



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102019027106-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102019027106-0

(22) Data do Depósito: 18/12/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 29/06/2021

(51) Classificação Internacional: H05H 1/46; A61L 2/14; A23L 3/26; A23L 29/212.

(52) Classificação CPC: H05H 1/46; A61L 2/14; A23L 3/26; A23L 29/212; H05H 2240/20; H05H 2001/4607; H05H 2245/1225.

(54) Título: DISPOSITIVO GERADOR DE PLASMA NÃO TÉRMICO POR MICRO-ONDAS PARA TRATAMENTO CONTÍNUO DE MODIFICAÇÃO DE AMIDOS

(73) Titular: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. CGC/CPF: 46068425000133. Endereço: CIDADE UNIVERSITÁRIA ZEFERINO VAZ, DISTRITO DE BARÃO GERALDO, CAMPINAS, SP, BRASIL(BR), 13083-970

(72) Inventor: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI; ULLIANA MARQUES SAMPAIO; FLÁVIO MARTINS MONTENEGRO; ANTONIO MARSAIOLI JUNIOR; MICHELE NEHEMY BERTELI; JAYR DE AMORIM FILHO.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 18/12/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 10/06/2025

Assinado digitalmente por:
Alexandre Dantas Rodrigues
Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**DISPOSITIVO GERADOR DE PLASMA NÃO TÉRMICO POR MICRO-ONDAS
PARA TRATAMENTO CONTÍNUO DE MODIFICAÇÃO DE AMIDOS**

Campo da invenção

[1] A presente invenção trata-se de um dispositivo gerador de plasma não térmico por micro-ondas para tratamento contínuo de modificação de amidos.

[2] A presente invenção apresenta aplicação no ramo alimentício para alterações reológicas, desinfestações e tratamentos com diferentes espécies reativas geradas pós descarga do plasma não térmico.

Fundamentos da invenção

[3] O pedido de patente US 2002129902 aborda informações sobre um dispositivo de plasma não térmico, de fluxo uniforme, de processamento contínuo, operando em pressão atmosférica. O dispositivo da presente invenção é excitado por uma fonte de micro-ondas em 2,45 GHz operando em pressão atmosférica. Já no documento US 2002129902, emprega-se uma fonte de radiofrequência (RF) operando em 13,56 MHz, pressões de 10 Torr a 5000 Torr. Os mecanismos de produção e manutenção do plasma em micro-ondas e em RF são muitos distintos. No caso das micro-ondas, uma maior densidade de potência pode ser acoplada ao meio. No caso de produção por micro-ondas, não há necessidade de eletrodos dentro do reator, evitando-se a contaminação da amostra por elementos de-gaseificados dos eletrodos, como é o caso de reatores operando em RF. O dispositivo da presente invenção é adequado para utilização em alimentos e ingredientes alimentícios, que podem estar no estado líquido, sólido, em suspensão, pasta ou emulsão, sendo que o equipamento do documento relacionado é para componentes eletrônicos e matrizes sólidas e com tamanhos definidos. O dispositivo, da presente invenção, utiliza as espécies reativas geradas pós descarga do plasma, tratando os materiais alimentícios de forma indireta. O documento americano, apresenta a proposta do material passar

pela região do plasma, porém sem a presença dos íons que podem danificar os materiais exemplificados no documento. O objeto da presente invenção, o material a ser tratado é inserido através de uma tremonha de alimentação que conduz o material até um tubo elaborado com material inerte, onde uma rosca sem fim, posicionada em seu interior, promove uma homogeneização dos ingredientes e/ou alimentos que estão sendo tratados pelas espécies reativas geradas pelo plasma. Equipamento direcionado para utilização em materiais sólidos planos, componentes eletrônicos; Estrutura aberta da região do plasma e de difícil adaptação para outros materiais, principalmente alimentícios, que possuem características diferentes de componentes eletrônicos, como exemplo, temos amostras com alta ou baixa umidade, já os componentes eletrônicos são isentos de umidade. O tratamento de amostras com umidade requer diferenças técnicas na câmara de tratamento ; Possui eletrodos no interior do reator que podem reagir com as espécies reativas geradas pelo plasma e que incidirão sobre os materiais tratados, neste caso fica difícil o controle de tratamento de alimentos, devido a possibilidade de reações desconhecidas provocadas pelas espécies reativas geradas. A presente invenção possui versatilidade para tratamento de alimentos em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos; Possibilidade de tratar um único alimento ou sistemas multicomponentes ao mesmo tempo; Os tratamentos podem ocorrer de modo contínuo ou estacionário, com diferentes tempos de retenção do material; Diferentes configurações de rosca sem fim e modos de arraste do material a ser tratado; Permite o acoplamento de sistema de alimentação (gravidade ou rosca sem fim, por exemplo) para o controle da vazão de entrada do material a ser tratado.

[4] O pedido de patente BR PI 0903002 trata-se de um

reator em baixa pressão, 10 mTorr, operando em Rádio Frequência, 13,56 MHz para potências variando de 30 W a 70 W. O sistema para excitação do plasma é feito por acoplamento capacitivo, com eletrodos dentro do reator. Como no DOC 1, o emprego da excitação por micro-ondas, possibilita maior densidade de potência pode ser acoplada ao meio. No caso de produção por micro-ondas, não há necessidade de eletrodos dentro do reator, evitando-se a contaminação da amostra por elementos de-gaseificados dos eletrodos, como é o caso de reatores operando em RF. Processo descontínuo e com uso de vácuo, de difícil adaptação para sistemas contínuos de tratamento de ingredientes e alimentos; Não é possível medir quantidade e diferenciar quais espécies reativas presentes no plasma que estão no sistema, devido ao reator se constituir um ambiente hermético; Mostrou apenas possibilidade de trabalhar com modificação de amidos; Difícil coletar amostras para fazer controle da reação durante o processamento, pois o sistema tem que ser desligado para coleta de amostras. A presente invenção possui a versatilidade de se trabalhar com sistema contínuo ou descontínuo, diferentemente da patente relacionada que utiliza um reator para modificação de amido, em tratamento descontínuo; Utilização de pressão atmosférica, diferente do tratamento executado no amido do documento relacionado, onde se utilizou baixa pressão e vácuo; A presente invenção utiliza as micro-ondas para geração de plasma, diferentemente do documento que utiliza radio frequência; A presente invenção permite trabalhar com alimentos e ingredientes nos vários estados da matéria, de sólido, semi-sólido a líquido, enquanto na patente citada, o processo ocorre em ingredientes na forma de pó e com umidade inferior a 10%. A presente invenção permite combinar os gases geradores do plasma e fazer misturas ou tratamentos sequenciais com tipos diferentes do plasma no mesmo processo de modificação do componente alimentar, no doc. A cada

mudança de gás gerador do plasma, este é desligado e trocado o sistema para outro tipo de gás. A presente invenção tem como vantagens: Utilização de pressão atmosférica, diferente do tratamento executado no amido do documento relacionado, onde se utilizou baixa pressão e vácuo, permitindo coletar amostras para análises, durante o processamento; Possibilidade de se trabalhar de forma contínua ou descontínua em processos de tratamento de ingredientes e alimentos; Modificar os tempos de residência do material e exposição às espécies reativas formadas na pós descarga do plasma; Promoção de homogeneização dos materiais tratados através da rosca sem fim; Pode ser usado misturas de gases ou gases separados para promover as modificações durante o processamento, onde as espécies reativas poderão ser quantificadas.

[5] O pedido de patente BR 10 2013 018666 apresenta um equipamento que para gerar o plasma frio é constituído de eletrodos, sendo o polo positivo, ânodo 3H e o negativo, cátodo 3I, os quais são alimentados eletricamente por uma fonte de alta tensão (não ilustrada na patente). O plasma frio é feito num ambiente de vácuo, obtido por meio de um conjunto de vácuo 7, que compreende bomba de vácuo 7A ou conjunto de bombas de vácuo, especificadas conforme volume e características do resíduo R a ser tratado pelo equipamento 1. No presente pedido de patente de invenção, o equipamento 1 permite que o plasma frio seja obtido no ambiente atmosférico até a pressão de 10^{-5} Torr dependendo de sua geometria, necessidades e resíduos R a serem tratados. Pelo que pude entender é um sistema gerado por excitação DC empregando tensões da ordem de quilovolts. No caso do presente pedido de patente, o reator é baseado em um sistema onde o plasma é excitado por uma fonte de micro-ondas em 2,45 GHz operando em pressão atmosférica. No caso da excitação de plasmas por micro-ondas, não há necessidade de eletrodos dentro do

reator, evitando-se a contaminação da amostra por elementos de-gaseificados dos eletrodos, como é o caso de reatores operando com eletrodos, cátodo e ânodo, alimentados por alta tensão. Não apresenta exemplos de aplicação de alimentos, apenas para resíduos sólidos urbanos; Na parte de aplicação do plasma do referido sistema, não cita condições de processo, controles possíveis e possui o objetivo único de esterilização dos resíduos por plasma frio; Não possui potencial de trabalho com materiais líquidos na área do plasma; Não retrata a forma de obtenção das espécies reativas formada pelo plasma não térmico, que é utilizado apenas como função de esterilização do material; não mostra versatilidade de utilização de diferentes gases. A presente invenção permite o trabalho de forma contínua, inserida em sistemas de moagem por exemplo, ou de forma descontínua para tratamento de materiais com diferentes estados da matéria, de sólido, semi-sólido a líquido, diferentemente da patente levantada, que possui limitações de características dos materiais trabalhados; A presente invenção utiliza micro-ondas para geração de plasma, diferentemente do documento que não cita a forma de geração do plasma não térmico. O documento de anterioridade não cita qual o gás é utilizado para utilização do plasma, para a funcionalidade de tratamento dos materiais, mostrando pouca versatilidade de variação de gases para tratamento dos materiais. A presente invenção possui a versatilidade de utilização de diferentes tipos de gases para tratamentos que variam de uma secagem até a incorporação de espécies reativas no processo para promover um benefício específico ao material que está sendo tratado; A presente invenção permite o controle de todas as variáveis de processo, além de permitir identificar espécies reativas formadas pelo plasma pós descarga que incidirão nos materiais a serem tratados, diferentemente da patente levantada que não apresenta esta preocupação de levantamento de dados. A

presente invenção tem como vantagem possui versatilidade para tratamento de materiais em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos; Versatilidade de se trabalhar de forma descontínua ou contínua, inserido em um sistema mais complexo de transformação de materiais, como por exemplo: moagem de grãos, tratamento de ingredientes etc.; Controle efetivo de parâmetros de processamento, identificação de espécies reativas; Possibilidade de recirculação para melhorar homogeneização de materiais tratados e contato com espécies reativas formadas pelos diferentes gases usados para geração do plasma não térmico.

[6] O artigo científico de HAN (2011) relata um sistema descontínuo de aplicação de plasma, dificultando um processamento em aumento de escala industrial; não reporta possibilidade de aumento de escala para um sistema contínuo. O sistema reportado pelo artigo mostra aplicação restrita para materiais e filmes planos, semi-condutores, o que impede a realização de trabalhos com materiais que possuem diferentes características, como grãos, produtos líquidos, farinhas, dentre outros, visto ter utilizado para tratamento em bandejas. Não reporta temperaturas dentro da câmara aplicadora do plasma, tempos de processamento. Diferentemente a invenção proposta é para utilização em ingredientes usados pela indústria de alimentos ou em alimentos, enquanto o documento relacionado utiliza para alteração de propriedades em material sólido tipo bandejas de amido e fibra de madeira. A presente invenção possui a versatilidade de processamento a pressão atmosférica, diferente do tratamento executado no material do documento relacionado, que utilizou vácuo e não relata o tempo e temperaturas atingidos pelo processamento com o plasma frio. A presente invenção utiliza as micro-ondas para geração de plasma, diferentemente do documento que cita a geração de plasma rádio frequência (RF). A presente

invenção possui a versatilidade de se trabalhar com sistema contínuo ou descontínuo, diferentemente do artigo relacionado que utiliza uma câmara para tratamento descontínuo. Além disso, a presente invenção possui versatilidade para tratamento de alimentos em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos, diferentemente da reportada pelo artigo, que indica aplicabilidade a material sólido plano, como bandeja, filmes e semi-condutores. A presente invenção traz vantagens frente à anterioridade, tais como, versatilidade para tratamento de materiais em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos; versatilidade de se trabalhar de forma descontínua ou contínua, inserido em um sistema mais complexo de transformação de materiais, como por exemplo: moagem de grãos, tratamento de ingredientes, entre outros; controle efetivo de parâmetros de processamento, identificação de espécies reativas; possibilidade de recirculação para melhorar homogeneização de materiais tratados e contato com espécies reativas formadas pelos diferentes gases usados para geração do plasma não térmico.

[7] A equipamento da empresa INERGIAE (2019) intitulada "Fontes com Saída Pulsada, Positiva ou Negativa - Família PULSE" promove alterações de propriedades superficiais dos biopolímeros, no caso, amido para melhorar barreira em sua utilização como embalagens. O equipamento para geração do plasma é uma fonte pulsada com tensões de saída de até - 30kV e frequências que variam de 30Hz a 1 kHz. Neste caso trata-se de uma fonte AC onde os íons elétrons acompanham mudanças do campo elétrico. Um plasma gerado por micro-ondas tem características muito distintas dos plasmas gerados por fontes AC, com já foi explicitado acima. A presente invenção apresenta aplicação, capacidade e funcionalidades totalmente

diferentes das características apresentadas pelas informações do site do equipamento. O equipamento da presente invenção é um sistema que trabalha em modo contínuo ou descontínuo, enquanto ao do referido documento trata-se de um equipamento de bancada, com baixa capacidade de trabalho. O produto da empresa INERGIAE é um equipamento em escala de bancada, não apresenta dados de controle de processos para promoção das modificações no amido (biopolímero), sistema descontínuo de aplicação de plasma, dificultando um processamento em aumento de escala industrial e ainda apresenta restrição à realização de trabalhos com materiais que possuem diferentes características, como grãos, produtos líquidos, farinhas, dentre outros. A presente invenção traz como vantagens a versatilidade para se trabalhar de forma contínua ou descontínua; possui versatilidade para tratamento de alimentos em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos; controle mais efetivo das condições de processo por se tratar de um equipamento de tamanho piloto, versátil e de fácil adaptação e alteração de tamanho de escala; possibilidade de tratamento com diferentes tipos de gases para geração do plasma e suas espécies reativas.

[8] Em artigo de revisão científico intitulado "Cold Plasma: A novel Non-Thermal Technology for Food Processing", Thirumdas et al (2014) abordam os conceitos de formação do plasma, tipos de plasma possíveis de obtenção, modificações do poder germinativo de sementes, em compostos fenólicos, embalagens, enzimas, esterilização de materiais. Efeitos que são conhecidos através de trabalhos já publicados. Contudo, o artigo não apresenta muitos controles de processo, não possui sistema de homogeneização da amostra e nem de como é a disposição do plasma gerado dentro da câmara. Diferentemente a presente invenção se refere gerador de plasma que permite ter versatilidade para se trabalhar de forma contínua ou

descontínua e para tratamento de alimentos em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos, ter controle mais efetivo das condições de processo por se tratar de um equipamento de tamanho piloto, versátil e de fácil adaptação e alteração de tamanho de escala. Importante ressaltar que a pressão na câmara de tratamento do pó de pimenta vermelha, pode ser ajustada para variar entre 500 Pa e 3000 Pa. Embora o princípio do reator empregado seja muito próximo do empregado neste pedido de patente, a câmara do reator e a forma de tratamento do material é diferente.

[9] O artigo científico de revisão de Thirumdas et al (2017) intitulado "Cold Plasma: An Alternative Technology for the Starch Modification" aborda os conceitos de formação do plasma, tipos de plasma possíveis de obtenção para tratamento específico de amidos, quais os efeitos nas propriedades dos amidos, dentre outras características, não abordando impactos do plasma não térmicos em outros ingredientes e alimentos ou processos contínuos. Diferentemente, as vantagens da presente invenção são inúmeras entre as quais: possui versatilidade para tratamento de alimentos em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos; controle mais efetivo das condições de processo por se tratar de um equipamento de tamanho piloto, versátil e de fácil adaptação e alteração de tamanho de escala.

[10] Em artigo de revisão científico intitulado "Argon Plasma Treatment of Tapioca Starch Using a Semi-continuous Downer Reactor", CHAIWAT, 2016 relata descarga em baixa pressão é empregada para o tratamento da tapioca. Um reator semi-contínuo em baixa pressão de argônio é usado no tratamento. Um tubo de quartzo com diâmetro externo de 46,5 mm e comprimento de 300 mm foi usado como reator de plasma. Quando 0,1 - 0,5 kg de amido de tapioca em pó foi colocado no

reator, uma bomba mecânica de duplo estágio foi empregada para reduzir a pressão para aproximadamente 6-7 mbar. Uma fita de cobre de largura 50 mm foi usada como eletrodo e colocada do lado de fora do tubo de quartzo formando assim um sistema onde a alta-frequência é acoplada capacitivamente ao reator em baixa pressão. Segundo o trabalho a potência empregada nos tratamentos não excedeu 60 W e a pressão de tratamento esteve sempre abaixo de 12 mbar. Este aparato experimental é muito diferente daquele por nós empregado. No nosso caso a pressão de trabalho foi a atmosférica e a fonte que energia era um gerador de micro-ondas operando em 2,45 GHz. O equipamento da anterioridade apresenta alguns problemas técnicos, tais como, baixo tempo de retenção na zona de plasma, necessitando passar o material por vários ciclos na zona de plasma para promoção de efeitos em propriedades do amido de tapioca; o sistema semi-contínuo de aplicação de plasma, dificultando um processamento em aumento de escala industrial; restrição à realização de trabalhos com materiais que possuem diferentes características, como grãos, produtos líquidos, farinhas, dentre outros. A presente invenção trata os materiais alimentícios de forma contínua ou descontínua. Já o documento relacionado apresenta um sistema semi-contínuo, pois o tempo de residência é muito baixo devido ao seu escoamento vertical dos materiais tratados, necessitando passagens de vários ciclos do produto pela zona de plasma; utiliza as micro-ondas para geração de plasma, diferentemente do documento que utiliza alta Frequência; utilização de pressão atmosférica, diferente do tratamento executado no amido do documento relacionado, onde se utilizou baixa pressão e vácuo. A presente invenção traz como vantagens a utilização de pressão atmosférica, diferente do tratamento executado no documento relacionado, onde se utilizou baixa pressão e vácuo; possibilidade de se trabalhar de forma contínua ou descontínua em processos de tratamento

de ingredientes e alimentos; modificar os tempos de residência do material e exposição às espécies reativas formadas na pós descarga do plasma; promoção de homogeneização dos materiais tratados através da rosca sem fim; possui versatilidade para tratamento de alimentos em diversos estados da matéria, ou seja, sólido, líquido, em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos.

[11] Todos os processos atuais de modificação de amido via plasma não-térmico, usam sistemas de batelada ou semi-contínuos, com o uso de vácuo, o que dificulta sua aplicação industrial. Na invenção proposta é usado o processo contínuo, em pressão atmosférica, onde o amido é transportado para a região onde é exposto ao plasma de modo contínuo, permitindo sua utilização em linha de produção. A vantagem que diferencia é a possibilidade de uso do amido em suspensão aquosa, com alta umidade (acima de 20%) ou baixa umidade (menor que 20%), podendo também o amido estar na forma de espuma, emulsão e com outros ingredientes ou reagentes químicos. O processo contínuo permite maior produção em menor tempo, pode-se acrescentar na linha de tratamento contínuo, outros gases além do gás usado inicialmente, facilitando e acelerando as modificações, tornando o processo versátil e com menor custo, uma vez que obter mais de um tipo de modificação no amido, usando um único sistema.

[12] A tecnologia será usada principalmente para modificar amido, podendo ser usado também para funcionalizar fibras (celulose, hemicelulose, gomas, ágar entre outras), que são carboidratos não digeríveis pelo sistema digestório humano, logo estas fibras tratadas pelo plasma poderão ter mudança de propriedades físicas, químicas e ou tecnológicas.

[13] Neste processo estão sendo resolvidos vários problemas de uso da tecnologia de plasma para modificar amido: o novo processo é contínuo, sem necessidade de uso de

vácuo, pois ocorre à pressão atmosférica, e o amido pode ser usado na forma seca, úmida, em solução aquosa ou outro solvente, podendo ser usado reagente químico ou não. Neste caso, ao passar pelo sistema, o amido sofrerá as modificações físicas, químicas ou tecnológicas propostas.

[14] Em relação aos processos de modificações de amidos por métodos convencionais, ele apresenta as seguintes vantagens:

- Em relação aos processos físicos, ele é realizado em menor tempo e é realizado em temperatura ambiente;
- Em relação aos processos químicos, pode ser realizado com menor concentração de reagentes químicos, com menor formação de efluentes e, uma vez que os gases usados no reator de plasma são encontrados na natureza, não há geração de efluentes pelo reator do plasma;
- Como o processo é contínuo e em pressão atmosférica, a avaliação das modificações e o monitoramento das propriedades do amido podem ser feitos com maior facilidade.

Breve descrição da invenção

[15] A presente invenção trata-se de um dispositivo gerador de plasma não térmico por micro-ondas para tratamento contínuo de modificação de amidos.

[16] O dispositivo gerador de plasma não térmico por micro-ondas para tratamento contínuo de modificação de amidos compreende os seguintes componentes:

- [1] Gerador de micro-ondas;
- [2] Circulador de desvio das micro-ondas refletidas;
- [3] Sintonizador;
- [4] Medidor de potência transmitida e refletida;
- [5A, 5B] Percurso das micro-ondas desde o gerador

- [1];
- [6] Ignitor de alta voltagem;
- [7A, 7B, 7C] Conjunto de cilindros de gases;
- [8] Fluxômetro;
- [9A, 9B, 9C] Dutos condutores pós descarga,
- [10] Tremonha de alimentação do material;
- [11] Rosca sem fim;
- [12] Motorização para ajustar a velocidade de acionamento da rosca; e
- [13] Saída.

Breve descrição das figuras

[18] Na Figura 1 apresenta-se os componentes da presente invenção (UGPTI contínua): [1] Gerador de micro-ondas; [2] Circulador de desvio das micro-ondas refletidas; [3] Sintonizador; [4] Medidor de potência transmitida e refletida; [5A, 5B] Percurso das micro-ondas desde o gerador [1]; [6] Ignitor de alta voltagem; [7A, 7B, 7C] Conjunto de cilindros de gases; [8] Fluxômetro; [9A, 9B, 9C] Dutos condutores pós descarga, [10] Tremonha de alimentação do material; [11] Rosca sem fim; [12] Motorização para ajustar a velocidade de acionamento da rosca; [13] Saída do produto processado.

Descrição detalhada da invenção

[19] A presente invenção trata-se de um dispositivo gerador de plasma não térmico por micro-ondas para tratamento contínuo de modificação de amidos.

[20] O dispositivo gerador de plasma não térmico por micro-ondas para tratamento contínuo de modificação de amidos (Figura 1) compreende os seguintes componentes:

- [1] Gerador de micro-ondas trabalhando na frequência padrão de 2,45 GHz (ISM - Industrial Scientific and Medical). Semelhantemente a esta frequência poderão ser montados sistemas análogos dimensionados para as frequências de 915 Mhz ou

5,8 GHz (ISM);

-[2] Circulador de desvio das micro-ondas refletidas, dotado de carga d'água circulante para absorção destas ondas, com a principal função de proteger o magnetron do gerador de micro-ondas;

-[3] Sintonizador - componente que visa minimizar os níveis de reflexão das micro-ondas, para os casos 5A e 5B;

-[4] Medidor de potência transmitida e refletida para monitorar a potência das micro-ondas aplicadas para geração do plasma não térmico;

-[5A, 5B] Percurso das micro-ondas desde o gerador [1] até o terminal [5A], utilizado para o sistema de onda viajante ou para o terminal [5B], utilizado para o sistema de onda estacionária. O sistema pode ser configurado com propagação da onda no modo viajante ou por ondas estacionárias, que são formadas pela superposição de ondas transmitidas e ondas refletidas que percorrem rotas opostas, porém produzem uma onda equivalente estacionária;

-[6] Aplicador de micro-ondas sobre o gás formador do plasma mediante de ignitor de alta voltagem;

-[7A, 7B, 7C] Conjunto de cilindros de gases para geração do plasma - Pode ser utilizado somente um ou mistura de gases para tratamento de alimentos (ex.: ar atmosférico, argônio, etc...);

-[8] Fluxômetro - visa o controle de vazão do gás a ser inserido no aplicador de micro-ondas;

-[9A, 9B, 9C] Dutos condutores pós descarga das espécies reativas geradas pelo plasma;

-[10] Tremonha de alimentação do material a ser tratado pelo equipamento a ser tratado continuamente através do percurso com rosca sem

fim [11];

-[11] Rosca sem fim de acionamento ajustável de velocidade;

-[12] Motorização para ajustar a velocidade de acionamento da rosca, variando assim o tempo de residência do produto durante os processamentos; e

-[13] Saída do produto processado.

[27] O dispositivo da presente invenção foi desenvolvido e montado para processos contínuos, é composto por elementos para a geração e transmissão de micro-ondas, sistema provedor de gás ou mistura de gases, um aplicador para a formação de plasma conectado através de um duto condutor a uma cavidade de tratamento tubular.

[28] O design do equipamento foi projetado para poder ser integrado a "módulos" direcionados a uma gama de aplicações diferentes. No desenvolvimento abordado neste presente estudo, foi realizada a integração do sistema de geração de plasma a um módulo para tratamento de materiais particulados e/ou em pó a partir da conexão do duto condutor que direciona o fluxo contínuo de plasma pós descarga a uma cavidade tubular preenchida com uma rosca sem fim que promove o transporte do material durante o tratamento contínuo.

[29] O tempo de retenção do produto na cavidade de tratamento indireto é determinado por motor elétrico, de velocidade controlável, conectado à rosca. O Du toque conduz o gás pós-descarga ao interior da cavidade tubular de tratamento pode ser ramificado de modo a permitir a entrada do fluxo em diferentes pontos ao longo do comprimento da cavidade tubular, favorecendo o contato de espécies ativas com o produto durante o tratamento.

[30] Para a geração do plasma pode ser adotada a configuração a partir de onda viajante, com posicionamento no final do guia de onda de uma carga de água, ou ainda a configuração de onda estacionária, com o posicionamento no

final do guia de onda de um curto circuito. Na Figura 1 está representada a configuração de onda viajante. Ainda sob este exemplo de montagem, a água da câmara envoltória do aplicador universal alimenta a carga de água posicionada no final do guia de onda.

[31] O aplicador de geração de plasma permite o acesso de um ignitor de alta voltagem, (Fig. 1, [6]), utilizado para auxiliar o início da geração do plasma, através do fornecimento de um campo elétrico elevado alternado.

[32] A unidade provedora de gás ou de misturas de gases, através de cilindro de gás ou ar atmosférico, é conectada ao aplicador de micro-ondas para geração de plasma pela sua parte superior. O gás atravessa continuamente o aplicador, contido em um tubo de quartzo, posicionado ao centro do aplicador. Sob este exemplo de montagem, o gás é proveniente de um cilindro.

[33] Conectado ao duto condutor do fluxo pós-descarga pode estar integrado um espectrômetro de massa para a identificação das espécies químicas disponíveis para o tratamento indireto, assim como aquelas secundárias formadas pela interação do substrato com o fluxo pós-descarga. Ainda pode ser integrado ao sistema, através do acesso do aplicador de geração de plasma (Fig. 1, [6]), um espectrômetro óptico, para caracterização do plasma.

[34] O dispositivo gerador apresenta a seguinte descrição técnica:

- Um ou mais sistemas geradores de plasma não térmico a partir de micro-ondas (podendo trabalhar nas frequências de 915 Mhz, 2.45GHz ou 5.8 GHz);
- Possível emprego em modo contínuo ou pulsado.
- Possível utilização de um único gás ou misturas de gases e/ou ar atmosférico;
- Alimentação dos gases por um único duto ou por diferentes dutos;

- Sistema permite saída de único duto condutor do fluxo pós-descarga ou múltiplos condutores de fluxo pós descarga;
- O sistema pode ser configurado com propagação da onda no modo viajante ou por ondas estacionárias, que são formadas pela superposição de ondas transmitidas e ondas refletidas que percorrem rotas opostas, porém produzem uma onda equivalente estacionária.
- Possibilidade de transporte para o compartimento de tratamento, espécies atômicas e/ou moleculares altamente reativas;
- O sistema gerador de plasma permite trabalhar com temperatura fixa ou variável.

[35] O compartimento de tratamento apresenta a seguinte descrição técnica:

- Construído de material inerte;
- Pode conter uma ou múltiplas entradas para fluxo pós-descarga do(s) plasma(s) gerado(s);
- Vários estados da matéria, sólido, líquido, e em formas de gel, emulsões, pós, suspensões, filmes flexíveis ou rígidos;
- Possibilidade de tratar um único alimento ou vários alimentos ao mesmo tempo.
- Tratamento em modo contínuo a velocidade constante ou variável da rosca sem fim;
- Possibilidade de tratamento em modo contínuo ou estacionário;
- Possibilidade de tratamento contínuo com diferentes tempos de retenção do material;
- Diferentes configurações de rosca sem fim e modos de arraste do material a ser tratado;
- Permite o acoplamento de sistema de alimentação (gravidade, rosca sem fim...) para o controle da vazão de entrada do material a ser tratado.

[36] O processo contínuo para modificação de amidos compreende as seguintes etapas:

- a) Extração de amidos de diferentes materiais ou obtenção de padrões de referência para caracterização inicial;
- b) Testar tipos de amidos a serem modificados (amido de milho, de batata, de mandioca ou outro tipo)- Caracterizar os amidos controle, através de metodologias analíticas oficiais específicas para cada material; Condicionar as amostras em diferentes umidades para obtenção de melhores rendimentos de processamentos;
- c) Testar diferentes variáveis do processo, como: gases utilizados e suas proporções, a potência da fonte de micro-ondas para produção do plasma, o tempo de exposição, temperatura do processo, taxa de processamento do amido e/ou reagentes;
- d) Executar o processo contínuo de tratamento do amido em teste e obter dados de processo em tempo real;
- e) Coleta do material tratado e resfriamento para posterior acondicionamento em embalagem final;
- f) Avaliar as propriedades dos amidos tratados: morfologia, propriedades de pasta, pH, cor, teor de amido danificado, força de gel e outros métodos de acordo com a modificação proposta.

[37] A grande vantagem do processo é que o amido pode estar em suspensão em água, com reagentes químicos ou não, na forma de emulsão com outros ingredientes, na forma de espuma, aerado, ou na forma de pó, ou seja, o processo permite alta versatilidade, uma vez que não usa vácuo e que resolveu um problema existente no tratamento de amido no plasma descontínuo com uso de vácuo.

[38] O dispositivo gerador foi aplicado para proporcionar um processo de modificação das propriedades

físicas e/ou químicas do amido a partir de um processo contínuo utilizando plasma não-térmico. As variáveis do processo contínuo são: os gases utilizados e suas proporções, a potência da fonte de micro-ondas para produção do plasma, o tempo de exposição, temperatura do processo, taxa de processamento do amido e/ou reagentes.

[39] O processo é capaz de modificar mais de uma propriedade do amido. Ainda, o amido resultante de um processo de modificação pode ser novamente submetido ao processo, com condições distintas, modificando assim outras propriedades.

Exemplos

[40] Nos experimentos para o presente pedido de patente, foram utilizados como materiais: amidos nativos de milho (Amilogill® 2100, Cargill), amido de mandioca (Amafil) e amido de batata (Metachem) comerciais. Os testes foram divididos em 3 etapas:

ETAPA 1 - Caracterização dos amidos a serem usados como controle

A. Características físico-químicas

- Umidade, segundo o método n. 44-15.02 da AACCI (2010);
- pH de acordo com IAL (1985);
- Amido danificado conforme o método n. 76-33.01 (AACCI, 2010);
- Diâmetro de partículas

[41] O diâmetro médio das partículas e a distribuição do tamanho dessas partículas foram determinados em analisador de distribuição de tamanho de partículas, modelo LA-950-V2 (Horiba Instruments, Kyoto, Japão) com sistema de difração de raios laser, com a dispersão da amostra realizada em etanol absoluto 99,5%. A determinação do diâmetro médio foi realizada segundo o diâmetro de De Brouckere ($d_{4,3}$), e a distribuição foi caracterizada pelo diâmetro de partículas

acumulas na distribuição 10, 50 e 90%. O Span forneceu o índice de polidispersibilidade das partículas a partir do cálculo indicado abaixo:

$$\text{Span} = (D90 \% - D10 \%)/(D50 \%)$$

Onde: D10 %, D50 % e D90 % correspondem aos diâmetros a 10, 50 e 90% da distribuição cumulativa das amostras.

B. Características tecnológicas

- Densidade aparente;
- Microscopia óptica;
- Cor;
- Propriedades de pasta;
- Força de gel;
- Formação de filme.

[42] A densidade foi determinada segundo a Farmacopéia Brasileira (1977). Uma amostra de 20 g foi colocada em uma proveta graduada de 100 mL e devidamente empacotada. A análise foi conduzida em triplicata e o cálculo da densidade realizado através da razão entre a massa e o volume.

[43] As amostras foram visualizadas em microscópico óptico com luz polarizada, com lente de aumento de 100x (imersão em óleo) para identificação da forma e presença da cruz de malta.

[44] A cor foi determinada através de um espectrofotômetro MiniScan HUNTERLAB CR-400 (Konica Minolta Sensing Americas), seguindo o sistema CIELab, em que L* representa a luminosidade (0 = totalmente preto; 100 = totalmente branco), a* varia do vermelho (+a*) ao verde (-a*) e b* do amarelo (+b*) ao azul (-b*). O iluminante utilizado foi D65, com ângulo de 10°, sendo as leituras realizadas em triplicatas. A viscosidade de pasta dos amidos foi analisada através do Rapid Visco Analyser (RVA 4500, Perten Instruments, Austrália), sendo empregada a configuração Extrusion 1 para o perfil da análise (AACCI, 2010).

[45] Os amidos foram gelatinizados no RVA segundo o método 76.21-01 (AACCI, 2010), colocados em potes para gel e armazenados a 4 °C por 18 h. Após esse período, as amostras permaneceram por 1 h a temperatura ambiente antes de realizar a leitura da força de gel no texturômetro. Foi utilizado probe cilíndrico Derlin P/10 em Texturômetro Stable Micro Systems, Modelo TA-XT2i (Halsmere, GBR), com velocidade de pré-teste de 5,0 mm/s, velocidade de teste de 1,0 mm/s, velocidade de pós-teste de 5,0 mm/s.

[46] Os filmes foram preparados conforme descrito por Luchese et al. (2017) com algumas modificações. As soluções filmogênicas contendo 4g/100 mL e 30% de glicerol em relação a massa de amido foram submetidas a agitação mecânica em banho-maria a 90 °C por 35 min. Posteriormente, essas soluções foram espalhadas em placas de teflon com 11 cm de diâmetro (gramatura de 0,30 g/cm²) e secas em estufa de convecção de ar forçada a 35 °C por 24 h. Foram determinadas a espessura dos filmes através de micrômetro digital (Mitutoyo IP 65, Japão) em 5 pontos aleatórios e realizada a leitura da transmitância (%) utilizando-se de espectrofotômetro a 600 nm.

ETAPA 2 - Aplicação de plasma não-térmico contínuo através do uso do dispositivo gerador

ETAPA 3 - Processo e avaliação dos produtos obtidos

A. Modificação por plasma não-térmico contínuo

[47] Foram utilizados 150 g de amostra de cada tipo de amido a unidade comercial, utilizando-se como parâmetros de processo: rotação de 10 rpm na alimentação, 10 rpm na rosca sem fim, 200W, uma vazão de 10 L/min de gás Argônio e 40 minutos de processo. Todos os testes foram conduzidos em duplicatas de processo.

[48] As amostras tratadas por plasma não-térmico foram recolhidas, embaladas em embalagens plásticas à vácuo e, antes do início das análises foram homogeneizadas em

batedeira planetária por 5 minutos.

B. Análises conduzidas nos produtos obtidos na patente

[49] As análises descritas na Etapa 1, também, foram conduzidas após a aplicação de plasma não-térmico.

Resultados dos Exemplos elaborados

Exemplo 1

[17] 150 g de amido de milho, com determinação prévia de umidade, foram tratados com plasma não-térmico contínuo gerado por micro-onda, na potência de 200 W, com uma vazão de gás de 10 L/min por 40 minutos, até que todo o material fosse completamente escoado no sistema de alimentação. Posterior ao tratamento, o produto foi devidamente embalado a vácuo e mantido nesta condição até o início das análises. O tratamento foi conduzido em duplicata de processo.

[18] Resultados: As umidades das amostras de amidos de milho tratadas com plasma não-térmico contínuo apresentaram diferença significativa em relação ao controle (controle 12,17 %, repetição 1: 10,66 % e repetição 2: 10,57 %), demonstrando uma redução da umidade após tratamento. A redução da umidade é favorecida pela interação do plasma com as moléculas de água presentes na amostra, que ocasiona o rompimento de ligações e, conseqüentemente a liberação de água do sistema.

[19] Os resultados de amido danificado para as amostras de amido de milho tratadas com plasma não-térmico contínuo apresentaram diferenças significativas em relação ao controle (controle: 4,37 %, repetição 1: 4,70 % e repetição 2: 4,83 %) com um aumento da porcentagem de grânulos danificados. O teor de amido danificado irá influenciar na taxa de hidratação e na atividade enzimática do material, sendo que essas características são elevadas de forma proporcional ao aumento da quantidade de amido danificado presente.

[20] A distribuição do tamanho médio das partículas em 10 % (controle: 10,06 μm , repetição 1: 10,92 μm e repetição

2: 12,29 μm), 50 % (controle: 22,40 μm , repetição 1: 23,64 μm e repetição 2: 25,86 μm) e 90 % (controle: 39,63 μm , repetição 1: 43,10 μm e repetição 2: 49,40 μm) demonstrou que a amostra controle após tratamento no plasma não-térmico sofreu um aumento do tamanho das partículas com diferenças significativas entre si. O maior diâmetro médio ($d_{3,4}$) obtido após tratamento por plasma (controle: 26,12 μm , repetição 1: 25,97 μm e repetição 2: 28,87 μm) pode indicar a aglomeração de partículas, o que também pode ser reflexo do aumento da polidispersibilidade das partículas (span), com a variação dos tamanhos destas (controle: 1,32, repetição 1: 1,36 e repetição 2: 1,44).

[21] Nos parâmetros analisados das propriedades de pasta do amido de milho somente a viscosidade a frio (25 °C) não apresentou diferença significativa entre o controle e as amostras tratadas. Os demais parâmetros sofreram alterações após a aplicação de plasma não-térmico contínuo demonstrando a redução da viscosidade máxima (controle: 2817,50 cP, repetição 1: 2325,50 cP e repetição 2: 2796,33 cP), mínima (controle: 1720,50 cP, repetição 1: 1524,00 cP e repetição 2: 1713,33 cP), quebra (controle: 1097,00 cP, repetição 1: 801,50 cP e repetição 2: 1083,00 cP), tendência a retrogradação (controle: 4578,00 cP, repetição 1: 3209,50 cP e repetição 2: 4533,33 cP), viscosidade final (controle: 6298,50 cP, repetição 1: 4733,50 cP e repetição 2: 6246,67 cP) e aumento da temperatura de pasta (controle: 79,00 °C, repetição 1: 81,33 °C e repetição 2: 79,98 °C). As alterações no perfil de pasta dos amidos tratados indicam mudanças na capacidade de absorção de água e uma maior estabilidade ao tratamento térmico como reflexo da redução da quebra de viscosidade. Além disso, a menor tendência a retrogradação também reflete em uma maior estabilidade a temperatura ambiente após o resfriamento da pasta de gel.

[22] Os filmes produzidos a partir das amostras de amido

de milho tratadas com plasma não-térmico apresentaram diferenças significativas em relação ao controle com redução da transmitância (controle: 53,74, repetição 1: 33,89 e repetição 2: 45,59).

[23] As amostras de amido de milho tratadas com plasma não-térmico não apresentaram diferenças significativas em relação ao amido controle para as análises de pH, densidade, cor instrumental (parâmetros L*, a* e b*), assim como para os parâmetros de força de gel e espessura do filme formado pelos amidos tratados.

[24] A microscopia óptica dos amidos de milho controle e amidos de milho tratados pelo plasma não térmico indicaram a presença de grânulos intactos, evidenciados pela birrefringência presente na imagem captada por luz polarizada. Isso demonstra que o tratamento por plasma não-térmico contínuo não atinge temperaturas capazes de provocar a gelatinização do amido, e que para o amido de milho sua estrutura foi preservada.

Exemplo 2

[25] 150 g de amido de mandioca, com determinação prévia de umidade, foram tratados com plasma não-térmico contínuo gerado por micro-onda, na potência de 200 W, com uma vazão de gás de 10 L/min por 40 minutos, até que todo o material fosse completamente escoado no sistema de alimentação. Posterior ao tratamento, o produto foi devidamente embalado a vácuo e mantido nesta condição até o início das análises. O tratamento foi conduzido em duplicata de processo.

[26] Resultados: A umidade das amostras de amidos de mandioca tratados por plasma não-térmico contínuo apresentou diferença significativa em relação ao controle (controle 12,23 %, repetição 1: 10,38 % e repetição 2: 10,53 %), demonstrando uma redução da umidade após tratamento. A redução da umidade é favorecida pela interação do plasma com as moléculas de água presentes na amostra, que ocasiona o

rompimento de ligações e, conseqüentemente a liberação de água do sistema.

[27] A distribuição do tamanho médio das partículas em 10 % (controle: 8,88 μm , repetição 1: 8,14 μm e repetição 2: 8,23 μm), 50 % (controle: 22,07 μm , repetição 1: 21,13 μm e repetição 2: 20,95 μm) e 90 % (controle: 55,59 μm , repetição 1: 41,17 μm e repetição 2: 38,42 μm) demonstrou que a amostra controle após tratamento no plasma não-térmico sofreu uma redução significativa ($p < 0,05$) do tamanho das partículas, bem como uma redução do diâmetro médio ($d_{3,4}$) (controle: 31,42 μm , repetição 1: 24,56 μm e repetição 2: 23,49 μm). Isso provavelmente levou a uma redução da polidispersibilidade das partículas (span) (controle: 2,12, repetição 1: 1,56 e repetição 2: 1,44), apresentando uma menor variação dos tamanhos das partículas.

[28] A amostra controle e amostras de amidos de mandioca tratadas com plasma não-térmico contínuo apresentaram como características uma luminosidade (L^*) acima de 100, definindo-as com uma coloração branca, com tonalidade tendendo para o vermelho ($+a^*$) e amarelo ($+b^*$). Somente o valor de a^* (controle: 0,02, repetição 1: 0,20 e repetição 2: 0,08) da amostra controle em relação a amostra tratada apresentou diferença estatística com um aumento desse parâmetro. Entretanto, pode-se indicar, que a aplicação de plasma não apresentou efeitos negativos sobre a cor do produto obtido.

[29] Nos parâmetros analisados nas propriedades de pasta do amido de mandioca, a viscosidade a frio (25 °C) (controle: 73,00 cP, repetição 1: 69,00 cP e repetição 2: 72,50 cP), tendência a retrogradação (controle: 2643,00 cP, repetição 1: 2513,00 cP e repetição 2: 2487,00 cP), viscosidade máxima (controle: 4448,00 cP, repetição 1: 4435,00 cP e repetição 2: 4516,50 cP) e viscosidade mínima (controle: 1544,50 cP, repetição 1: 1578,00 cP e repetição 2: 1600,00 cP) sofreram

alterações significativas após a aplicação de plasma não-térmico, sendo que os dois primeiros foram reduzidos e os dois últimos aumentaram. Os demais parâmetros não apresentaram diferenças significativas entre o controle e os amidos tratados. A viscosidade a frio pode ter sido reduzida por haver uma maior tolerância ao cisalhamento como consequência da formação de intercruzamento entre as moléculas dos grânulos de amido. Como outra consequência pode haver uma menor perda da viscosidade durante o ciclo de aquecimento, o que poderia justificar o aumento da viscosidade máxima e mínima. A menor tendência a retrogradação também reflete em uma maior estabilidade a temperatura ambiente após o resfriamento.

[30] Para a análise de força de gel (controle: 0,30 N, repetição 1: 0,37 N e repetição 2: 0,35 N), as amostras de amido de mandioca tratadas com plasma não-térmico contínuo apresentaram diferenças significativas em relação ao controle revelando uma necessidade de uma maior força para rompimento do gel, provavelmente pelos intercruzamentos formados que geram uma rede mais coesa e estruturada do gel.

[31] As amostras de amido de mandioca tratadas com plasma não-térmico não apresentaram diferenças significativas em relação ao amido controle para as análises de pH, amido danificado, densidade, assim como para a espessura e transmitância dos filmes formados pelos amidos tratados.

[32] A microscopia óptica dos amidos de mandioca controle e amidos de milho tratados pelo plasma não térmico indicaram a presença de grânulos intactos, evidenciados pela birrefringência presente na imagem captada por luz polarizada. Isso demonstra que o tratamento por plasma não-térmico contínuo não atinge temperaturas capazes de provocar a gelatinização do amido, e que para o amido de milho sua estrutura foi preservada.

Exemplo 3

[33] 150 g de amido de batata, com determinação prévia de umidade, foram tratados com plasma não-térmico contínuo gerado por micro-onda, na potência de 200 W, com uma vazão de gás de 10 L/min por 40 minutos, até que todo o material fosse completamente escoado no sistema de alimentação. Posterior ao tratamento, o produto foi devidamente embalado a vácuo e mantido nesta condição até o início das análises. O tratamento foi conduzido em duplicata de processo.

[34] Resultados: As umidades das amostras de amidos de batata tratadas por plasma não-térmico contínuo apresentaram diferença significativa em relação ao controle (controle 12,93 %, repetição 1: 11,38 % e repetição 2: 10,39 %), demonstrando uma redução da umidade após tratamento. A redução da umidade é favorecida pela interação do plasma com as moléculas de água presentes na amostra, que ocasiona o rompimento de ligações e, conseqüentemente a liberação de água do sistema.

[35] O amido danificado presente nas amostras de amidos de batata tratados com plasma não-térmico contínuo apresentou diferenças significativas em relação ao controle (controle 4,25 %, repetição 1: 4,55 % e repetição 2: 4,78 %). Com um aumento do conteúdo de amido danificado. Esse fato pode estar relacionado com o maior tamanho do grânulo do amido de batata, evidenciado pela microscopia óptica, em relação aos outros amidos comerciais, que o deixa mais suscetível a ação do plasma. O teor de amido danificado irá influenciar na taxa de hidratação e na atividade enzimática do material, sendo que essas características são elevadas de forma proporcional ao aumento da quantidade de amido danificado presente.

[36] A distribuição do tamanho médio das partículas em 10 % (controle: 20,15 μm , repetição 1: 22,92 μm e repetição 2: 20,51 μm), 50 % (controle: 35,80 μm , repetição 1: 39,76 μm e repetição 2: 36,35 μm) e 90 % (controle: 56,34 μm , repetição 1: 63,41 μm e repetição 2: 58,23 μm) demonstrou

que a amostra controle após tratamento no plasma não-térmico sofreu um aumento do tamanho das partículas com diferenças significativas entre si. O maior diâmetro médio ($d_{3,4}$) (controle: 36,77 μm , repetição 1: 41,25 μm e repetição 2: 37,79 μm) obtido após tratamento por plasma pode indicar a aglomeração de partículas, o que também pode ser reflexo do aumento da polidispersibilidade das partículas (span) (controle: 1,01, repetição 1: 1,02 e repetição 2: 1,04), com a variação dos tamanhos destas. Esses resultados para a amostra de amido de batata provavelmente são decorrentes da forma e tamanho no grânulo de amido que é mais susceptível a alterações em processos de modificações em comparação com os demais amidos testados.

[37] A cor instrumental da amostra controle e amostras de amidos de batata tratadas com plasma não-térmico contínuo apresentaram como características uma luminosidade (L^*) acima de 100, definindo-as com uma coloração branca, com tonalidade tendendo para o verde ($-a^*$) e amarelo ($+b^*$). O valor de L^* da amostra controle em relação a amostra tratada, apresentou diferença estatística com uma sutil redução desse parâmetro (controle: 100,31, repetição 1: 99,78 e repetição 2: 100,04). Já o valor de b^* (controle: 2,07, repetição 1: 2,13 e repetição 2: 2,25) foi elevado em relação ao controle. Entretanto, pode-se indicar, que a aplicação de plasma não apresentou efeitos negativos sobre a cor do produto obtido.

[38] Nos parâmetros analisados nas propriedades de pasta do amido de batata tratado com plasma não-térmico contínuo, a viscosidade a frio (25 °C) (controle: 70,00 cP, repetição 1: 69,50 cP e repetição 2: 76,50 cP), tempo do pico (controle: 5,63 min., repetição 1: 5,80 min. e repetição 2: 5,67 min.), área do pico (controle: 22,05, repetição 1: 20,52 e repetição 2: 40,93) e viscosidade mínima (controle: 1888,50 cP, repetição 1: 1656,00 cP e repetição 2: 1643,50 cP), sofreram alterações significativas em relação ao controle após a

aplicação de plasma. Os três primeiros parâmetros aumentaram e o último foi reduzido. Os demais parâmetros analisados não apresentaram diferenças significativas entre o controle e os amidos tratados. O aumento da viscosidade a frio e redução da viscosidade mínima pode ser consequência do aumento do teor de amido danificado como citado anteriormente, devido a degradação molecular dos grânulos.

[39] A força de gel (controle: 1,01 N, repetição 1: 1,20 N e repetição 2: 1,12 N) das amostras de amido de batata tratadas com plasma não-térmico contínuo apresentaram diferenças significativas em relação ao controle revelando uma necessidade de uma maior força para rompimento do gel, provavelmente pelos intercruzamentos formados que geram uma rede mais coesa e estruturada do gel.

[40] Os filmes produzidos a partir das amostras de amido de batata tratadas com plasma não-térmico apresentaram diferenças significativas em relação ao controle para os parâmetros de espessura (controle: 0,12 mm, repetição 1: 0,20 mm e repetição 2: 0,15 mm) e transmitância (controle: 67,09 %, repetição 1: 80,29 % e repetição 2: 69,46 %) revelando um aumento dessas propriedades.

[41] As amostras de amidos de batata tratadas com plasma não-térmico contínuo não apresentaram diferenças significativas entre os valores de pH determinados. Assim, a interação do plasma não-térmico com amido não interferiu nessa propriedade.

[42] A densidade das amostras de amido de batata tratadas com plasma não-térmico contínuo permaneceu inalterada após o processo.

[43] A microscopia óptica do amido de batata controle e amidos de batata tratados com plasma não-térmico contínuo indicaram a presença de grânulos intactos, evidenciados pela birrefringência presente na imagem captada por luz polarizada. Isso demonstra que o tratamento por plasma não-

térmico contínuo não atinge temperaturas capazes de provocar a gelatinização do amido. Entretanto, foi possível observar algumas fissuras nos grânulos do amido de batata, o que demonstra que a aplicação de plasma modificou a superfície dos grânulos. Essa modificação na superfície também pode acarretar em uma maior expansão das cadeias que formam o grânulo.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo gerador de plasma não térmico por micro-ondas para tratamento contínuo de modificação de amidos

caracterizado por compreender os seguintes componentes:

- [1] Gerador de micro-ondas;
- [2] Circulador de desvio das micro-ondas refletidas;
- [3] Sintonizador;
- [4] Medidor de potência transmitida e refletida;
- [5A, 5B] Percurso das micro-ondas desde o gerador [1];
- [6] Ignitor de alta voltagem;
- [7A, 7B, 7C] Conjunto de cilindros de gases;
- [8] Fluxômetro;
- [9A, 9B, 9C] Dutos condutores pós descarga,
- [10] Tremonha de alimentação do material;
- [11] Rosca sem fim;
- [12] Motorização para ajustar a velocidade de acionamento da rosca; e
- [13] Saída.

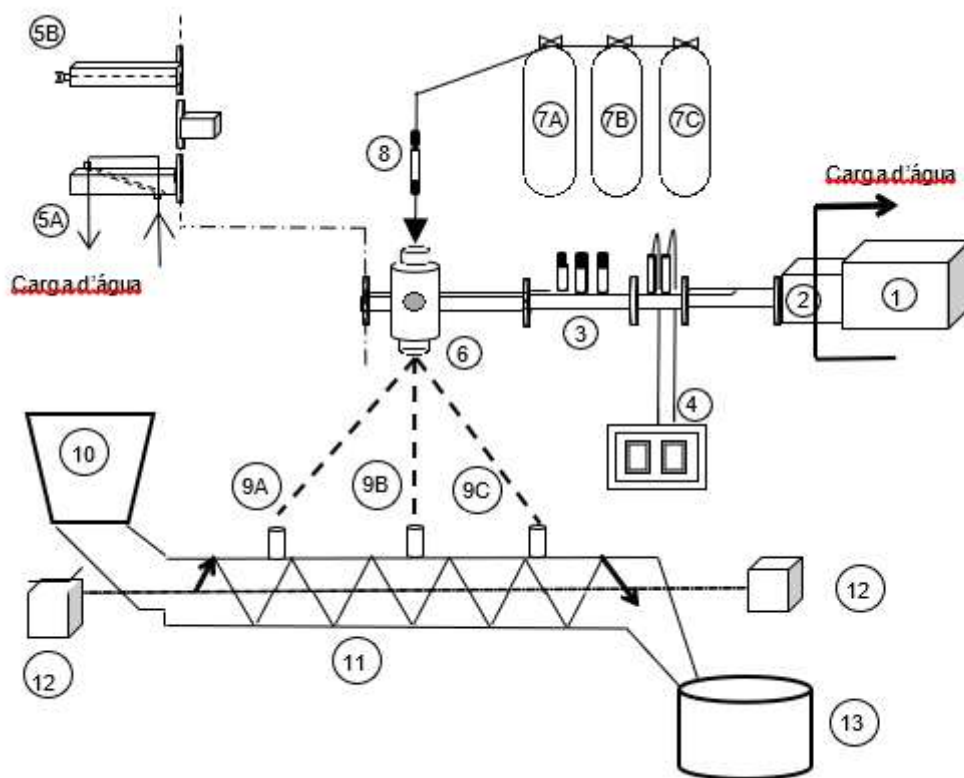


Figura 1