



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

(11) PI 0919601-3 B1

(22) Data do Depósito: 24/06/2009

(45) Data de Concessão: 15/05/2018



(54) Título: MÉTODO PARA DEGOMAGEM E/OU REFINAÇÃO DE ÓLEO CRU CONTENDO IMPUREZAS

(51) Int.Cl.: C10G 45/00

(30) Prioridade Unionista: 12/05/2009 US 12/464,646, 15/06/2009 US 12/484,981, 27/02/2009 US 12/395,110

(73) Titular(es): CAVITATION TECHNOLOGIES, INC.

(72) Inventor(es): ROMAN GORDON; IGOR GORODNITSKY; VARVARA GRICHKO

MÉTODO PARA DEGOMAGEM E/OU REFINAÇÃO DE ÓLEO CRU CONTENDO
IMPUREZAS

DESCRIÇÃO

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 A invenção se refere geralmente a métodos de refino de óleos vegetais e gorduras animais cruas, assim como a aparelhos de cavitação, que são utilizados para o processamento de misturas de fluidos. A invenção utiliza a energia liberada mediante a implosão e/ou pulsação das

10 características de cavitação, para alterar as propriedades dos fluidos. Mais particularmente, a presente invenção se refere à degomagem de óleos, utilizando processamento cavitacional para modificar fosfatídios (NHP) e metais hidratáveis e/ou não-hidratáveis, seguido de separação para

15 a obtenção de um produto refinado e mais valioso. O método encontra aplicações no setor de alimentos, químico, farmacêutico e outros mais.

Os óleos preferenciais, que podem ser refinados e/ou degomados com a presente invenção, são óleos vegetais

20 comestíveis, isto é, canola, coco, milho, algodão, semente de uva, amendoim, linhaça, palma, amendoim, farelo de arroz, colza, soja, cártamo, girassol e outros óleos vegetais, que são importantes fontes de alimento. Óleos vegetais crus podem ser produzidos a partir de sementes de

25 hortaliças por meio de extração de solventes, seguido por

filtragem da miscella obtida para remover sólidos e partículas.

Óleos vegetais crus são compostos principalmente de triglicérides e contêm impurezas, como fosfatídios, ácidos graxos livres (FFA), compostos de mau sabor, 5 clorofila e outros pigmentos, ceras, e metais, como alumínio, cálcio, cobre, ferro, magnésio e potássio. As impurezas afetam negativamente o sabor, cheiro, aparência e vida de prateleira de óleos e, portanto, têm que ser 10 removidas antes do consumo.

Os óleos crus são produzidos por prensagem de sementes ou grãos secos em flocos (triturados). O óleo prensado a frio é obtido de sementes sem aquecimento prévio. As oleaginosas podem ser prensadas a quente após 15 condicionamento a ~ 80°C por cerca de meia hora. Prensagem a quente proporciona melhores rendimentos, mas pode levar à elevada deterioração de óleo e acúmulo de fosfatídios não hidratáveis, ou seja, ferro, cálcio e sais de magnésio de ácido fosfatado e fosfatidiletanolamina (PE), devido à ação 20 das lipases e outras enzimas, que são muito ativas a 57 - 85°C.

Fosfatídios são derivados de fosfato de glicerol, que normalmente contém uma base nitrogenada. Ácido fosfatado tem uma estrutura de glicerol com um ácido graxo 25 saturado ligado ao carbono 1, um ácido graxo insaturado ligado ao carbono 2, e um grupo fosfato ligado ao carbono

3. Elevados níveis de PA são encontrados em sementes imaturas, danificadas, doentes e úmidas. Para garantir uma maior qualidade de óleo, os produtores comerciais minimizam a exposição das sementes a temperaturas na faixa de 57-80°C durante o armazenamento, tratamento, e transporte. A fim de desativar fosfalipases, as sementes são tratadas com vapor aquecido a 150-170°C. Após esse tratamento, as concentrações de sais de cálcio, ferro e magnésio de ácido fosfatado se reduzem a ~25-50% do montante obtido através do processamento convencional (Cmolik e Pokorny, 2000; Gunstone e outros, 2007).

Por ocasião da produção de biodiesel a partir de tais óleos crus, é altamente desejável reduzir o teor de fósforo até no máximo 20 ppm da matéria-prima de óleo, graxa, gordura ou sebo, para garantir que o produto final atenda as normas regulamentares da EPA sobre emissões de descarga de motores a diesel. Processos de refino de óleo dependem do tipo de óleo e de sua composição, e geralmente consistem de degomagem, neutralização alcalina, branqueamento e desodorização. Degomagem se refere à remoção de fosfatídios e outros compostos similares, por adição de água e/ou ácido ao óleo e centrifugação. O objetivo principal da degomagem é remover fósforo, que está presente no óleo cru, na forma de fosfatídios hidratáveis e NHP. Sem remoção eficaz dos fosfatídios, os procedimentos de refinação a jusante podem não produzir resultados

aceitáveis. Além da remoção do NHP, é altamente desejável a remoção de ferro e outros metais (Racicot e Handel, 1982; Cvengros, 1995; Cmolik e Pokorny, 2000). O óleo, então, pode ser branqueado, desparafinado, hidrogenado e/ou
5 desodorizado para produzir um produto mais estável.

Vários métodos de degomagem da arte anterior foram desenvolvidos, incluindo degomagem com água (tratamento de óleo cru com água quente); degomagem ácida (tratamento de óleo cru com ácido fosfórico ou ácido
10 cítrico); refino de ácido (tratamento de óleo degomado com água, com um ácido, que é, então, parcialmente neutralizado com álcali e centrifugado para remover gomas residuais e ácidos graxos livres); degomagem seca (degomagem ácida com uma quantidade muito pequena de água, combinada com
15 branqueamento); degomagem enzimática (modificação de fosfolipídeos com enzimas para obter os compostos solúveis em água); degomagem com a ajuda de agentes quelantes (EDTA, ácido etilenodiaminotetracético, aminoácido aspártico, ácidos orgânicos málico e fumárico etc.); e degomagem por
20 membrana/ ultra-filtração (passagem do óleo cru através de uma membrana semipermeável, impermeável aos fosfolipídeos).

Refinação física, também conhecida como refino seco ou a vapor, se baseia na maior volatilidade de FFA, em comparação com os triglicerídeos. Neste método, a remoção
25 de FFA através de neutralização é substituída por desacidificação/ desodorização simultânea. As técnicas de

degomagem, refino alcalino, branqueamento, hidrogenação, desparafinação e desodorização são bem conhecidas na arte. Deve ser entendido que cada processo de refino resulta em certa perda de óleo.

5 Os fosfolipídios são os principais constituintes das membranas biológicas, que estão presentes em todas as espécies vivas. Eles são quantificados através da determinação do teor de fósforo (P), ou seja, a concentração total de fosfolipídios em óleo é indicada como
10 partes por milhão de fósforo (ppm de P). A concentração de fosfolipídios é calculada, multiplicando o valor medido para ppm de P por um fator 30. Por exemplo, o teor de fósforo do óleo de soja cru é de 400-1200 ppm e o do óleo degomado é geralmente de 10-100 ppm. O conteúdo de
15 fosfatida do óleo deve ser próxima a 20 ppm de P antes do branqueamento e de 5 ppm de P antes da extração.

Se o objetivo principal da degomagem é a remoção de fosfolipídeos hidratáveis, o processo preferido é de degomagem com água. Nesse método, óleo cru quente é
20 geralmente tratado com vapor superaquecido (220°C ou superior) sob baixa pressão. Fosfatídios hidratáveis se tornam insolúveis no óleo, devido à absorção de água e, portanto, podem ser eficazmente isolados. Uma camada de goma, que se forma depois de um período de tempo, é
25 separada por centrifugação e é usada para a produção de lecitina.

A lecitina é reconhecida pela FDA como GRAS, isto é, Geralmente Considerada como Segura, 21 CFR, 1841400, e é usada como um surfactante não-tóxico, emulsificante, lubrificante e para a produção de lipossomas. Lecitina comercial é uma mistura de vários fosfolipídios, como ácido fosfatado, fosfatidiletanolamina, fosfatidilcolina, e fosfatidilinositol, dependendo da origem e produção. Na lecitina hidrolisada, um ácido graxo é removido por uma fosfolipase.

10 Degomagem com água é utilizada geralmente para óleos de palma e de coco, e não está associada à perda significativa de óleo, saponificação, ou poluição ambiental. No entanto, os óleos degomados com água podem conter 100-250 ppm de P na forma de NHP, resultando em má
15 qualidade e baixa estabilidade oxidante (Racicot e Handel, 1982; Athenstaedt e Daum, 1999). Neste caso, a degomagem com água é geralmente seguida por, ou substituída por, degomagem ácida ou outro procedimento.

Degomagem de óleos de triglicerídeos crus, que
20 não foram afetados por uma atividade enzimática prévia, é divulgada na Pat. dos EUA N° 5.696.278 de Segers. O processo de Segers envolve repetidos e prolongados aquecimentos do óleo.

Óleo de soja, de girassol e muitos outros óleos
25 são geralmente degomados com ácido, devido a um elevado nível de sais de cálcio e magnésio de ácido fosfatado, que

não podem ser removidos por degomagem com água. Na degomagem ácida, ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ou anidrido maleico são dispersos em óleo, seguido por elevação do pH com uma base, e
5 separação dos lipossacarídeos, NHP, FFA, lipoproteínas e alguns triglicérides presos. A degomagem ácida requer uma lavagem a jusante, e pode ser associada a uma substancial perda de óleo. O óleo degomado com ácido, então, é descolorido por aquecimento na presença de terra, carvão ou
10 argila de atapulgita de branqueamento a uma pressão reduzida (Lin e Yoo, 2007). Em uma etapa desodorização final, os compostos voláteis são removidos do óleo branqueado por extração a vapor e vácuo. Na prática, as inúmeras combinações desses e de outros procedimentos são
15 aplicadas, de acordo com certas propriedades dos óleos. Por exemplo, a concentração de fosfolipídios no óleo pode ser reduzida para 5 ppm de P, usando EDTA e aditivos emulsificantes após a extração de fosfolipídios com água quente (Choukri e outros, 2001).

20 A Patente dos EUA N° 4.698.185 de Dijkstra e outros divulga um processo para a produção simultânea de óleos e gomas vegetais degomadas com uma concentração elevada de PA. Os materiais de partida para esse processo são os óleos vegetais degomados em água, que contêm NHP e
25 ferro em excesso. Numa primeira fase, o ácido fosfórico é disperso no óleo degomado em água, e tempo suficiente é

permitido para que os sais de ácido fosfatado se decomponham. Numa segunda fase, uma base é adicionada para aumentar o valor do pH acima de 2,5, sem causar substancial saponificação. Numa terceira etapa, a fase aquosa contendo
5 as gomas e a fase oleosa são separadas. Embora esse processo resulte em óleo degomado com concentrações muito baixas de P e ferro, e gomas de elevado teor de PA com melhor usabilidade, ele requer múltiplas etapas de processamento e um demorado tempo de permanência.

10 Óleos de triglicerídeos podem ser degomados usando álcalis. O método inclui a conversão de FFA em sabões e a separação de fosfolipídios que se concentram na fase aquosa. No entanto, a degomagem alcalóide requer a lavagem e centrifugação adicional do óleo, e produz
15 resíduos na forma de sabão. Degomagem ácida é um processo preferido.

Outro procedimento de degomagem permite a remoção do NHP de óleos usando cloreto de potássio e de sódio. Os óleos de soja, farelo de arroz e de mostarda degomados em
20 água, tratados com a solução de cloreto de potássio a 1,5% e cloreto de sódio a 0,5% (95:5 v/v), contêm uma quantidade tão baixa quanto 0,05, 0,06 e 0,02% de fosfolipídios, proporcionalmente. Esse método, quando combinado com degomagem em água, remove NHP com perda de ~ 4% de óleo
25 (Nasirullah, 2005).

Fosfolipases, as enzimas que modificam fosfolipídios, têm encontrado numerosas aplicações na degomagem de óleo, o que resultou em significativos benefícios ambientais. A eficiência da degomagem enzimática é melhorada através da engenharia genética (De Maria e outros, 2007).

Entre os métodos de degomagem física, a aplicação de membranas seletivas é um método promissor, que oferece diversas vantagens sobre as tecnologias convencionais. Ultrafiltração eficiente separa fosfolipídios, e pode ser utilizada em degomagem e desparafinação de óleos puros e óleos diluídos com hexano para melhorar o fluxo. Membranas não porosas são a melhor escolha para degomagem, desparafinação, e descoloração simultânea. Novos avanços da tecnologia de membranas são desejáveis para aplicações industriais (Manjula e Subramanian, 2006).

É bem conhecido que um aumento na pressão e temperatura, juntamente com mistura vigorosa fornecida por cavitação, podem iniciar e acelerar inúmeras reações e processos. Melhorar o rendimento da reação e a eficiência dos processos por meio da energia liberada, através do colapso das cavidades geradas nos meios fluídicos, tem encontrado inúmeras aplicações. Embora extrema pressão ou calor possam ser uma desvantagem, o resultado de um tratamento otimizado de cavitação tem comprovado sua eficácia.

A cavitação pode ser de diferentes origens, incluindo a hidrodinâmica, acústica, ultrassônica, induzida a laser e gerada por injeção de vapor em um fluido refrigerado. A aplicação simultânea de duas ou mais técnicas de geração de cavitação pode prever um resultado ainda melhor, ou seja, o acoplamento da cavitação por injeção de vapor com cavitação acústica melhora a eficiência em 16 vezes (Young, 1999; Gogate, 2008; Mahulkar e outros, 2008).

Foi relatado que óleo de soja cru pode ser rapidamente degomado através da aplicação de sonicação ultrassônica na presença de uma pequena quantidade de agente de degomagem (Moulton e Mounts, 1999). O procedimento remove até 90-99% de fosfolipídios. No entanto, deve ser notado que a tecnologia de som requer o uso de um ambiente em lotes. Como o efeito diminui com o aumento da distância da fonte de radiação, a eficácia do tratamento de cavitação sonora depende do tamanho de um recipiente e é baixa com vasos de maior porte. As alterações ocorrem em locais específicos, dependendo da frequência de radiação e, portanto, não são uniformes. Além disso, assistido por cavitação por som não pode ser usada com eficiência em processos contínuos com uma alta taxa de transferência. Na cavitação sonora, a exigência de energia é muito alta, e o tempo de permanência é longo demais para ser economicamente viável para degomagem com alta produção.

Os requisitos de energia para dispositivos ultrassônicos integrados em linha podem chegar a 1 MW para velocidades de fluxo de 20-100 m³/h.

Diferente da cavitação acústica, a cavitação hidrodinâmica com fluxo passante não requer o uso de um vaso. Numerosos aparelhos hidrodinâmicos com fluxo passante são conhecidos. Veja, por exemplo, a Pat. dos EUA N° 6.705.396 de Ivannikov e outros e a Pat. dos EUA N° 7.338.551, 7.207.712, 6.502.979, 5.971.601 e 5.969.207 de Kozyuk, que divulgam aparelhos de cavitação hidrodinâmica e suas aplicações.

Agora, com o custo das questões de energia e da saúde humana crescendo rapidamente, é altamente desejável diminuir o nível de impurezas em óleos comestíveis e biodiesel, e reduzir o consumo de energia do refino. As técnicas da arte prévia não oferecem o método mais eficiente de degomagem e refino de óleos, especialmente de óleos vegetais comestíveis, no mais curto espaço de tempo possível.

Portanto, existe a necessidade de um método melhorado para processamento de óleos e gorduras. O método e dispositivos inventivos são particularmente desejados em refinarias de óleo durante a colheita, quando a produção é um fator chave. A presente invenção fornece tais métodos e dispositivos, ao produzir produto de melhor qualidade com

menor tempo de processamento e menor acúmulo de resíduos prejudiciais ao meio ambiente.

A presente invenção proporciona um método e dispositivo para gerar cavitação em um fluxo de óleo a ser tratado dentro de pelo menos uma câmara de cavitação, de preferência, em várias câmaras de cavitação consecutivas. Esta meta é alcançada através da concepção de um dispositivo de cavitação destinado à rápida degomagem/refino de óleos vegetais e gorduras animais.

Para atingir a maior margem de lucro possível, é necessário diminuir o tempo, consumo de energia, e eliminar a produção de resíduos de degomagem. Os métodos da técnica anterior não oferecem o método mais eficaz no menor tempo possível. Portanto, existe a necessidade de um método e dispositivo melhorados para degomagem de óleo com um menor tempo de permanência e custo da energia, que produza óleos degomados com baixos níveis de fósforo e metais. A presente invenção satisfaz essas necessidades, e oferece outras vantagens relacionadas.

20 SUMÁRIO DA INVENÇÃO

A presente invenção é dirigida a um método para processamento de óleos fluídicos em dispositivos de cavitação hidrodinâmica de um único ou de vários estágios com fluxo passante. A invenção atual é dirigida a um método de degomagem e/ou refino de óleo cru contendo impurezas. Os tipos de óleo cru a serem degomados e/ou refinados incluem

óleo vegetal comestível, sebo ou gordura animal, ou óleo a partir de bactérias, leveduras, algas, procariontes ou eucariontes. As impurezas incluem fosfatídios, ácidos graxos livres, compostos de mau sabor, compostos sulfurosos, pigmentos, clorofila, ceras, metais, carboidratos, lipossacarídeos, proteínas, aldeídos, cetonas, terpenos, esteróides ou carotenos.

O método começa com o fornecimento de um dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante tendo um trajeto de fluxo através desse. O dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante é configurado, como descrito nos Pedidos Co-pendentes, a seguir identificados e comentados. Em seguida, o óleo cru é misturado com um agente de degomagem para formar um fluido misturado com uma fase oleosa e uma fase aquosa. Preferencialmente, o agente de degomagem compreende água, vapor, ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido málico, ácido fumárico, ácido aminado aspártico, ácido etilenodiaminotetracético, álcalis, sais, agentes quelantes, éteres de coroa, lipases solúveis ou imobilizadas, enzimas, ou anidrido maleico. O óleo também pode ser misturado com um solvente, como hexano, para melhorar o fluxo.

O fluido misturado é, então, bombeado para dentro do trajeto de fluxo do dispositivo de cavitação a uma pressão de bomba predeterminada. A pressão de bomba se

situa, de preferência, no intervalo de 50-5.000 psi. O fluido misturado pode ser aquecido, antes de realizar a etapa de bombeamento, mas isso não é necessário. Na verdade, uma modalidade preferida tem o fluido misturado à temperatura ambiente, pouco antes do bombeamento. Em seguida, recursos cavitacionais são gerados no fluido misturado, em virtude dele ser transmitido através do dispositivo de cavitação. As características de cavitação auxiliam e aceleram o processo de transferência das impurezas da fase oleosa para a fase aquosa. Finalmente, a fase oleosa é separada da fase aquosa. A separação é realizada preferencialmente através da sedimentação, centrifugação, filtração, destilação, extração ou lavagem.

O fluido misturado pode ser agitado, antes de realizar as etapas de bombeamento e de geração. Além disso, o óleo cru pode ser processado no dispositivo de cavitação, antes de realizar a etapa de misturação. As etapas de bombeamento e de geração podem ser repetidas, antes de realizar a etapa de separação. Alternativamente, as etapas de misturação, bombeamento, geração e separação podem ser repetidas com a fase oleosa separada.

Foi constatado que a cavitação hidrodinâmica facilita sobremaneira a degomagem de óleo, permitindo a rápida e eficiente remoção de fosfolipídios, metais e outras impurezas. A presente invenção leva à criação de micro-bolhas de cavitação em uma mistura de fluidos de

óleo, gordura (sebo) e/ou água, resultando na produção de óleo degomado sem fosfatídios, metais e outras impurezas. Degomagem melhorada é obtida através do projeto de um dispositivo de cavitação, que agiliza o processo de
5 degomagem e é seguido por separação das gomas do óleo.

Em uma modalidade preferida, o óleo cru fluídico pode ser misturado com água mineral livre ou uma solução contendo o(s) reagente(s) de degomagem. A mistura é bombeada para dentro do dispositivo a uma pressão de bomba
10 predeterminada, através de um bocal frontal de jatos múltiplos tendo uma pluralidade de canais. O bombeamento da mistura através do bocal faz com que a pressão do fluido flutue, o que cria inúmeras características cavitacional, ou seja, bolhas, na mistura de óleo e água. A degomagem é
15 facilitada pela criação de fluxos instáveis com a ajuda de bocais tipo Venturi, que são descritos em outra parte (Fedotkin e Gulyi, 2000; Mahesh e outros, 2004; Li e outros, 2008). A intensidade da cavitação pode ser controlada pela variação da pressão de entrada na bomba. O
20 processo de cavitação é mantido por um período de tempo suficiente para obter o produto refinado.

A cavitação separa temporariamente os constituintes de óleo com alto ponto de ebulição dos gases aprisionados, vapor de água e os vapores das impurezas
25 voláteis, que podem ser encontrados dentro das bolhas. A pulsação e/ou implosão dessas bolhas mistura o óleo e a

água, aumentando bastante a área da superfície de contato desses líquidos imiscíveis. A mistura fluídica perde todas as características cavitacionais em um cone de atomização disposto no final do aparelho.

5 Na maioria dos casos, a degomagem de óleos com a cavitação hidrodinâmica com fluxo passante pode ser realizada de forma eficiente com água destilada, desionizada, água doce, ou um tipo similar de água sem
10 íons de cálcio e magnésio na água são ligados nas contas de resina, substituindo o sódio, que é liberado na água. A utilização dessa água melhora significativamente o impacto ambiental, uma vez que não acumula resíduos perigosos.

 As gomas produzidas são de alta qualidade e podem
15 ser usadas para a produção de lecitina e outros subprodutos valiosos, com melhoria dos rendimentos sobre os processos existentes. Dependendo da temperatura inicial da água e do óleo, nível de impurezas no óleo, relação entre água e óleo, pressão de entrada do dispositivo de cavitação e
20 outras condições iniciais, as gomas produzidas podem ser uma camada inferior ou uma camada superior. Embora isso seja menos importante, quando a separação for conseguida com centrifugação, a localização da camada de goma em
25 relação à camada de óleo pode ser benéfica, quando se utiliza outras técnicas de separação.

Se necessário, vapor, ácido fosfórico, ácido cítrico, álcalis, sais, agentes quelantes, éteres de coroa, lipases solúveis ou imobilizadas e outras enzimas (Balcao e outros, 1996; Mahmood e outros, 2008), e outros agentes de
5 degomagem podem ser usados junto com o processo de cavitação para melhorar a degomagem. Visto que a degomagem assistida por cavitação hidrodinâmica fornece vigorosa
misturação, ela geralmente exige quantidades substancialmente menores de agentes de degomagem que os
10 métodos convencionais. Além disso, degomagem assistida por cavitação hidrodinâmica pode ser ampliada para acomodar facilmente grandes produções.

Muitas vezes, degomagem assistida por cavitação não exige pré-aquecimento do óleo vegetal cru ou da água e,
15 portanto, pode ser conduzida à temperatura ambiente ou a temperaturas inferiores à ambiente, de preferência entre 15-25°C. Isso protege os ácidos graxos insaturados da oxidação e deterioração, e conserva a energia.

O termo óleo inclui, mas não se limita a, óleo
20 homogêneo ou heterogêneo de origem vegetal e gordura animal ou sebo existente em uma fase líquida, imediatamente antes da cavitação. O óleo também pode ser produzido por bactérias, leveduras, e outros e outros procariotos e eucariotos de tipo selvagem ou geneticamente modificados,
25 um sistema de duas fases ou de várias fases composto de óleo, água e/ou outros líquidos imiscíveis, soluções de

sais, ácidos, álcalis, gases e/ou outros solutos, dispersões, emulsões, suspensões, sólidos fundidos, gases em um estado supercrítico e suas misturas. O fluido pode ser aquecido, resfriado, desgaseificado ou saturado com 5 nitrogênio, dióxido de carbono, e outros gases ou suas misturas.

Assim, além dos objetos e vantagens da rápida degomagem de óleo acima descrita, vários objetos e vantagens da invenção atuais são:

10 (1) facilitar a operação, melhorar a produtividade, reduzir o consumo de energia e a geração de resíduos de degomagem/ refinação de óleo;

(2) fornecer um aparelho de fluxo contínuo para degomagem de óleo, de uma maneira dramaticamente acelerada 15 e simplificada, com custos otimizados;

(3) fornecer um método de degomagem, submetendo óleo e água ou solução do agente de degomagem ou mistura dos mesmos a, pelo menos, um evento de cavitação hidrodinâmica;

20 (4) fornecer um método para o refino gradual em cascata de óleos, submetendo os componentes originais dos referidos óleo e água, ou uma solução de degomagem, a um primeiro evento de cavitação, seguido por sujeição dos compostos residuais originais e produtos das reações à 25 subsequente eventos de cavitação;

(5) fornecer um dispositivo para degomagem/refino no local de produção de óleo cru;

(6) fornecer um método para degomagem sem empregar a alta temperatura e pressão associadas aos
5 métodos convencionais;

(7) fornecer um método para degomagem de óleo assistida por cavitação em um ambiente privado de oxigênio para evitar a oxidação dos ácidos graxos insaturados e outros componentes alimentares, que podem ser benéficos;

10 (8) fornecer um método de degomagem, submetendo o óleo a pelo menos um processo de cavitação hidrodinâmica acompanhado por injeção de vapor, otimizando o limite de cavitação;

(9) fornecer um método, no qual dois ou mais
15 sistemas de cavitação hidrodinâmica com fluxo passante são empregados.

Os objetos da presente invenção são alcançados através da alimentação de óleo e água no dispositivo de cavitação hidrodinâmica com fluido passante para realizar a
20 transferência de fosfolipídios e outras impurezas do óleo para a água. O fenômeno é chamado de cavitação, porque cavidades se formam, quando a pressão do fluxo tiver sido reduzida à pressão de vapor do fluido. As bolhas de vapor se expandem e entram em colapso repentino, ao atingir uma
25 região de alta pressão. O colapso violento provoca aumento

da pressão e temperatura localizada e intensas forças de cisalhamento, resultando em completa mistura e reações.

É uma decisão de custo do equipamento, qual o tipo de dispositivo de cavitação hidrodinâmica com fluxo passante empregar, já que um número de configurações é tecnicamente viável, seja para degomagem contínua em grande escala, seja para refino de pequenas quantidades. Pode se garantir condições ideais, criando uma intensa cavitação uniformemente no fluxo de óleo e água, enquanto que evitando o desperdício de energia. Idealmente, a energia aplicada deve ser reduzida a um nível otimizado, onde a cavitação efetivamente ainda ocorrer e o gasto energético for mínimo.

Outras características e vantagens da presente invenção tornar-se-ão evidentes a partir da seguinte descrição mais detalhada, tomada em conjunto com os desenhos anexos, que ilustram, a título de exemplo, os princípios da invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Os desenhos anexos ilustram a invenção. Em tais desenhos:

a figura 1 é um fluxograma ilustrando uma modalidade preferida do método inventivo;

a figura 2 ilustra um gerador de cavitação com fluxo passante compatível com a presente invenção;

a figura 3 mostra outro gerador de cavitação com fluxo passante compatível com a presente invenção;

a figura 4 ilustra um gerador de cavitação de vários estágios com fluxo passante compatível com a presente invenção;

a figura 5 ilustra outro gerador de cavitação de vários estágios com fluxo passante compatível com a presente invenção; e

a figura 6 ilustra outro gerador de cavitação de vários estágios com fluxo passante compatível com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES PREFERIDAS

Com referência às figuras de desenho anexas, é divulgado um método para degomagem de óleos através da criação de eventos de cavitação. Certos óleos de produção contêm contaminantes, tais como fosfatídios, ácidos graxos livres, impurezas metálicas, compostos sulfurosos, carboidratos, lipossacarídeos, proteínas, aldeídos, cetonas, terpenos, esteróis, clorofila, caroteno e outras impurezas. Esses contaminantes devem ser removidos antes do tratamento posterior do óleo, gordura ou sebo. Além disso, os contaminantes são utilizáveis em outros processos, dependendo da sua pureza. Embora a discussão a seguir se refira principalmente ao óleo, pretende-se também incluir gordura e sebo.

Os objetos da presente invenção são alcançados através da alimentação de óleo fluídico em um dispositivo de cavitação hidrodinâmica com fluxo passante para hidratar fosfatídios e induzir reações químicas, que favoreçam a
5 degomagem e o refino. Cavitação hidrodinâmica resulta na formação de cavidades de vapor no fluxo de água e óleo, quando acelerado com uma bomba. O fenômeno é chamado de cavitação, porque, quando a pressão do fluxo se reduz à pressão do vapor de água, cavidades são formadas. As
10 cavidades sofrem colapso, ao atingir uma região de alta pressão a jusante. O colapso produz um aumento na pressão e temperatura, bem como intensas forças de cisalhamento, resultando na transferência de massa entre as fases de óleo e água e elevadas reações químicas. Idealmente, a cavitação
15 ocorre de maneira uniforme e eficiente com um gasto energético mínimo.

A FIG. 1 mostra um fluxograma geral, ilustrando o método inventivo. Nesse fluxograma, o método inventivo começa com o fornecimento (110) de um dispositivo de
20 cavitação hidrodinâmica com fluxo passante. Em seguida, o óleo cru é misturado (112) com um agente de degomagem, como aqui descrito. O óleo cru misturado é, então, bombeado (114) através do dispositivo de cavitação hidrodinâmica com fluxo passante. A passagem do óleo cru misturado através do
25 dispositivo de cavitação gera (116) recursos de cavitação no óleo cru misturado. Finalmente, o óleo cru misturado,

que foi passado através do dispositivo de cavitação, é separado (118) em uma fase oleosa e uma fase aquosa. O uso de um dispositivo de cavitação hidrodinâmica com fluxo passante resulta em um rápido processo de degomagem, que não pode ser repetido com os métodos da técnica de cavitação anteriores. O projeto de fluxo passante permite alto volume de transferência com rendimentos muito maiores a um custo reduzido. Métodos de cavitação da arte anterior são ineficientes, devido ao meio de produção da cavitação.

5

10 Métodos de cavitação da arte anterior são igualmente demorados e mais caros, porque eles não têm a capacidade de processamento de alto volume do método inventivo, ou até mesmo exigem o processamento em lotes, com um alto tempo de permanência.

15 Em uma modalidade preferida, óleo cru é combinado com água ou uma solução de água para formar um meio fluido composto de uma fase oleosa e uma fase aquosa. A água pode incluir água doce, destilada, ou purificada por osmose reversa. A solução de água, de preferência, compreende

20 agentes químicos de degomagem adequados, ou seja, ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, anidrido maleico, quelantes, ou outros reagentes semelhantes. Qualquer um dos métodos de degomagem da arte prévia, acima discutidos, pode ser empregado no método

25 inventivo. O meio fluido é, então, submetido ao processamento assistido por cavitação. O processamento

assistido por cavitação resulta em uma rápida transferência dos contaminantes da fase oleosa para a fase aquosa. Após o processamento assistido por cavitação, o meio fluido passa, de preferência, por um processo de separação, em que a fase
5 oleosa é separada da fase aquosa.

O processamento assistido por cavitação é realizado através da utilização de um dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante, de um único ou de vários estágios, para criar eventos de cavitação no
10 fluxo de fluido. A compressão de vapor e a formação de micro-jatos acompanham a implosão das bolhas de cavitação associadas aos eventos ou recursos de cavitação. O colapso das bolhas de cavitação resulta em regiões localizadas de elevada pressão, elevada temperatura e vigorosa misturação
15 para desengomar e refinar o óleo. Os aumentos da pressão e da temperatura excitam as moléculas de fosfolipídio contidas nas camadas de fluido em torno das bolhas, convertendo-as, assim, na fase aquosa. Esta ação promove a formação de goma, adsorção de compostos contendo metais e
20 outras reações e processos. Durante o processamento assistido por cavitação, acredita-se que cálcio e outros metais formem carbonatos para reduzir ainda mais o teor de metais do óleo.

Durante o processamento assistido por cavitação,
25 as gomas são hidratadas e se aglomeram na fase aquosa. Para isolar o óleo refinado e recolher os subprodutos valiosos,

o processamento assistido por cavitação pode ser seguido por um processo de separação a jusante. No separador a jusante, as gomas são removidas e enviadas para armazenagem ou para processamento alternativo. Tais processos de
5 separação incluem sedimentação, centrifugação, filtração, destilação, extração, lavagem ou outros procedimentos semelhantes. As gomas isoladas podem ser usadas como um aditivo de alimentos para animais ou para a produção de lecitina.

10 Essa separação pode ser realizada em uma centrífuga à temperatura ambiente ou após o aquecimento prévio, por exemplo, a 50°C. As gomas separadas costumam ter um valor de acidez de cerca de 0,3 mg KOH/g. Assim, não é necessário neutralizar as gomas antes do branqueamento
15 e/ou desodorização das gomas separadas. Com 2-3% em volume de água adicionada durante o processo de degomagem, o teor de umidade do óleo degomado é geralmente de cerca de 0,1% em massa. Assim, não é necessário secar o óleo, e ele pode ser submetido à refinação a jusante, ou utilizado para a
20 produção de biodiesel.

Em outra modalidade preferida, degomagem de óleo é realizada simultaneamente com, ou após, o processamento de cavitação adicional, para hidratar plenamente os fosfatídios e transferi-los da fase oleosa para a fase
25 aquosa. As bolhas geradas durante esse processamento de cavitação subsequente são compostos de vapores dos

compostos, que são voláteis nas condições de cavitação. Esses compostos voláteis normalmente incluem aqueles a serem removidos durante o branqueamento ou desodorização. Em uma modalidade particularmente preferida, um fluido de cavitação, como o hexano, é usado como um solvente para o óleo, para melhorar o fluxo. A energia liberada pela implosão das bolhas destrói a estrutura das moléculas de água e ativa outras moléculas voláteis, forçando-as a reagir e formar compostos diferentes, que não têm que ser removidos por branqueamento ou desodorização.

O fenômeno da cavitação é categorizado pelo número de cavitação C_v , definido como: $C_v = (P - P_v) / 0,5\rho V^2$, onde P é a pressão a jusante da constricção, P_v é a pressão de vapor do fluido, V é a velocidade do fluido no orifício, e ρ é sua densidade. A cavitação inicia preferencialmente no número da cavitação inicial $C_{vI} = 1$, e $C_v < 1$ implica um elevado grau de cavitação. A quantidade de eventos de cavitação em uma unidade de fluxo é outro parâmetro importante (Suslick, 1989; Didenko e outros, 1999; Suslick e outros, 1999; Young, 1999; Gogate, 2008; Zhang e outros, 2008; Passandideh-Fard e Roohi, 2008).

A implosão das bolhas resulta na formação de micro-bolhas deformadas. Quando essas micro-bolhas deformadas se movem para dentro de uma zona de pressão reduzida, elas se tornam núcleos, aumentando a densidade do campo de cavitação e reduzindo o limiar de cavitação. Essa

melhoria facilita a formação de goma e a separação da fase oleosa. Isso faz com que dispositivos de cavitação com fluxo passante sejam especialmente adequados para degomagem e refino de óleos.

5 O tamanho das características cavitacionais, ou seja, das bolhas, depende das propriedades do fluxo de fluido, do desenho do dispositivo cavitacional, da velocidade de fluxo sustentada pela bomba, da temperatura do fluxo de fluido, e de outras condições de tratamento. Na
10 prática, a pressão da bomba é aumentada, até que um campo de cavitação adequado seja alcançado. Além de afetar o tamanho, concentração e composição de vapor das cavidades, a pressão de entrada afeta a composição do meio processado. O resultado desejado é obtido através da geração de
15 cavitação hidrodinâmica tendo um número de cavitação ideal e densidade de forma consistente em todo o fluxo de fluido. A modalidade preferida da presente invenção otimiza a cavitação, para desengomar óleo de forma eficiente, aplicando a pressão de bomba mais adequada, selecionada em
20 uma faixa de 50-5.000 psi. Além disso, a eficiência da degomagem assistida por cavitação é alta para uma vasta gama de temperaturas, permitindo uma melhor preservação de ingredientes valiosos instáveis durante a degomagem em baixas temperaturas.

25 Um enfoque prático para otimizar o rendimento do processo é estabelecer uma pressão de entrada, que forneça

suficientes recursos cavitacionais para a mistura completa de água e óleo, hidratação dos fosfatídios, e aglomeração de gomas na fase aquosa. A quantidade de água, que é adicionada ao óleo cru, se situa de preferência na faixa de 5 1 a 5% em volume. A quantidade real pode variar, dependendo do teor de fósforo e do nível de outras impurezas no óleo cru. Em uma modalidade alternativa, o óleo é submetido a um primeiro processo de cavitação na ausência de água, seguido por um segundo processo de cavitação na presença de água ou 10 agentes químicos de degomagem adequados.

O uso de vapor pode melhorar o processamento assistido por cavitação em determinadas situações. No entanto, uma pessoa hábil na arte entende que diferentes óleos requerem diferentes condições, para que ocorra uma 15 degomagem eficiente. Portanto, o intervalo de 50-5.000 psi não se destina a limitar a utilização da presente invenção. Degomagem assistida por cavitação pode ser repetida tantas vezes quantas forem necessárias para atingir os resultados desejados.

20 Em uma modalidade preferida, óleo cru é combinado com água e tem uma temperatura na faixa de 20-25°C. O volume de água, que é adicionado ao óleo cru, se situa de preferência na faixa de 1,8% a 2,4% em volume de óleo cru. Estes números supõem que a concentração de fósforo no óleo 25 cru seja de cerca de 1.000 ppm.

Em outra modalidade preferida, óleo cru é combinado com uma solução de ácido fosfórico e água. A temperatura do óleo cru e da solução de ácido se situa na faixa de 20-25°C. Primeiro, a solução de ácido fosfórico é adicionada ao óleo cru e a mistura é passada através de um dispositivo de cavitação para criar uma emulsão fina. Em segundo lugar, água, tal como água doce, destilada ou purificada por osmose reversa, é adicionada ao fluxo de fluidos, e o fluxo de fluido é novamente passado através do dispositivo de cavitação. Como antes, o volume de água, que é adicionado ao óleo cru, se situa de preferência na faixa de 1,8% a 2,4% em volume de óleo cru. Esta relação permite um maior grau de refino.

Os exemplos a seguir são apresentados para ilustrar a presente invenção, e não devem ser interpretados como uma limitação do âmbito ou espírito da invenção.

Exemplo 1

Dez litros de óleo de soja, que foram degomados com água por meio de um método convencional, e ainda assim continham 137 ppm de fósforo, de acordo com a análise, foram aquecidos a 70°C e misturados com 3% em volume de água destilada, aquecida a 70°C. A mistura foi submetida a uma única passagem através de um dispositivo de cavitação com fluxo passante. Depois da cavitação, a concentração de fósforo caiu para 8,82 ppm, o que corresponde a uma remoção de 93,6% de fosfatídios.

Exemplo 2

Dez litros de óleo de soja cru, que tem uma concentração de fósforo tão alta quanto 1.230 ppm e 5 ppm de ferro, foram aquecidos a 70°C e misturados com 3% em volume de água destilada, aquecida a 70°C. A mistura foi submetida a uma única passagem através de um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios, a uma pressão de bomba de entrada de 1.000 psi. A temperatura de processamento do dispositivo de cavitação foi a temperatura ambiente. Depois da cavitação, a mistura foi centrifugada para separar o óleo das gomas, e o tratamento foi repetido. A partir dos resultados da Tabela 1, pode-se observar que 97,2% do fósforo foram removidos após o primeiro tratamento, e 97,8% do fósforo foi retirado após o segundo tratamento. A concentração de ferro foi reduzida em 80%.

Tabela 1

Impureza	Método analítico	Limite de detecção, ppm	Concentração, ppm		
			Antes	Após o 1° tratamento	Após o 2° tratamento
Fósforo	ASTM 4951/ICP	1,00	1.230	34,3	27,3
Ferro	ASTM 4951/ICP	0,5	5	1	1

Exemplo 3

Conforme mostrado na Tabela 2, uma única passagem de óleo de soja cru na presença de 1% em volume de água

desionizada por um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios resultou na remoção de 96,1% do fósforo. A temperatura inicial da mistura de óleo e água foi de 14°C. Devido ao processo de cavitação, a temperatura foi elevada para 21°C, após uma única passagem através do dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios, a uma pressão de bomba de 1.000 psi. A degomagem assistida por cavitação resultou na formação de gomas de cor clara, não-danificadas, adequadas para a produção de lecitina.

Tabela 2

Impureza	Método	Limite de detecção, ppm	Concentração, ppm	
			Antes	Após 1 passagem
P	EN 14538 ICP-OES	1,00	1.312	51,5
Ca	EN 14538 ICP-OES	1,00	129	20,6
Fe (dissolvido)	EPA 6010	0,5	2	Não detectada
Mg	EN 14538 ICP-OES	1,00	148	12,8

Exemplo 4

Óleo de soja cru tendo 1.225 ppm de P, 106 ppm de Ca, 123 ppm de Mg, e 4 ppm Fe dissolvido foi misturado com 3% em volume de água e 0,05% em volume de ácido fosfórico concentrado. A mistura foi aquecida a 35°C e passou através de um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios. A mistura processada foi, então, aquecida a 55°C e as gomas foram separadas da fase oleosa por centrifugação. As gomas separadas foram analisadas e foi

encontrado terem 8,197 ppm de P, 1.007 ppm de Ca, 981 ppm de Mg, e 15 ppm de Fe dissolvido. O óleo tinha concentrações residuais de 14,0 ppm de P, 5,21 ppm de Ca, 3,17 ppm de Mg, e ferro que estava abaixo do limite de 5 detecção (0,5 ppm). Os dados confirmam que os metais e fosfatídios se acumularam na fase aquosa. Acredita-se que isso tenha ocorrido, por causa da complexa formação, extração, adsorção e outras reações e processos facilitados pela cavitação.

10 Exemplo 5

Óleo de soja pré-aquecido foi combinado com 0,05% em volume de uma solução de ácido fosfórico a 85% com uma densidade de 1,7g/ml. O óleo e a solução de ácido foram, então, combinados com 2% em volume de água destilada. A 15 mistura foi agitada por 5 min e, então, submetida a uma única passagem através de dois dispositivos de cavitação por fluxo passante de vários estágios conectados em série. A Tabela 3 mostra que 99,1% do fósforo no óleo foram removidos, juntamente com quantidades significativas de 20 metais e enxofre. Uma diminuição no teor de FFA também foi observada. A concentração média de FFA do óleo degomado por cavitação foi de 0,4-0,8%.

Tabela 3

Impureza	Método analítico	Limite de detecção, ppm	Concentração, ppm	
			Antes	Após 1 pass.
P	ASTM 4951/ICP	1,00	733	6,37

Ca	EN 14538 ICP-OES	1,00	90,4	1,78
Cu (dissolvido)	EPA 6010	0,1	Não detectada	Não Detectada
Fe (dissolvido)	EPA 6010	0,5	2	Não Detectada
Mg	EN 14538 ICP-OES	1,00	98,9	Não Detectado
S	ASTM 5453	0,5	13,4	1,3
FFA	USP	0,1%	0,8%	0,7%

Exemplo 6

Óleo de soja cru, tendo originalmente 488 ppm de P, foi misturado com 0,05% em volume de ácido fosfórico concentrado e 1,5% em volume de água. A mistura foi submetida a um processo de cavitação em temperatura ambiente. O produto refinado continha tão pouco quanto 5,29 ppm de P, menos de 0,5 ppm de Fe dissolvido, e menos de 1 ppm de Ca e Mg.

10

Exemplo 7

Óleo de soja cru foi misturado com 3% em volume de água e submetido a uma única passagem através de um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios, a uma pressão de bomba inicial de 1.000 psi. A temperatura da mistura foi de 19,6°C antes da, e de 28°C após a, degomagem assistida por cavitação. Os dados da Tabela 4 mostram que 99,1% do fósforo foram removidos,

15

juntamente com quantidades significativas de metais e outros compostos.

Tabela 4

Impureza	Método	Limite de detecção, ppm	Concentração, ppm	
			Antes	Após 1 pass.
P	EN 14538 ICP-OES	1,00	1.312	12,1
Ca	EN 14538 ICP-OES	1,00	129	6,98
Fe (dissolvido)	EPA 6010	0,5	2	Não Detectada
Mg	EN 14538 ICP-OES	1,00	148	3,92

5 Exemplo 8

Óleo de soja cru foi misturado com 1,5% em volume de água e submetido a uma única passagem através de um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios, a uma pressão de bomba inicial de 1.250 psi. A temperatura da mistura foi de 11°C antes da, e de 20°C após a, degomagem assistida por cavitação. Os dados da Tabela 5 mostram que 98,4% do fósforo foram removidos, juntamente com quantidades significativas de metais e compostos.

Tabela 5

Impureza	Método	Limite de detecção, ppm	Concentração, ppm	
			Antes	Após 1 pass.
P	EN 14538 ICP-OES	1,00	1.312	20,8
Ca	EN 14538 ICP-OES	1,00	129	9,53
Fe (dissolvido)	EPA 6010	0,5	2	Não Detectada

Mg	EN 14538 ICP-OES	1,00	148	5,48
----	------------------	------	-----	------

Exemplo 9

O mesmo óleo de soja cru do Exemplo 8 foi misturado com 0,05% em volume de ácido fosfórico concentrado a 35°C e, em seguida, passou por um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios. A mistura processada foi combinada com 3% em volume de água e submetida a uma segunda passagem pelo mesmo dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios. Após a segunda passagem, a concentração de fósforo diminuiu em 99,4% para 7,87 ppm. As concentrações de Ca e Mg diminuíram para 3,11 ppm e 1,82 ppm, respectivamente.

Exemplo 10

O mesmo óleo de soja cru do Exemplo 8 foi misturado com 2% em volume de água doce a 19,4°C e, a seguir, submetido a uma passagem por um dispositivo de cavitação por fluxo passante de vários estágios. A mistura processada foi aquecida a 50°C e separada por processos de sedimentação e de centrifugação para separar as gomas do óleo. A concentração de fósforo no óleo caiu para 10,5 ppm ou em 99,2%. As concentrações de Ca e Mg diminuíram para 6,65 3,28 ppm, respectivamente. A concentração de enxofre caiu para 0,6 ppm, e aquela das ceras e de outros metais foi também reduzida significativamente.

Exemplo 11

Processamento de milho em uma usina de bioetanol resulta em um subproduto contendo óleo, ceras e cerca de 18% de FFA. Essa composição não pode ser usada diretamente para a produção de biodiesel. De acordo com a presente
5 invenção, o subproduto foi combinado com 3% em volume de água e passado por um dispositivo de cavitação por fluxo passante de várias fases. Depois da cavitação, a cera se precipitou e foi removida. O subproduto processado pode ser
10 misturado em uma relação de 1:19 com óleo de soja ou sebo contendo 1,2% de FFA e utilizado para a produção de biodiesel de elevada qualidade por um processo separado. Uma vez que os métodos existentes para desparafinação desses subprodutos da produção de bioetanol são caros, a refinação assistida por cavitação é uma alternativa
15 acessível, facilitando a utilização desses subprodutos.

Tal como acima descrito, cavitação hidrodinâmica é a formação de cavidades cheias de vapor no fluxo de fluido, que é seguida pelo colapso de bolhas em uma zona de alta pressão. Na prática, o processo é realizado da
20 seguinte forma: o fluxo de fluidos é bombeado para uma entrada no dispositivo de cavitação. Em zonas localizadas, a velocidade do fluxo aumenta, fazendo com que a pressão do fluido caia, de acordo com a lei de Bernoulli. Isso leva à formação de bolhas cheias com os vapores de compostos que
25 fervem sob dadas condições. Quando as bolhas se movem até além da zona de baixa pressão, a pressão no fluxo aumenta,

de forma que as bolhas entram em colapso. Isso expõe os vapores dentro das bolhas e o meio envolvente à elevada pressão e temperatura, fortes forças de cisalhamento, ondas de choque, vibração acústica e irradiação eletromagnética.

5 Essa alteração do meio resulta em reações que ocorrem dentro das bolhas em colapso e/ou nas camadas adjacentes de fluido. Modalidades preferidas dos dispositivos de cavitação capazes de alcançar os objetos da presente invenção são divulgadas nos Pedidos de Patente Co-pendentes

10 dos EUA N° 12/144.539, 12/395.110 e 12/464.646. A totalidade desses Pedidos é aqui incorporada por esta referência.

Conforme ilustrado na FIG. 2, uma modalidade preferida do dispositivo de cavitação 10 utilizado na

15 presente invenção inclui um gerador de nano cavitação 12, conforme descrito no Pedido de Patente dos EUA N° 12/144.539. O componente chave do gerador de nano cavitação 12 é a câmara de reação 14 tendo um trajeto de fluxo 16 entre uma entrada 18 e uma saída 20. O trajeto de fluxo 16

20 define uma série de compartimentos com diâmetros e características de superfície variáveis, incluindo um compartimento de entrada 22, um compartimento de constrição 24, um primeiro compartimento de reação 26, um segundo compartimento de reação 28, um compartimento de reação

25 final 30 e um compartimento de saída 32. Um plasmator 34 é posicionado no trajeto de fluxo 16 entre o compartimento de

construção 24 e o primeiro compartimento de reação 26. A configuração e funcionamento do gerador 12, incluindo o plasmator 34, são descritos no Pedido de Patente dos EUA N° 12/144.539.

5 Conforme ilustrado na FIG. 3, outra modalidade preferida do dispositivo de cavitação 10 inclui um gerador de nano cavitação 36, conforme descrito no Pedido de Patente dos EUA N° 11/144.539. Nesse gerador 36, a câmara de reação 38 tem um trajeto de fluxo 40 entre uma entrada
10 42 e uma saída 44. O trajeto de fluxo 40 define uma série de compartimentos com diâmetros e características de superfície variáveis, incluindo um compartimento de constrição 46, um orifício de entrada 48, um primeiro compartimento de transição 50, um compartimento de impacto
15 52, um orifício de saída 54, e um compartimento de saída 56. Um bloco de impacto 58 é posicionado no compartimento de impacto 52 oposto à abertura do primeiro compartimento de transição 50. A configuração e funcionamento do gerador 36, incluindo o bloco de impacto 58, são descritos no
20 Pedido de Patente dos EUA N° 12/144.539.

 Conforme ilustrado na FIG. 4, outra modalidade preferida do dispositivo de cavitação 10 inclui um gerador de múltiplos estágios 60, conforme descrito no Pedido de Patente dos EUA N° 12/395.110. O gerador de cavitação 60
25 tem um trajeto de fluxo 62 entre uma entrada 64 e uma saída 66. O trajeto de fluxo 62 tem várias estruturas, incluindo

um cone de entrada 68, um bocal de jatos múltiplos 70, um cone de guia 72 incorporando guias espirais 74, uma câmara de trabalho 76, um gerador de vórtice 78, e um cone de atomização 80. A configuração e funcionamento do gerador 60, incluindo o bocal de jatos múltiplos 70 e o gerador de vórtice 78, são descritos no Pedido de Patente dos EUA N° 12/395.110.

Tal como ilustrado na FIG. 5, outra modalidade preferida do dispositivo de cavitação 10 inclui um gerador de cavitação de vários estágios 82, conforme descrito no Pedido de Patente dos EUA N° 12/464.646. O gerador de cavitação 82 tem um trajeto de fluxo 84 com uma entrada 83 e uma saída 85. O trajeto de fluxo 84 tem várias estruturas, incluindo bocais de jatos múltiplos 86, câmaras de trabalho 88, guias de fluxo 90, corpos semi-esféricos 92, discos de turbilhonamento 94, e uma câmara de vórtice 96. As estruturas no trajeto de fluxo 84 são dispostas com simetria espelhada em torno de um ponto médio do dispositivo, que está posicionado na câmara de vórtice 96.

A configuração e funcionamento do gerador 82, incluindo os bocais de jatos múltiplos 86, guias de fluxo 90, corpos semi-esféricos 92, discos de turbilhonamento 94 e gerador de vórtice 96, são descritos no Pedido de Patente dos EUA N° 12/464.646.

Conforme ilustrado na FIG. 6, outra modalidade preferida do dispositivo de cavitação 10 inclui um gerador

de cavitação de vários estágios 97, como descrito no Pedido de Patente dos EUA N° 12/464.646. O gerador de cavitação 97 tem um trajeto de fluxo 84 com uma entrada 83 uma saída de 85. O trajeto de fluxo 84 tem uma série de bocais de jatos múltiplos 98 nele dispostos. Cada um dos bocais de jato múltiplos 98 inclui uma série de canais 99 dispostos ao longo de suas superfícies, com o tamanho e construção dos canais 99 variando de bocal a bocal. A configuração e funcionamento do gerador 97, incluindo os bocais de jato múltiplos 98 e os canais 99, são descritos no Pedido de Patente dos EUA N° 12/464.646.

O aparelho de cavitação com fluxo passante deve ser fabricado com materiais inertes. Para aumentar a resistência ao ácido fosfórico e outros agentes corrosivos, as partes internas podem ser revestidas com cerâmica, plástico, Teflon, nanodiamantes e outros materiais adequados e seus compostos. As propriedades do dispositivo podem ser otimizadas através de endurecimento, anodização, colagem, e outras tecnologias. Em outra modalidade, lipase e/ou outras enzimas podem ser dispostas na superfície interna do dispositivo, ou serem sustentadas por partículas magnéticas ou outras mais, que podem ser fixadas em um local desejado. O dispositivo de cavitação pode ser equipado com uma membrana seletiva para proporcionar melhor remoção de fosfatídios e outras impurezas através de ultrafiltração.

O dispositivo de cavitação pode ser colocado em uma região sob pressão de óleo, perto de um recipiente de armazenamento, ou fixado a uma estrutura deste tipo. No entanto, existe outra possibilidade, em que o dispositivo não seja fixo, mas móvel. O dispositivo de cavitação destina-se a efetuar a degomagem de grandes volumes de óleo. Outras linhas e sistemas corrediços podem ser montados para ampliar a capacidade de degomagem. A colocação de um dispositivo pode ser combinada com a colocação de outro. Estes sistemas podem ser facilmente montados e transportados, tornando-os adequados para o campo e locais remotos. Na prática, é necessário levar em conta o custo do dispositivo, sua capacidade de produção e os custos subsequentes de energia, manutenção e operação.

Um operador do dispositivo de degomagem por cavitação não é obrigado a usar protetores auriculares, como seria necessário no caso da cavitação sonora de alta frequência.

Um exemplo preferido de um dispositivo de cavitação eficiente, que é especialmente adequado para degomagem, é um conjunto composto por dois reatores de cavitação com 7 estágios, instalado sequencialmente em linha, a uma pressão de bomba de 800-1.250 psi. Preferencialmente, a pressão de bomba do primeiro reator é de cerca de 1.250 psi e a do segundo reator é de cerca de 625 psi, e a vazão do sistema é de cerca de 20 galões por minuto.

De acordo com os Pedidos Co-pendentes, o dispositivo de cavitação permite o controle da intensidade do campo de cavitação, modificando a pressão de entrada, a temperatura de entrada e a composição do meio fluido. Por exemplo, a viscosidade de certos óleos, gorduras fluídicas ou sebos, pode ser reduzida pela adição de solventes ou surfactantes, ou suas misturas. Além disso, a viscosidade pode ser reduzida por aquecimento, aplicando-se campos elétricos ou magnéticos externos, ou uma combinação de ambos.

A presente invenção cria condições favoráveis, que não podem ser repetidas pela arte anterior. A eficiência do processo é elevada, e pode ser melhorada por aplicações consecutivas de alta pressão, calor elevado, turbulência e mistura vigorosa aplicada em forma de fluxo passante dentro de um curto período de tempo. As modalidades preferidas da presente invenção aplicam otimizados níveis de pressão e calor, pela cavitação hidrodinâmica controlada por fluxo passante. O processo é independente das condições externas e fornece um meio extremamente eficaz de degomagem, refino, remoção de fosfatídios hidratáveis e NHP, metais e outras impurezas, e alterando a composição do óleo e das propriedades de modo uniforme em todo o fluxo.

Importantes benefícios econômicos são experimentados através da utilização da presente invenção.

O uso otimizado de uma cavitação hidrodinâmica por fluxo passante serve para reduzir os custos dos equipamentos, manuseio e de energia, pois ele melhora a eficiência de refinação e especialmente da degomagem. A degomagem assistida por cavitação apresenta menos problemas ambientais e é economicamente viável. A combinação de simplicidade tecnológica e viabilidade econômica torna atraente a degomagem assistida por cavitação para a produção de pequenas e grandes quantidades de óleo.

Os efeitos benéficos obtidos através da presente invenção não podem ser alcançados através de cavitação sonora ou ultrassônica, cavitação com rotor e estator, ou outros métodos de cavitação da arte anterior, porque as condições criadas pelo dispositivo de cavitação com fluxo passante não podem ser repetidas por outros meios. Na cavitação induzida por som, as bolhas formam uma barreira à transmissão e atenuam as ondas sonoras, o que limita o alcance efetivo das ondas sonoras induzidas. Além disso, a irradiação ultrassônica modifica o meio nos locais específicos, dependendo da frequência e potência da fonte. A presente invenção supera estas limitações, purificando o óleo de maneira uniforme. Essa invenção efetua a degomagem eficiente do óleo, fornecendo energia suficiente para conduzir esses processos e reações. Assim, a presente invenção proporciona um melhor meio de refino e produção de gomas de elevada qualidade.

As modalidades preferidas da presente invenção são aqui divulgadas. No entanto, deve-se entender que as modalidades divulgadas são meramente exemplares da invenção, que pode ser incorporada de várias formas.

5 Portanto, os detalhes divulgados nesse documento não devem ser interpretados como uma limitação, mas apenas como informativos, da invenção e como base para o ensino de uma pessoa com habilidade na arte, de como fazer e como utilizar a presente invenção.

10 Apesar de muitas modalidades terem sido descritas em detalhes para fins de ilustração, diversas modificações podem ser feitas, sem se afastar do escopo e do espírito da invenção. Assim, a invenção não deve ser limitada, exceto pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO PARA DEGOMAGEM E/OU REFINAÇÃO DE ÓLEO CRU CONTENDO IMPUREZAS, caracterizado pelo fato compreender as etapas de:

5 provisão de um dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante tendo um trajeto de fluxo através desse;

 misturação do óleo cru com um agente de degomagem para formar fluido misturado tendo uma fase oleosa e uma
10 fase de água, o agente de degomagem consistindo essencialmente de água em uma quantidade que não excede 3% de volume do óleo cru contendo impurezas;

 bombeamento do fluido misturado para dentro do trajeto de fluxo do dispositivo de cavitação a uma pressão
15 de bomba predeterminada;

 geração de recursos cavitacionais no fluido misturado, de tal forma que as impurezas sejam transferidas da fase oleosa para a fase aquosa; e

 separação da fase oleosa, da fase aquosa.

20 2. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de agitação do fluido misturado, antes de realizar as etapas de bombeamento e de geração.

 3. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1,
25 caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de

processamento do óleo cru no dispositivo de cavitação, antes de realizar a etapa de misturação.

4. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de
5 repetição das etapas de bombeamento e geração, antes de realizar a etapa de separação.

5. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de
repetição das etapas de misturação, bombeamento, geração e
10 separação usando a fase oleosa separada.

6. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato da etapa de separação ser realizada por meio de sedimentação, centrifugação, filtração, destilação, extração e lavagem.

7. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato das impurezas compreenderem
fosfatídios, ácidos graxos livres, compostos de mau sabor, compostos sulfurosos, pigmentos, clorofila, ceras, metais, carboidratos, lipossacarídeos, proteínas, aldeídos,
15 cetonas, terpenos, esteróides ou carotenos.

8. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do óleo cru ser composto por óleo vegetal comestível, sebo ou gordura animal, ou óleo de bactérias, fungos, algas, procariontes ou eucariontes.

9. MÉTODO PARA DEGOMAGEM E/OU REFINAÇÃO DE ÓLEO CRU CONTENDO IMPUREZAS, caracterizado pelo fato compreender as etapas de:

provisão de um dispositivo de cavitação
5 hidrodinâmica por fluxo passante tendo um trajeto de fluxo pelo seu interior, o trajeto de fluxo compreendendo um bocal de jatos múltiplos tendo uma pluralidade de canais, uma pluralidade de guias espirais em uma câmara de trabalho, uma pluralidade de guias de fluxo em uma câmara
10 de gerador de vórtice, e um cone de atomização possuindo uma área transversal aumentada;

misturação do óleo cru com um agente de degomagem para formar fluido misturado tendo uma fase oleosa e uma fase de água;

15 bombeamento do fluido misturado para dentro do trajeto de fluxo do dispositivo de cavitação a uma pressão de bomba predeterminada, de modo que o fluido misturado interage com o bocal de jatos múltiplos, a pluralidade de guias espirais, a pluralidade de guias de fluxo, e o cone
20 de atomização;

geração de recursos cavitacionais no fluido misturado dentro do trajeto de fluxo conforme o fluido misturado passa através do bocal de jatos múltiplos, da pluralidade de guias espirais, e da pluralidade de guias de
25 fluxo, de tal forma que as impurezas sejam transferidas da fase oleosa para a fase aquosa;

colapsar as características cavitacionais no fluido misturado dentro do trajeto de fluxo conforme o fluido misturado interage com o cone de atomização; e

separação da fase oleosa, da fase aquosa.

5 10. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de agitação do fluido misturado, antes de realizar as etapas de bombeamento e de geração.

10 11. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de processamento do óleo cru no dispositivo de cavitação, antes de realizar a etapa de misturação.

15 12. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de repetição das etapas de misturação, bombeamento, geração e separação, usando a fase oleosa separada.

20 13. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato da etapa de separação ser realizada por meio de sedimentação, centrifugação, filtração, destilação, extração e lavagem.

25 14. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de o agente de degomagem compreendendo água, vapor, ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido málico, ácido fumárico, ácido aminado aspártico, ácido etilenodiaminotetracético, álcalis, sais, agentes

quelantes, éteres de coroa, lipases solúveis ou imobilizadas, enzimas, ou anidrido maleico.

15. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato das impurezas compreenderem
5 fosfatídios, ácidos graxos livres, compostos de mau sabor, compostos sulfurosos, pigmentos, clorofila, ceras, metais, carboidratos, lipossacarídeos, proteínas, aldeídos, cetonas, terpenos, esteróis e carotenos.

16. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 9,
10 caracterizado pelo fato do óleo cru ser composto por óleo vegetal comestível, sebo ou gordura animal, ou óleo de bactérias, leveduras, algas, procariontes ou eucariontes.

17. MÉTODO PARA DEGOMAGEM E/OU REFINAÇÃO DE ÓLEO CRU CONTENDO IMPUREZAS, caracterizado pelo fato de
15 compreender as etapas de:

provisão de um dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante tendo uma trajetória de fluxo através desse, o trajeto de fluxo compreendendo pelo menos sete zonas de cavitação;

20 misturação do óleo cru com um agente de degomagem para formar fluido misturado tendo uma fase oleosa e uma fase de água;

bombeamento do fluido misturado para dentro do trajeto de fluxo do dispositivo de cavitação a uma pressão
25 de bomba predeterminada de modo que o fluido misturado interage com cada das pelo menos sete zonas de cavitação;

geração de recursos cavitacionais no fluido misturado dentro de cada das pelo menos sete zonas de cavitação dentro do trajeto de fluxo;

colapsar as características cavitacionais no fluido misturado entre todos dois adjacentes das pelo menos sete zonas de cavitação;

transferir as impurezas da fase de óleo para a fase aquosa no fluido misturado durante cada adas etapas de geração e colapso; e

separação da fase oleosa, da fase aquosa, utilizando sedimentação, centrifugação, filtração, destilação, extração ou lavagem.

18. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de agitação do fluido misturado, antes de realizar as etapas de bombeamento e geração.

19. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de processamento do óleo cru no dispositivo de cavitação, antes de realizar a etapa de misturação.

20. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de ainda compreender a etapa de repetição das etapas de misturação, bombeamento, geração e separação, usando a fase oleosa separada.

21. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de o agente de degomagem

compreender água, vapor, ácido fosfórico, ácido cítrico, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido málico, ácido fumárico, ácido aminado aspártico, ácido etilenodiaminotetracético, álcalis, sais, agentes
5 quelantes, éteres de coroa, lipases solúveis ou imobilizadas, enzimas, ou anidrido maleico.

22. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato do óleo cru ser composto por óleos vegetais comestíveis, gordura animal ou sebo, ou óleos de
10 bactérias, leveduras, algas, procariontes ou eucariontes, e impurezas compreenderem fosfatídios, ácidos graxos livres, compostos de mau sabor, compostos sulfurosos, pigmentos, clorofila, ceras, metais, carboidratos, lipossacarídeos, proteínas, aldeídos, cetonas, terpenos, esteróides ou
15 carotenos.

23. MÉTODO, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de a etapa de separação ser realizada mediante uso de sedimentação, centrifugação, filtração, destilação, extração ou lavagem.

20 24. MÉTODO PARA DEGOMAGEM E/OU REFINAÇÃO DE ÓLEO CRU CONTENDO IMPUREZAS, caracterizado pelo fato de compreender as etapas de:

provisão de um dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante tendo um trajeto de fluxo
25 através desse, o trajeto de fluxo compreendendo pelo menos dois bocais de jatos múltiplos de disco e a câmara de

vórtice central entre os pelo menos dois bocais de jatos múltiplos de disco, em que cada bocal de jatos múltiplos de disco possui uma pluralidade de canais atravessando suas superfícies e a câmara de vórtice possui um corpo
5 cilíndrico com guias de fluxo de perímetro;

bombear óleo contendo impurezas para dentro do trajeto de fluxo do dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante a uma pressão de bombeamento pré-determinada, de modo que o óleo contendo impurezas interaja
10 com cada bocal de jatos múltiplos de disco e a câmara de vórtice;

misturar um agente de degomagem com o óleo contendo impurezas;

gerar características de cavitação no óleo
15 contendo impurezas dentro do trajeto de fluxo do dispositivo de cavitação hidrodinâmica por fluxo passante conforme o óleo contendo impurezas passe através dos pelo menos dois bocais de jatos múltiplos de disco e câmara de vórtice central, de modo que as impurezas sejam
20 transferidas da phase oleosa para a fase aquosa; e
separação da fase oleosa, da fase aquosa.

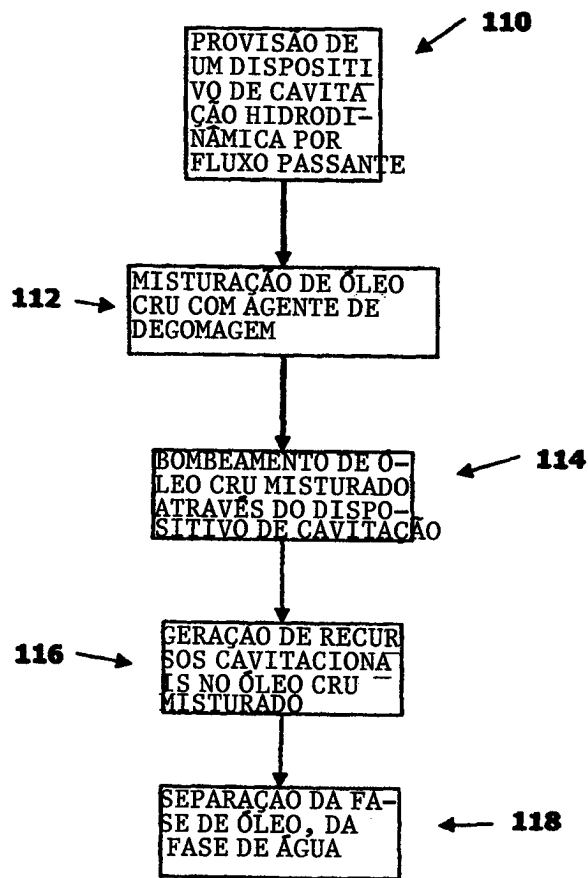


FIG. 1

