMIM MARROQUINO, ABSOLUTO DE JASMIM AMBAC, ABS JUNQUILHO MD 20 PCT BB, ABSOLUTO DE JUNQUILHO FRANCÊS, ÓLEO DE BAGA DE ZIMBRO FLG, ÓLEO DE BAGA DE ZIMBRO RETIFICADO SOLÚVEL, RESINÓIDE DE LÁBDANO 50PCT TEC, RESINÓIDE DE LÁBDANO BB, RESINÓIDE DE LÁBDANO MD, RESINÓIDE DE LÁBDANO MD 50 PCT BB, ABSOLUTO DE LAVANDINA H, ABSOLUTO DE LAVANDINA MD, ÓLEO DE LAVANDINA ABRIAL ORGÂNICO, ÓLEO DE LAVANDINA GROSSO ORGÂNICO, ÓLEO DE LAVANDINA, ÓLEO DE LAVANDINA SUPER, ABSOLUTO DE LAVANDA H, ABSOLUTO DE LAVANDA MD, ÓLEO DE LAVANDA SEM CUMARINA, ÓLEO DE LAVANDA SEM CUMARINA ORGÂNICO , ÓLEO DE LAVANDA MAILLETTE ORGÂNICO, ÓLEO DE LAVANDA MT, ABSOLUTO DE MACE BB, EUGENOL DE BAIXO METIL DE ÓLEO DE FLOR DE MAGNÓLIA, ÓLEO E FLOR DE MAGNÓLIA,ÓLEO DE FLOR DE

MAGNÓLIA MD, ÓLEO DE FOLHA DE MAGNÓLIA, ÓLEO DE MANDARINA MD, ÓLEO DE MANDARINA MD BHT, ABSOLUTO DE MATE BB, ABSOLUTO DE MUSGO DE ÁRVORE MD TEX IFRA 43, ABS MUSGO DE CARVALHO MD TEC IFRA43, ABSOLUTO DE MUSGO DE CARVALHO IFRA 43, ABSOLUTO DE MUSGO DE ÁRVORE MD IPM IFRA 43, RESINÓIDE DE MIRRA BB, RESINÓIDE DE MIRRA MD, RESINÓIDE DE MIRRA TEC, ÓLEO DE MIRTILO SEM FERRO, ÓLEO DE MIRTILO TUNISIANO RETIFICADO, ABS NARCISSE MD 20PCT BB, ABSOLUTO DE NARCISSE FRANCÊS, ÓLEO NEROLI TUNISIANO, ÓLEO DE NOZ MOSCADA DESTERPENIZADO, ABSOLUTO DE OEILLET, RESINÓIDE DE OLÍBANO, RESINÓIDE DE OLÍBANO BB, RESINÓIDE OLÍBANO DPG, RESINÓIDE DE OLÍBANO EXTRA 50 PCT DPG, RESINÓIDE DE OLÍBANO MD, RESINÓIDE DE OLÍBANO MD 50 PCTDPG, RESINÓIDE DE OLÍBANO TEC, RESINÓIDE DE OPOPONAX TEC, ÓLEO DE LARANJA AZEDA MD BHT, ÓLEO DE LARANJA AZEDA MD SCFC, ABSOLUTO DE FLOR DE LARANJEIRA TUNISIANA, ABSOLUTO DE ÁGUA DE FLOR DE LARANJEIRA TUNISIANA, ABSOLUTO DE FOLHA DE LARANJA, ABSOLUTO DE ÁGUA DE FLOR DE LARANJEIRAS TUNISIANA, ABSOLUTO DE ORRIS ITALIANA, ORRIS CONCRETA 15PCT IRONA, ORRIS CONCRETA 8 PCT IRONA, ORRIS NATURAL 15 PCT IRONA 4095C, ORRIS NATURAL 8 PCTIRONA 2942C, RESINÓIDE DE ORRIS, ABSOLUTO DE OSMANTO, ABSOLUTO DE OSMANTO MD 50 PCT BB, CORAÇÃO DE PATCHOULI N°3, ÓLEO DE PATCHOULI INDONÉSIO, ÓLEO DE PATCHOULI INDONÉSIO SEM FERRO, ÓLEO DE PATCHOULI INDONÉSIO MD, ÓLEO DE PATCHOULI REDIST, CORAÇÃO DE POEJO, ABSOLUTO DE HORTELÃ MD, ÓLEO DE LARANJA-AZEDA PETITGRAIN TUNISIANO, ÓLEO PETITGRAIN CITRONNIER, ÓLEO DE PETITGRAIN PARAGUAIO DESTERPENIZADO, ÓLEO DE PETITGRAIN DESTERPENIZADO STAB, ÓLEO DE BAGA DE PIMENTÃO, ÓLEO DE FOLHA DE PIMENTÃO, GERÂNIO RODINOLEX

CHINÊS, EUGENOL DE BAIXO METIL ABS ROSA BÚLGARA, EUGENOL DE BAIXO METIL ABS DE ROSA MARROQUINA, EUGENOL DE BAIXO METIL DE ROSA TURCA, ABSOLUTO DE ROSA, ABSOLUTO DE ROSA BÚLGARA, ABSOLUTO DE ROSA DAMASCENA, ABSOLUTO DE ROSA MD, ABSOLUTO DE ROSA MARROQUINA, ABSOLUTO DE ROSA TURCA, ÓLEO DE ROSA BÚLGARA, EUGENOL DE BAIXO METIL ÓLEO DE ROSA DAMASCENA, ÓLEO DE ROSA TURCA , ÓLEO DE ALECRIM CANFORADO ORGÂNICO, ÓLEO DE ALECRIM TUNISIANO,ÓLEO DE SÂNDALO INDIANO, ÓLEO DE SÂNDALO INDIANO RETIFICADO, SANTALOL, ÓLEO DE SCHINUS MOLLE, TINTURA DE CIPO DE SÃO JOÃO 10 PCT, RESINÓIDE DE STYRAX, ÓLEO DE TAGETE, CORAÇÃO DE ÁRVORE DE CHÁ, ABS DE FAVA TONKA 50 PCT SOLVENTES, ABSOLUTO DE FAVA TONKA, ABSOLUTO DE NARDO INDIANO, CORAÇÃO DE VETIVER EXTRA, ÓLEO DE VETIVER HAITIANO, ÓLEO DE VETIVER HAITIANO MD, ÓLEO DE VETIVER JAVANÊS, ÓLEO DE VETIVER JAVANÊS MD, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA EGÍPCIA, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA EGÍPCIA DECOL, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA FRANCESA, ABSOLUTO DE FOLHA DE VIOLETA MD 50 PCT BB, ÓLEO DE ALOSNA DESTERPENIZADO, ÓLEO DE YLANG EXTRA, ÓLEO DE YLANG III e combinações destes.

[00183] Os corantes podem estar entre aqueles listados no Índice Internacional de Cores pela Sociedade de Tintureiros e Coloristas. Os corantes podem incluir tinturas e pigmentos e incluem aqueles usados comumente na coloração de materiais têxteis, pinturas, tintas e tintas para impressão a jato de tinta. Alguns corantes que podem ser utilizados incluem carotenoides, amarelos de arilidio, amarelos de diarilidio, β-naftóis, naftóis, benzimidalozonas, pigmentos de condensação do tipo diazo, pirazolonas, amarelo níquel-azo, ftalocianinas, quinacridonas, perilenos e perinonas, pigmentos de indolina e isoindolinona, pigmentos de triarilcarbônio, pigmentos de diceto-pirrolo-pirol, tioindigóides, Carotenoides incluem, por

exemplo, alfa-caroteno, betacaroteno, gama-caroteno, licopeno, luteína e astaxantina, extrato de Annatto, beterraba desidratada (beterraba em pó, cantaxantina, caramelo, β-Apo-8'-carotenal, extrato de cochonilha, carmim, sódio-cobre-clorofilina, farinha de semente de algodão torrada e parcialmente desengordurada, gluconato ferroso, lactato ferroso, extrato de cor de uva, extrato de pele de uva (enocianina), óleo de cenoura, páprica, oleoresina de páprica, pigmentos perolados à base de mica, riboflavina, açafrão, dióxido de titânio, extrato de licopeno de tomate, concentrado de licopeno de tomate, cúrcuma, oleoresina de cúrcuma, FD&C Azul no.1, FD&C Azul no. 2, FD&C Verde no. 3, Laranja B, Vermelho Cítrico no. 2, FD&C Vermelho no. 3, FD&C Vermelho no. 40, FD&C Amarelo no. 5, FD&C Amarelo no. 6, alumina (hidróxido de alumínio seco), carbonato de cálcio, potássio-sódio-cobre-clorofilina (complexo cobre-clorofilina), Di-hidroxiacetona, oxicloreto de bismuto, ferrocianeto de amônio férrico, ferrocianeto férrico, verde de hidróxido de cromo, verdes de óxido de cromo, guanina, pirofilita, talco, pó de alumínio, pó de bronze, pó de cobre, óxido de zinco, D&C Azul no. 4, D&C Verde no. 5, D&C Verde no. 6, D&C Verde no. 8, D&C Laranja no. 4, D&C Laranja no. 5, D&C Laranja no. 10, D&C Laranja no. 11 , FD&C Vermelho no. 4, D&C Vermelho no. 6, D&C Vermelho No. 7, D&C Vermelho No. 17, D&C. Vermelho No. 21, D&C Vermelho 22, D&C Vermelho No. 27, D&C Vermelho No. 28, D&C Vermelho No. 30, D&C Vermelho No. 31, D&C Vermelho No. 33, D&C Vermelho No. 34, D&C Vermelho No. 36, D&C Vermelho No. 39, D&C Violeta No. 2, D&C Amarelo No. 7, Ext. D&C Amarelo No. 7, D&C Amarelo No. 8, D&C Amarelo No. 10, D&C Amarelo No. 11, D&C Preto No. 2, D&C Preto No. 3 (3), D&c Marrom No. 1, Ext. Óxido de cromo-cobalto-alumínio, citrato de amônio férrico, pirogalol, extrato de Campeche, copolímeros de 1,4-Bis[(2-hidroxi-etill)amino] -9,10-antracenediona bis(2-propenóico)éster, 1,4-Bis [(2-metilfenill)amino] -9,10-antracenediona, copolímeros antraquinônicos 1,4-Bis[4- (2-metacriloxietil) fenilamino], violeta carbazol, complexo clorofilina-

cobre, óxido de cromo-cobalto-alumínio, C.I. Vat Laranja 1, 2-[[2,5-Dietoxi-4-[(4-metilfenil)tiol] fenil]azo] -1,3,5-benzenetriol, 16,23-Diidrodinafto [2,3-a:2',3'-i] nafto [2',3':6,7] indolo [2,3-c] carbazol- 5,10,15,17,22,24-hexona, N,N'-(9,10-Diidro- 9,10-dioxo- 1,5-antracenedil) bisbenzamida, 7,16-Dicloro-6,15-diidro- 5,9,14,18-antrazinetetrona, 16,17-Dimetoxidinafto (1,2,3-cd:3',2',1'-1m) perileno-5,10-diona, copolímeros de tintura poli(metacrilato de hidroxietil) (3), Preto Reativo 5, Azul Reativo 21, Laranja reativo 78, Amarelo Reativo 15, Azul Reativo No. 19, Azul Reativo No. 4, C.I. Vermelho Reativo 11, C.I. Amarelo Reativo 86, C.I. Azul Reativo 163, C.I. Vermelho Reativo 180, 4-[(2,4-dimetilfenil)azo]- 2,4-diidro- 5-metil-2-fenil- 3H-pirazol-3-ona (Solvente Amarelo 18), 6-Etoxi-2- (6-etoxi-3-oxobenzo[b] tieno-2(3H)-ilideno) benzo[b]tiofeno- 3(2H)-ona, Phthalocyanine green, verde ftalocianina, produtos reativos à base de tinta de alcool vinílico/metacrilato de metil, C.I. Vermelho Reativo 180, C.I. Preto Reativo 5, C.I. Laranja Reativo 78, C.I. Amarelo Reativo 15, C.I. Azul reativo 21, Dissódio l-amino-4-[[4-[(2-bromo-l-oxoalil)amino]-2-sulfonatofenil]amino]--9,10-diidro-9,10-dioxoantraceno-2-sulfonato (Azul Reativo 69), D&C Azul No. 9, cobre [ftalocianinato(2-)] e misturas destes.

EXEMPLOS

SACARIFICAÇÃO

[00184] Um tanque cilíndrico com diâmetro de 32 polegadas, altura de 64 polegadas e contendo fundos copados ASME (no topo e nos fundos) foi usado na sacarificação. O tanque foi igualmente equipado com uma pá de mistura hidrodinâmica de 16 polegadas. O aquecimento foi fornecido fazendo-se fluir água quente por um invólucro de meia tubulação à volta do tanque.

[00185] O tanque foi carregado com 200 kg de água, 80 kg de biomassa, e 18 kg de enzima celulase DUET™. A biomassa era espiga de milho que houvera sido moída a marteladas e peneirada até atingir um tamanho entre 40 e 10 unidades de malha. A biomassa foi irradiada com um feixe de elétrons a uma dosagem total de 35 Mrad. O pH da mistura foi ajustado e mantido automaticamente ao longo de toda a sacarificação a 4,8 usando-se $Ca(OH)_2$. Esta

combinação foi aquecida a 53 graus Celsius, agitada a 180 rpm (1,8 Amp a 460V) por cerca de 24 horas, após o que a sacarificação foi considerada concluída.

[00186] Uma porção desse material foi peneirada através de uma peneira de 20 unidades de malha e a solução, armazenada em um garrafão de 8 galões a 4 graus Celsius.

Fluxo de Etanol e Xilose Produzidos a Partir de Biomassa

[00187] Cerca de 400 mL do material sacarificado foi decantado em um Biorreator 115 de um 1L New Brunswick BioFlow. O material foi ventilado e aquecido a 30 graus C antes da inoculação. Agitação foi fixada em 50 rpm. O pH foi medido em 5,2, o que é aceitável para a fermentação, portanto, não foi ajustado. A ventilação foi descontinuada e os conteúdos do biorreator foram inoculado com 5 mg de Levedura Seca THERMOSACC® (Lallemand, Inc.). Deixou-se a fermentação prosseguir por cerca de 24 horas.

[00188] Após a fermentação, que a concentração de glicose ficou abaixo do limite de detecção, a concentração de etanol foi de aproximadamente 25 g/L, e a concentração de xilose foi 30 g/L.

Purificação de Etanol e Xilose com SMB

[00189] A purificação de um fluxo de xilose obtido a partir de hidrólise enzimática de biomassa que foi fermentada e clarificada para remover partículas foi realizada por meio de cromatografia de leito móvel simulado (SMB). O sistema foi otimizado para render até 100% de recuperação de xilose e uma redução de 20 vezes na cor da matéria-prima, ao mesmo tempo em que incorre em diluição tão baixa quanta de 1,76 vezes, com faixa de pureza de xilose entre 94-97%.

[00190] A aproximação das condições de SMB foi alcançada desempenhando-se experimentos de colunas individuais também conhecidos como testes de pulso. Condições para qualquer tamanho de coluna podem ser estimadas usando-se informações dos testes de pulso e a Calculadora de Parâmetros SMB Isocráticos online, disponível no website da Semba Bioscencies.

[00191] Unidade de Cromatografia de Leito Móvel Simulado: unidade SMB de Semba Biosciences: sistema de cromatografia modelo Octave 100 com 4 bombas Octave 100, capazes de taxa de fluxo de 0,0-100 ml/mn, módulo de Controle, módulo de Cromatografia e aplicação de software SembaPro.

[00192] Colunas de cromatografia: Oito colunas revestidas de Chromaflex

da marca Kontes, série 420870 (2,5 cm de ID, 30 cm de comprimento ,147 ml de volume de leito), foram usadas no sistema.

[00193] Fase Estacionária: Dowex Monosphere 99 CA/320; Mitsubishi Diaion UBK535.

[00194] Fase móvel (dessorvente): Água DI com resistividade de 5MΩ·cm ou melhor.

[00195] Uma biomassa sacarificada de espiga de milho (CC) ou palha de trigo (WS) foi fermentada, produzindo uma mistura de hidrolisado contendo xilose como principal componente depois de o etanol ter sido destilado. O hidrolisado foi centrifugação e o pH foi ajustado a entre 6 - 7. O hidrolisado foi então filtrado-polido em alguns casos até chegar a menos de 0,2-mícron, a que se seguiu uma concentração que resultou em uma solução que compreendia 40% e 50% de sólidos dissolvidos. A concentração de xilose neste fluxo pode encontrar-se na faixa entre 160 a 225 g/L. O fluxo de xilose concentrado foi então introduzido num sistema SMB como fluxo de alimentação. Uma análise típica para o fluxo de alimentação é fornecida na tabela 1 abaixo. Água deionizada foi introduzida simultaneamente como o fluxo eluente.

[00196] As colunas de cromatografia e o sistema foram pré-aquecidos a 60°C. O material de alimentação foi introduzido ao sistema SMB a uma taxa de fluxo constante em temperatura ambiente. O eluente foi simultaneamente bombeado para o sistema SMB em uma taxa de fluxo constante a 60 graus Celsius.

[00197] A xilose foi enriquecida (mais retida na fase estacionária) no extrato e no produto residual desconhecido de coloração escura no rafinado (move-se mais rapidamente com a fase móvel). Amostras de extrato (fluxo de xilose enriquecida) e rafinado (fluxo de produto residual) foram removidas periodicamente a fim de acompanhar o progresso do sistema com relação à recuperação de xilose no extrato e perdas de xilose no refinado.

[00198] Rendimento de xilose pode ser expresso como % de recuperação no fluxo de extrato. A eficiência do sistema é caracterizada em termos de taxa de vazão e diluição do material de alimentação.

[00199] A recuperação de xilose no extrato foi calculada da seguinte forma:

(Conc. de xilose da amostra (g/L) x taxa de fluxo do extrato (mL/min)) ÷ ((conc. de xilose no material de alimentação x alimentação da taxa de fluxo (mL/min))

[00200] Perdas no rafinado foram calculadas como:

(Conc. de xilose da amostra (g/L) x taxa de fluxo do rafinado (mL/min)) ÷ ((conc. de xilose no material de alimentação x alimentação da taxa de fluxo (mL/min))

[00201] A diluição de xilose no extrato foi calculada, uma vez que o sistema atingiu o estado estacionário, da seguinte forma:

Conc. de xilose da amostra do extrato (g/L) ÷ conc. de xilose de material de alimentação (g/L)

Análise da Corrente de Fluxo da Tabela 1

Componente	Análise
Sólidos	49,1%
Xilose	226,6 g/L
Celobiose	4,6 g/L
Lactose	11,8 g/L
Arabinose	8,4 g/L
Glicerol	13,1 g/L
Xilitol	3,6 g/L
Fósforo	300,6 ppm
Sódio	5381,6 ppm
Cálcio	5411,6 ppm
Enxofre	555,3 ppm
Silício	78,1 ppm
Potássio	14391,2 ppm
Magnésio	267,0 ppm
Ácido Acético	59,3 g/L

[00202] Qualquer diluição incorrida durante a purificação por SMB introduz água que, em última análise, precisaria ser removida do sistema.

Esta água extra precisaria ser removida por meio de destilação, que é um procedimento altamente custoso e de alta energia. Menos diluição do material de alimentação requer, portanto, menos energia a jusante.

[00203] O processo de SMB foi manipulado/modificado alterando-se as condições das colunas de um processo que inicialmente incorria em diluição relativamente alta da corrente de alimentação. A razão do fluxo de produto/fluxo de alimentação foi reduzida de 7,5 para 2,3. Da mesma forma, a quantidade de fluxo de resíduos também foi reduzida de uma razão inicial de fluxo de resíduos/fluxo de alimentação de 7,2 para uma relação melhorada de 1,2.

Fluxo de Xilose e Ácido L-lático Produzido a Partir de Biomassa

[00204] Biomassa sacarificada feita utilizando etapas semelhantes às descritas acima foi usada como fonte de açúcar para produzir um fluxo de xilose ácido L-lático.

[00205] O organismo fermentador de glicose para ácido L-lático *Lactobacillus rhamnosus* NRRL B-445 foi cultivado em 25 mL de meio de MRS (BD Diagnostic Systemas No. 288130) de estoques de refrigeração de 250 uL. A cultura foi incubada durante a noite em uma incubadora do tipo shaker a 37 ^{0}C e 150-200 rpm.

[00206] A fermentação para produzir o ácido lático foi conduzida em um biorreator equipado com uma manta de aquecimento, impelidores de agitação, sondas de monitoramento de pH e termopares de monitoramento térmico.

[00207] O meio de produção para um experimento usou 11 L de biomassa sacarificada, 22g de extrato de levedura, 1,6 mL de antiespumante AFE-0010, e 6% de $CaCO_3$. O meio foi aquecido a 70 ^{0}C por 1 hora e depois resfriado a 37 ^{0}C. O meio foi então inoculado com 1% (110 mL) do *Lactobacillus rhamnosus*. Permitiu-se que a fermentação prosseguisse a 37 ^{0}C, enquanto a solução era agitada a 200 rpm. A glicose foi completamente consumida após 48 horas.

[00208] Logo após a fermentação, oito litros do produto de fermentação não-purificado foram aquecidos a 90 ^{0}C por 30 - 45 minutos e depois resfriados a temperatura ambiente. A mistura esfriada foi acidifica usando-se ácido sulfúrico concentrado a entre 1,5 e 2 pH, usando tiras indicadoras de pH para monitorar o pH. A mistura foi agitada em temperatura ambiente por 2 horas, período ao longo do qual formou-se um precipitado (por exemplo, incluindo sulfato de cálcio).

[00209] A suspensão foi centrifugada a 3400 rpm para 25m e o sobrenadante foi filtrado através de um filtro de 0,22 µm e 5,5 L de filtrado foram coletados. Amostra do filtrado foram coletadas para análise.

[00210] O filtrado foi subsequentemente percolado através de uma coluna que continha 2,7 L se resina de troca de cátion fortemente acídica, Mitsubishi Diaion PK 228 em forma ácida, em uma taxa de fluxo de 1 volume de leito por hora (BV/h). O primeiro litro de eluato foi descartado. O resto do eluato foi coletado. Dois litros de água foram adicionados à coluna após a adição do filtrado, e estes também foram coletados e combinados com o eluato, fornecendo 6,5 L de eluato combinado. Retirou-se uma amostra de eluato combinado para análise.

[00211] O eluato combinado foi subsequentemente concentrado utilizando-se um evaporador giratório, fornecendo 1,2 L de concentrado. Uma amostra foi coletada para análise.

[00212] Cromatografia líquida de alta performance (CLAE) foi usada para analisar as concentrações de ácido L-láctico, xilose e ácido acético. Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) foi usada para analisar a concentração de enxofre, ferro, sódio, cálcio e magnésio. Os dados de análise são relatados na Tabela 2.

Tabela 2: Análise HPLC e ICP Pré-SMB para Produtos de Fermentação de Ácido Lático

Descrição da amostra	Vol. (L)	Xilose (g/L)	Ácido Lático (g/L)	Ácido Acético (g/L)	Dados do ICP-OES (Limite de detecção 10 ppm)					
					S	Fe	Mg	Na	Ca	P

Meio Processado Antes de PK228	5,5	34,402	62,409	7,208	1089	20	250	49	575	não feito
Eluato de PK228	6,5	27,188	49,476	5,666	741	< 10	< 10	384	< 10	69
Concentre-se	1,2	152,3	274,5	11,2	3662	< 10	< 10	1778	< 10	358

Purificação do Ácido L-láctico e do Fluxo de Xilose Utilizando-se SMB

[00213] Separação de ácido lático e xilose de misturas ácido lático:xilose foi desempenhada usando-se Cromatografia de Leito Móvel Simulado (SMB), conforme descrito aqui.

Equipamentos e métodos de análise

[00214] Unidade de Cromatografia de Leito Móvel Simulado: unidade SMB de Semba Biosciences: sistema de cromatografia modelo Octave 100 com 4 bombas Octave 100, capazes de taxa de fluxo de 0,0-100 ml/mn, módulo de Controle, módulo de Cromatografia e aplicação de software SembaPro.

[00215] Colunas de cromatografia: Oito colunas revestidas de Chromaflex da marca Kontes, série 420870 (2,5 cm de ID, 30 cm de comprimento ,147 ml de volume de leito), foram usadas no sistema.

[00216] Fase Estacionária: Mitsubishi Diaion UBK550.

[00217] Fase móvel (dessorvente): 5 mM ácido sulfúrico preparados com ácido sulfúrico ACS (98% $^{w}/_{w}$) e água DI com resistividade de 5mΩ·cm ou melhor.

[00218] Eficiência de separação do ácido lático no extrato pode ser determinada usando-se Cromatografia de Líquida de Alta Performance. Análise de área de pico do cromatograma foi usada para calcular e expressar a eficiência percentual da seguinte maneira:

[00219] 1 – (área de pico do cromatograma de xilose) (unidades de absorção) ÷ (área de pico do cromatograma de ácido lático (unidades de absorção) + área de pico do cromatograma de dímero de ácido lático

(unidades de absorção)))

[00220] A concentração de ácido lático no Extrato foi determinada usando-se metodologia de Cromatografia Líquida de Alta Performance, referenciada a uma amostra externa padrão apropriada e é expressa em g L^{-1}.

[00221] Eficiência de separação de xilose no rafinado foi determinada utilizando-se Cromatografia Líquida de Alta Performance. Análise de área de pico do cromatograma foi usada para calcular e expressar a eficiência percentual da seguinte maneira:

[00222] 1 – ((área de pico do cromatograma de ácido lático (unidades de absorção) ÷ área de pico do cromatograma de dímero de ácido lático (unidades de absorção)÷ + área de pico do cromatograma de xilose (unidades de absorção)).

[00223] A concentração de xilose no extrato foi determinada usando-se metodologia analítica padrão de Cromatografia Líquida de Alta Performance, referenciada a uma amostra externa padrão apropriada e é expressa em g L^{-1}.

[00224] Perdas no rafinado foram calculadas como:

(Concentração de ácido lático da amostra (g L^{-1}) x taxa de fluxo do rafinado (mL min^{-1})) ÷ ((concentração de ácido lático do material de Alimentação x Taxa de fluxo do material de Alimentação (mL min^{-1}))

[00225] A diluição de ácido lático no extrato foi calculada, uma vez que o sistema atingiu o estado estacionário, da seguinte forma:

Concentração de ácido lático na amostra do extrato (g L^{-1}) ÷ concentração de ácido láctico do Material de Alimentação (g L^{-1})

[00226] A diluição de xilose no rafinado foi calculada, uma vez que o sistema atingiu o estado estacionário, da seguinte forma:

Amostra de concentração de xilose do rafinado (g L -1 de) ÷ concentraçãode xilose no Material de Alimentação (g L^{-1})

Estudo de Composto Modelo

[00227] Misturas modelo de ácido lático FCC e xilose FCC foram preparadas em razões e concentrações representativas de misturas de ácido lático derivado de fermentação e xilose. Estas misturas modelo foram empregadas para explorar o espaço de design usando-se análises multivariadas padrão para determinar condições operacionais SMB.

[00228] As colunas de cromatografia foram mantidas em temperatura ambiente (24-28°C) durante os experimentos. Material de alimentação e dessorvente foram simultaneamente introduzidos ao sistema em uma taxa de fluxo constante.

[00229] Ácido lático foi enriquecido (mais retido na fase estacionária) no extrato e xilose foi enriquecida no rafinado (menos retida na fase estacionária). Amostras de extrato (fluxo de ácido lático enriquecida) e rafinado (fluxo de produtos residuais) foram removidas periodicamente a fim de monitorar o desempenho, por exemplo, a eficiência de separação.

[00230] Constatou-se que as condições operacionais entregam qualquer eficiência de separação individual de xilose ou ácido láctico (por exemplo, até 100 %), ou uma eficiência de separação simultânea de xilose e ácido lático de até 96 %. A diluição da produção de ácido lático pode ser selecionada a qualquer nível de 1,99 vezes a 233,83 vezes dependendo dos objetivos operacionais.

Separação de Xilose Derivada de Fermentação e Ácido Lático

[00231] Os concentrados, derivados da fermentação de material sacarificado produzindo ácido láctico e misturas de xilose, foram submetidos a SMB para separação da xilose e ácido láctico nas misturas.

[00232] Vários experimentos mostraram que a concentração de ácido láctico em tal mistura variou entre cerca de 135 a 300 g L^{-1}, concentrações de xilose variaram entre 77 e 230 gL^{-1} e as razões de ácido láctico para xilose em misturas variaram entre 1:0,55 e 1:0,88.

[00233] Os fluxos de mistura de ácido lático:xilose do concentrado foram introduzidos no sistema SMB como fluxos de Alimentação, enquanto

5mM de ácido sulfúrico foi introduzido simultaneamente como fluxo Dessorvente. Resultados de um experimento encontram-se listados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados de Rafinado e Extrato

	Concentração de Ácido Lático	Concentração de Xilose	Diluição do Componente Principal	Eficiência de Separação
Material de Partida	134,9 g L^{-1}	76,6 g L^{-1}	-	-
Extrato	68,6 g L^{-1}	6,0 g L^{-1}	1,97	87,4%
Rafinado	0,6 g L^{-1}	12,3 g L^{-1}	6,25	97,0%

[00234] Xilose do extrato pode ser concentrada, por exemplo, de modo a fornecer um concentrado tal como xarope ou mesmo xilose em forma seca. Ácido láctico obtido no fluxo de extrato pode ser concentrado e depois sujeitado a um tratamento SMB secundário sequencial para remover impurezas de aparição tardia, por exemplo, mais polares. Em seguida, concentração adicional da solução de saída de ácido lático pode ser requerida.

[00235] Uma vez atingida a concentração final, uma técnica de purificação ortogonal pode ser aplicada para separar o ácido lático do ácido sulfúrico residual. Exemplos de técnicas de purificação ortogonal adequadas incluem destilação reativa (por exemplo, destilação na presença de metanol para produzir o éster metílico mais volátil), extração solvente - solvente e derivitização – isolamento -- hidrólise sequencial.

[00236] Outros além dos exemplos neste documento, ou a menos que expressamente especificado de outra forma, todos os intervalos numéricos, quantidades, valores e porcentagens, como aqueles para quantidades de materiais, conteúdos elementares, tempos e temperaturas de reação, razões de quantidades e outros, na porção seguinte da especificação e reivindicações anexadas podem ser lidos como se antecedidos pela expressão "cerca de", mesmo que o termo "cerca de"

possa não parecer expressamente com o valor, quantidade ou intervalos. Consequentemente, a menos que indicado ao contrário, os parâmetros numéricos estabelecidos na seguinte especificação e nas reivindicações anexadas são aproximações que podem variar dependendo das propriedades desejadas a serem obtidas pela presente invenção. Pelo menos, e não como uma tentativa de limitar a aplicação da doutrina de equivalentes ao escopo das reivindicações, cada parâmetro numérico deve, pelo menos, ser interpretado à luz do número de dígitos significativos relatados e aplicando as técnicas de arredondamento comuns.

[00237] Não obstante que os intervalos numéricos e parâmetros estabelecendo o amplo escopo da invenção são aproximações, os valores numéricos estabelecidos nos exemplos específicos são relatados tão precisamente quanto possível. Qualquer valor numérico inerentemente, no entanto, contém erros resultando necessariamente a partir do desvio padrão encontrado em suas respectivas medições de testes. Além disso, quando os intervalos numéricos são estabelecidos neste documento, esses intervalos incluem os pontos de extremidade variados citados (por exemplo, pontos de extremidade podem ser usados). Quando porcentagens em peso são usadas neste documento, os valores numéricos relatados são relativos ao peso total.

[00238] Além disso, deve ser entendido que qualquer intervalo numérico citado neste documento destina-se a incluir todos os subintervalos subsumidos nele. Por exemplo, uma escala de "1 a 10" é destinada a incluir todos os subintervalos entre (e incluindo) o valor mínimo recitado de 1 e o valor máximo recitado de 10, ou seja, ter um valor mínimo igual ou maior que 1 e um valor máximo igual ou menor que 10. Os termos "um", "uma", ou "um" são usados neste documento destinados a incluir "pelo menos um" ou "um ou mais," a menos que indicado de outra forma.

[00239] Qualquer patente, publicação ou outro material de divulgação, no todo ou em parte, isto é, referido a ser incorporado por

referência neste documento é incorporado neste documento apenas na medida em que o material incorporado não entre em conflito com as definições, declarações ou outro material de divulgação existentes estabelecidos nesta divulgação. Como tal e na medida do necessário, a divulgação, como explicitamente estabelecido neste documento, substitui qualquer material conflitante incorporado neste documento por referência. Qualquer material, ou porção do mesmo, que seja referido a ser incorporado por referência neste documento, mas que está em conflito com as definições, declarações, ou outro material de divulgação existentes neste documento estabelecidos serão apenas incorporados na medida em que nenhum conflito surja entre o material incorporado e o material de divulgação existente.

[00240] Ao passo que esta invenção tem sido particularmente mostrada e descrita com referências às suas modalidades preferenciais, será igualmente compreendido por aqueles versados na técnica que várias alterações na forma e nos detalhes podem ser feitas, sem se desviar do escopo da invenção englobada pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para atualizar um fluxo de processo, o método **caracterizado** pelo fato de compreender:

tratamento do material celulósico ou lignocelulósico com radiação ionizante a fim de reduzir recalcitrância do material celulósico ou lignocelulósico;

sacarificação do material celulósico ou lignocelulósico radiado a fim de obter líquidos de biomassa sacarificada compreendendo xilose e glicose;

fermentação dos líquidos de biomassa sacarificada com um organismo que fermenta seletivamente a glicose a fim de produzir uma composição de fermentação compreendendo xilose,

em que a concentração de xilose na composição de fermentação é aumentada em relação aos líquidos de biomassa sacarificada, e

a remoção de componentes indesejáveis da composição de fermentação ao se utilizar um sistema de cromatografia de leito móvel simulado.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a radiação ionizante se encontra na forma de elétrons acelerados.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de que o material celulósico ou lignocelulósico foi sacarificado ao se utilizar uma ou mais enzimas.

4. Método, de acordo com uma das reivindicações de 1 a 3, **caracterizado** pelo fato de que o material celulósico ou lignocelulósico foi sacarificado ao se utilizar um ou mais ácidos, opcionalmente

em que o ácido é ácido sulfúrico.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações acima, **caracterizado** pelo fato de que os componentes indesejáveis são selecionados a partir do grupo que consiste em corpos coloridos, fragmentos solúveis de lignina, compostos iônicos ou misturas destes.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os líquidos de biomassa sacarificada compreendem um ou mais monossacarídeos presentes em uma concentração total entre 50 g/L e 500 g/L, ou

pelo fato de que o um ou mais monossacarídeos estão presentes em uma concentração total entre 100 g/L a 400 g/L, ou

pelo fato de que o um ou mais monossacarídeo(s) estão presentes em uma concentração entre 150 g/L a 350 g/L.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações acima, **caracterizado** pelo fato de que a composição de fermentação entra no sistema de cromatografia de leito móvel simulado a uma primeira concentração e a composição de fermentação sai do sistema de cromatografia de leito móvel simulado a uma segunda concentração, a qual é de 0,1 a 0,90 vezes maior do que a primeira concentração, e/ou

pelo fato de que os líquidos de biomassa sacarificada incluem menos do que 1 por cento de sólidos suspensos, e/ou

pelo fato de os líquidos de biomassa sacarificada incluem menos do que 0,1 por cento de sólidos suspensos, e/ou

pelo fato de que os líquidos de biomassa sacarificada incluem sólidos suspendidos tendo um tamanho de partícula na faixa entre 0,05 mícrons e 50 mícrons, e/ou

pelo fato de que compreende, adicionalmente, o tratamento de líquidos de biomassa sacarificada por meio de um método selecionado a partir do grupo que consiste em cromatografia, filtragem, centrifugação, precipitação, destilação, complexação, de-ionização e combinações destes, antes da utilização do sistema de cromatografia de leito móvel simulado a fim de remover componentes indesejáveis.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações acima, **caracterizado** pelo fato de que a composição de fermentação compreende um ou mais sacarídeos e um ou mais produtos de

fermentação.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de que o produto de fermentação é um álcool,

opcionalmente em que o álcool é etanol.

10. Método, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, **caracterizado** pelo fato de que o um ou mais produtos de fermentação são isolados por destilação.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações acima, **caracterizado** pelo fato de compreender, adicionalmente, a descoloração dos líquidos de biomassa sacarificada com um agente descolorante antes da utilização do sistema de cromatografia de leito móvel simulado, em que o agente descolorante é selecionado a partir do grupo que consiste em carbono em pó, carbono granular, carbono extrudado, carbono de osso de carvão, carbono ativado, resinas estirênicas, resinas acrílicas, resinas magnéticas, argilas descolorantes, bentonita, atapulgita, montmorillonita, hormita e combinações destes, opcionalmente

em que, após a descoloração, a cor da solução é menor do que 100, conforme medição segundo o método Platina-Cobalto.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações acima, **caracterizado** pelo fato de que o sistema de cromatografia de leito móvel simulado permite contato da composição de fermentação com uma ou mais resinas embaladas em uma ou mais colunas de modo a remover os componentes indesejáveis, opcionalmente

de que a uma ou mais resinas compreendem uma resina poliestirênica., e/ou

de que a uma ou mais resinas incluem um cátion pendente, selecionado a partir do grupo que consiste em Al^{3+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Li^{+}, Na^{+}, K^{+}, Rb^{+} e combinações destes.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que uma ou mais resinas incluem um grupo funcional pendente

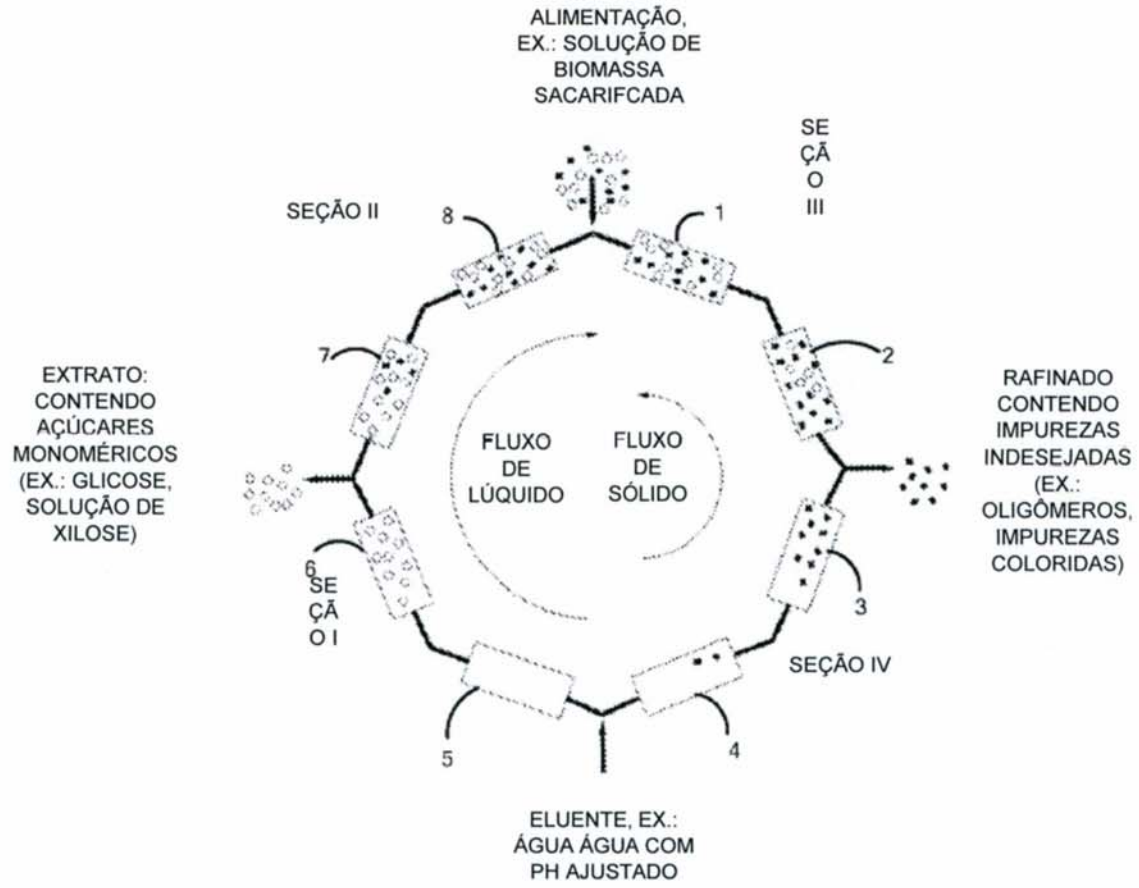
selecionado a partir do grupo que consiste em grupos de sulfonato, grupos de ácido sulfônico, grupos éster e combinações destes, e/ou

de que a uma ou mais resinas são resinas reticuladas, e/ou

de que a uma ou mais resinas são substancialmente esféricas em formato, e as resinas têm um tamanho de partícula entre 100 mícrons a 500 mícrons, e/ou

de que a uma ou mais resinas têm uma densidade entre 1 g/cc a 1,75 g/cc, e/ou

de que a uma ou mais resinas têm uma capacidade de troca de íons maior do que 1,0 meq/mL.


ALIMENTAÇÃO, EX.: SOLUÇÃO DE BIOMASSA SACARIFCADA
SE ÇÃ O III
SEÇÃO II
8
1
7
2
EXTRATO: CONTENDO AÇÚCARES MONOMÉRICOS (EX.: GLICOSE, SOLUÇÃO DE XILOSE)
FLUXO DE LÚQUIDO
FLUXO DE SÓLIDO
RAFINADO CONTENDO IMPUREZAS INDESEJADAS (EX.: OLIGÔMEROS, IMPUREZAS COLORIDAS)
6
SE ÇÃ O I
3
SEÇÃO IV
5
4
ELUENTE, EX.: ÁGUA ÁGUA COM PH AJUSTADO

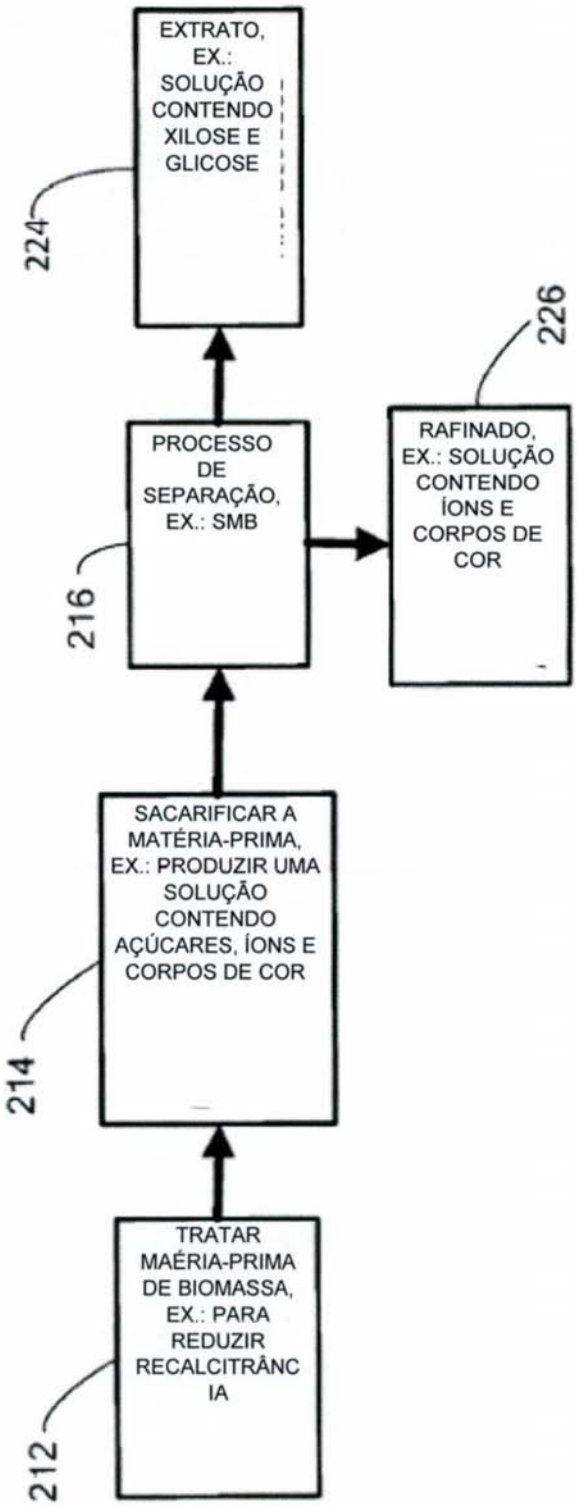
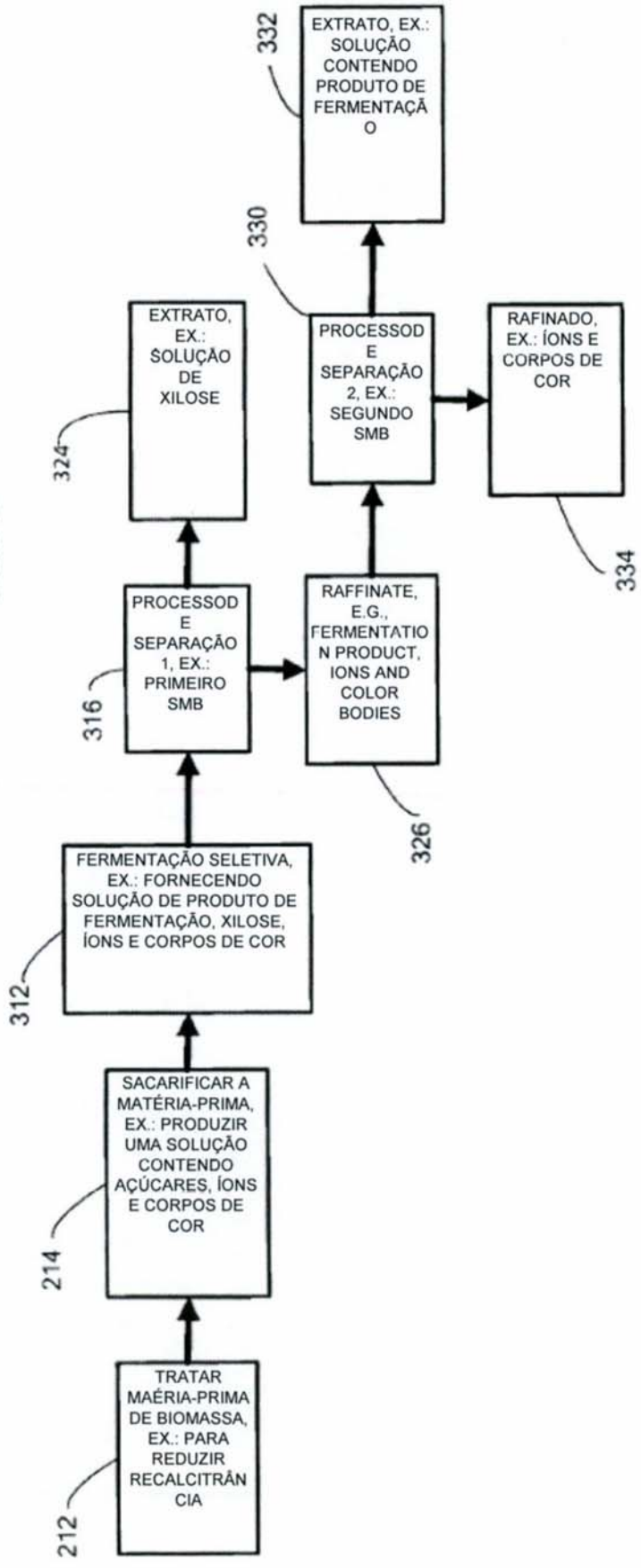

EXTRATO, EX.: SOLUÇÃO CONTENDO XILOSE E GLICOSE
224
226
RAFINADO, EX.: SOLUÇÃO CONTENDO ÍONS E CORPOS DE COR
PROCESSO DE SEPARAÇÃO, EX.: SMB
216
SACARIFICAR A MATÉRIA-PRIMA, EX.: PRODUZIR UMA SOLUÇÃO CONTENDO AÇÚCARES, ÍONS E CORPOS DE COR
214
TRATAR MAÉRIA-PRIMA DE BIOMASSA, EX.: PARA REDUZIR RECALCITRÂNCIA
212

FIG. 2

FIG. 3


TRATAR MAÉRIA-PRIMA DE BIOMASSA, EX.: PARA REDUZIR RECALCITRÂNCIA
212
SACARIFICAR A MATÉRIA-PRIMA, EX.: PRODUZIR UMA SOLUÇÃO CONTENDO AÇÚCARES, ÍONS E CORPOS DE COR
214
FERMENTAÇÃO SELETIVA, EX.: FORNECENDO SOLUÇÃO DE PRODUTO DE FERMENTAÇÃO, XILOSE, ÍONS E CORPOS DE COR
312
PROCESSODE SEPARAÇÃO 1, EX.: PRIMEIRO SMB
316
EXTRATO, EX.: SOLUÇÃO DE XILOSE
324
RAFFINATE, E.G., FERMENTATION PRODUCT, IONS AND COLOR BODIES
326
PROCESSODE SEPARAÇÃO 2, EX.: SEGUNDO SMB
330
RAFINADO, EX.: ÍONS E CORPOS DE COR
334
EXTRATO, EX.: SOLUÇÃO CONTENDO PRODUTO DE FERMENTAÇÃO
332