



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112017005166-4 B1



(22) Data do Depósito: 17/09/2015

(45) Data de Concessão: 02/08/2022

(54) Título: SISTEMA DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS, UM PROCESSO PARA AQUECER PRODUTOS ALIMENTÍCIOS COM O USO DE UM SISTEMA DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS E PRODUTOS ALIMENTÍCIOS FORMULADOS PARA RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS

(51) Int.Cl.: A23L 3/01; A23L 3/04.

(30) Prioridade Unionista: 17/09/2014 US 62/051,601.

(73) Titular(es): 915 LABS, LLC..

(72) Inventor(es): JOHN A. HIRSCHEY; MICHELE L. REEVE; JOHN M. CASSEL; LISA J. BREJCHA; JAMES DAVID LEGAN; LEA MICHELE MOHR.

(86) Pedido PCT: PCT US2015050650 de 17/09/2015

(87) Publicação PCT: WO 2016/044571 de 24/03/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 15/03/2017

(57) Resumo: UM SISTEMA DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS, UM PROCESSO PARA AQUECER PRODUTOS ALIMENTÍCIOS COM O USO DE UM SISTEMA DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS E PRODUTOS ALIMENTÍCIOS FORMULADOS PARA RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS. Trata-se de um sistema de retortagem de micro-ondas e um processo para aquecer produtos alimentícios com o uso de um sistema de retortagem de micro-ondas, tal como a temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização. Produtos alimentícios formulados para o tratamento em processos de retortagem de micro-ondas também são fornecidos. Em um aspecto, o sistema de retortagem de micro-ondas inclui uma zona de micro-ondas que tem uma ou mais seções de temperatura de micro-ondas em que um meio líquido é mantido em uma temperatura abaixo das temperaturas de esterilização durante o processo de cozimento por micro-ondas. Os processos e sistemas descritos no presente documento aquecem os produtos a temperaturas de pasteurização ou esterilização enquanto impedem que os produtos, incluindo superfícies externas, alcancem uma temperatura maior do que 57,2 °C (135 °F). Os processos e sistemas de retortagem de micro-ondas fornecem produtos com as propriedades de sabor e organolépticas equivalentes a ou quase equivalentes a um produto preparado recentemente de outra (...).

“SISTEMA DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS, UM PROCESSO PARA AQUECER PRODUTOS ALIMENTÍCIOS COM O USO DE UM SISTEMA DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS E PRODUTOS ALIMENTÍCIOS FORMULADOS PARA RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS”

CAMPO

[0001] O presente pedido refere-se a um sistema de retortagem de micro-ondas, um processo para aquecer produtos alimentícios com uso de um sistema de retortagem de micro-ondas, tal como a temperaturas de esterilização, e produtos alimentícios formulados para retortagem de micro-ondas.

ANTECEDENTES

[0002] Qualquer discussão sobre a técnica anterior por toda a especificação não deve de forma alguma ser considerada uma admissão de que essa técnica anterior é amplamente conhecida ou faz parte do conhecimento geral comum no campo.

[0003] Os processos de retortagem térmica foram usados para fornecer pasteurização e esterilização comercial para melhorar a segurança microbiana de produtos alimentícios refrigerados ou estáveis em prateleira. Nos processos de retortagem, os produtos são aquecidos a temperaturas eficazes para desativar micro-organismos, incluindo micro-organismos de deterioração ou patogênicos, que podem estar presentes no alimento. Os processos de retortagem térmica convencionais exigem geralmente tratamento de temperatura alta crescente de 40 minutos, incluindo estágios de aquecimento, retenção e resfriamento. Os processos de esterilização de retortagem mais comuns incluem processos de imersão em água e vapor saturado. Em processos de vapor saturado, um vaso de retortagem que contém produtos embalados (por exemplo, em pequenos invólucros, recipientes ou latas) é enchido com vapor durante cerca de 30 a cerca de 120 minutos. Em processos de imersão em água, os produtos alimentícios são imersos em água quente sob pressão em um vaso de

retortagem.

[0004] Embora a esterilização aceitável possa ser alcançada por esses processos, o tratamento térmico para esses comprimentos de tempo pode resultar em vários efeitos prejudiciais para o produto alimentício, incluindo mudanças em cor, aroma ou textura, desnaturação ou coagulação de proteína, e degradação de vitaminas e outros nutrientes. Em processos de retortagem convencionais, o centro geométrico do produto alimentício é tipicamente a parte mais fria do produto, e é o mais demorado para aquecer a temperaturas de esterilização. Isso pode resultar no aquecimento desigual do produto, e, através disso, certas porções, como a superfície externa ou cantos, são cozidas excessivamente em relação ao centro do produto. Tal aquecimento desigual pode resultar em mudanças indesejáveis ao produto alimentício em comparação a um produto recém-preparado que não foi submetido à retortagem térmica, assim como a aceitação de consumidor reduzida dos produtos retortados.

[0005] Houve um interesse recente no processo de retortagem com uso de energia de micro-ondas, mas o mesmo ainda não foi utilizado em uma escala comercial. Semelhante a sistemas de retortagem anteriores, a retortagem de micro-ondas utiliza a produção de calor para desativar o micro-organismo. Diferente dos outros processos de retortagem, a retortagem de micro-ondas resulta em produtos alimentícios que têm um ponto mais frio que frequentemente não é o centro geométrico do produto.

[0006] A esterilização térmica auxiliada por micro-ondas (MATS) é uma tecnologia conhecida que fornece esterilização por micro-ondas de alimentos embalados. Por exemplo, MATS pode usar uma frequência de 915 MHz. Um sistema de MATS convencional é descrito na Patente nº U.S. 7.119.313, e inclui uma seção de preaquecimento, uma seção de aquecimento por micro-ondas, uma seção de retenção, e uma seção de resfriamento dispostas em série, representando quatro etapas de processamento sequenciais. Cada seção do sistema de MATS descrita na patente '313 tem um

sistema de circulação de água separado que inclui um tanque pressurizado e um trocador de calor de placa para controlar o fluxo de água em uma temperatura predeterminada. Um transportador se estende da seção de preaquecimento para a seção de resfriamento e transporta produtos através das seções diferentes do equipamento de MATS. Durante o processo de esterilização, os produtos alimentícios embalados são imersos em uma solução de água em um vaso pressurizado. A água é circulada através das cavidades junto com o alimento processado. As vantagens do sistema de MATS em comparação a sistemas de retortagem convencionais incluem produtividades mais altas, custos de operação mais baixos e capacidade aumentada para esterilizar vários alimentos não homogêneos. Embora o sistema de MATS seja uma melhora sobre os sistemas de retortagem de micro-ondas anteriormente disponíveis, a tecnologia de MATS ainda está nos estágios iniciais, e os avanços até o presente não foram feitos de modo que permitam a implantação em uma larga escala comercial. Embora a energia de micro-ondas possa oferecer várias vantagens em esterilização térmica, um dos problemas com o uso de energia de micro-ondas para a esterilização térmica de alimento é a falta de uniformidade da distribuição de campo eletromagnético. Outro problema é que o sistema de MATS ainda resulta frequentemente no superaquecimento das bordas ou superfícies externas do alimento devido ao campo elétrico paralelo à borda do alimento. Tais limitações podem ser uma razão do fato de que os sistemas de micro-ondas ainda não foram amplamente usados para esterilizar alimentos em larga escala.

SUMÁRIO

[0007] A presente revelação geralmente se refere a um sistema de retortagem de micro-ondas e um processo para aquecer produtos alimentícios com uso de um sistema de retortagem de micro-ondas, tal como a temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização, assim como a produtos alimentícios formulados para tratamento em processos de retortagem de micro-ondas. Nos sistemas e processos descritos no presente documento,

produtos alimentícios embalados são pelo menos parcialmente imersos em um meio líquido e tratados com energia de micro-ondas para aquecer os produtos a temperaturas de pasteurização ou de esterilização e manter as temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização durante um tempo suficiente para pasteurizar ou esterilizar os produtos alimentícios. Em um aspecto, os processos e sistemas de retortagem de micro-ondas descritos no presente documento aquecem os produtos alimentícios a temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização, enquanto impedem que o produto alimentício, incluindo superfícies externas, alcance uma temperatura maior que 57,2 °C (135 °F). Ao fazer isso, pelo menos em algumas abordagens, os processos e sistemas de retortagem de micro-ondas descritos no presente documento dotam de modo vantajoso os produtos alimentícios das propriedades de sabor e organolépticas equivalentes ou quase equivalentes a um produto preparado recentemente de outra forma que não foi submetido a um processo de retortagem, e significativamente melhor do que produtos alimentícios idênticos de outra forma que foram submetidos a um processo de retortagem por imersão ou por vapor saturado convencional.

[0008] A menos que o contexto exija claramente de outra forma, ao longo da descrição e das reivindicações, as palavras "compreende", "compreendem" e semelhantes devem ser interpretadas em um sentido inclusivo, em oposição a um sentido exclusivo ou exaustivo; isto é, no sentido de "incluir, mas não se limitar a".

[0009] Em um aspecto particular, a presente invenção fornece um processo para pasteurizar ou esterilizar um produto alimentício embalado com uso de energia de micro-ondas, em que o método compreende o pré-aquecimento de um produto alimentício embalado a uma temperatura de cerca de 50 °C a cerca de 80 °C; transportar o produto alimentício embalado para uma zona de micro-ondas que compreende uma primeira seção de temperatura de micro-ondas e uma segunda seção de temperatura de micro-ondas; na primeira seção de temperatura, imergindo-se o

produto alimentício embalado em um meio líquido com uma primeira temperatura e aplicando-se energia de micro-ondas ao produto alimentício por um primeiro período de tempo, sendo a primeira temperatura pelo menos cerca de 20 °C e menor que a temperatura de pasteurização ao pasteurizar o produto alimentício embalado ou menor que uma temperatura de esterilização ao esterilizar o produto alimentício embalado; transportar o produto alimentício embalado da primeira seção de temperatura de micro-ondas para a segunda seção de temperatura de micro-ondas, em que um meio líquido na segunda seção de temperatura de micro-ondas tem uma segunda temperatura maior que o meio líquido da primeira seção de temperatura de micro-ondas, mas não excede a temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado e aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício por um segundo período de tempo; transportar o produto alimentício embalado com energia de micro-ondas aplicada por pelo menos um primeiro e segundo períodos de tempo para uma zona de retenção que inclui um meio líquido a uma temperatura de cerca de 115 °C a cerca de 135 °C; e transportar o produto alimentício embalado da zona de retenção para uma zona de resfriamento.

[0010] Em um aspecto, um processo para pasteurizar ou esterilizar um produto alimentício embalado com uso de energia de micro-ondas é fornecido. O método compreende preaquecer um produto alimentício embalado a uma temperatura de cerca de 50 °C a cerca de 80 °C; transportar o produto alimentício embalado até uma zona de micro-ondas que compreende uma primeira seção de temperatura e pelo menos uma segunda seção de temperatura; na primeira seção de temperatura, imergir o produto alimentício embalado em um meio líquido que tem uma temperatura de cerca de 20 °C a cerca de 110 °C e aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício por um primeiro período de tempo; transportar o produto alimentício embalado da primeira seção de temperatura de micro-ondas até uma segunda

seção de temperatura de micro-ondas, em que um meio líquido na segunda seção de temperatura tem uma temperatura mais alta do que o meio líquido da primeira seção de temperatura, e aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício por um segundo período de tempo; transportar o produto alimentício embalado que tem energia de micro-ondas aplicada por pelo menos um primeiro e um segundo períodos de tempo até uma zona de retenção que inclui um meio líquido em uma temperatura de cerca de 115 °C a cerca de 135 °C; e transportar o produto alimentício embalado da zona de retenção até uma zona de resfriamento.

[0011] Em uma abordagem, o processo compreende, ainda, transportar o produto alimentício embalado até uma terceira seção de temperatura e aplicar uma energia de micro-ondas ao produto alimentício por um terceiro período de tempo, em que um meio líquido na segunda seção de temperatura tem uma temperatura superior ao meio líquido da primeira seção de temperatura.

[0012] Em outra abordagem, o processo compreende adicionalmente transportar o produto alimentício embalado a uma pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas adicionais após a segunda seção de temperatura. Em um aspecto, a pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas adicionais inclui de 3 a 10 seções de temperatura adicionais. Em algumas abordagens, a energia de micro-ondas aplicada na primeira seção de temperatura tem uma intensidade mais alta do que na energia de micro-ondas aplicada na segunda seção de temperatura. Em um aspecto, a energia de micro-ondas aplicada na primeira seção de temperatura tem uma intensidade mais alta do que na energia de micro-ondas aplicada na segunda e na terceira seções de temperatura.

[0013] O meio líquido de cada uma dentre a primeira e a segunda seções de temperatura pode ter uma temperatura de cerca de 20 a cerca de 95 °C, em outro aspecto, cerca de 20 a cerca de 90 °C e, em outro aspecto, cerca de 20 a cerca de 85 °C durante a aplicação da energia de

micro-ondas. Pelo menos em algumas abordagens, cada etapa de processo é conduzida para evitar que qualquer porção do produto alimentício alcance uma temperatura maior que 135 °C.

[0014] Os produtos alimentícios exemplificativos que podem ser tratados pelos processos e sistemas descritos no presente documento incluem massa, massa e molho, macarrão e queijo, carne, carne e molho, carne com caldo, pratos com arroz, pratos com ovos, omeletes, refeições fritas, batatas (purê, fatiadas, cortadas em cubos), sopa, fruta, peixe e bebidas. Em um aspecto particular, o produto alimentício embalado é macarrão e queijo. Os produtos alimentícios tratados pelos processos e sistemas no presente documento podem estar em um pequeno invólucro, recipiente rígido, ou recipiente flexível.

[0015] Em outro aspecto particular, a presente invenção fornece um sistema de retorta de micro-ondas que compreende: uma zona de pré-aquecimento configurada para aquecer um meio líquido na zona de pré-aquecimento a uma temperatura de cerca de 50 °C a cerca de 85 °C; uma zona de micro-ondas que inclui: pelo menos uma fonte de micro-ondas; pelo menos dois aplicadores de micro-ondas configurados para direcionar energia de micro-ondas da fonte de micro-ondas para um produto alimentício embalado posicionado na zona de micro-ondas; uma primeira seção de temperatura de micro-ondas na zona de micro-ondas, a primeira seção de temperatura de micro-ondas configurada para imergir o produto alimentício embalado em um meio líquido dentro da primeira seção de temperatura de micro-ondas, para aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício embalado quando imerso e para aquecer o líquido meio dentro da primeira seção de temperatura de micro-ondas para uma primeira temperatura menor que uma temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou menor que uma temperatura de esterilização ao esterilizar o produto alimentício embalado; e uma segunda seção de temperatura de micro-ondas na zona de micro-ondas a jusante da primeira seção de temperatura de

micro-ondas, a segunda seção de temperatura de micro-ondas configurada para imergir o produto alimentício embalado em um meio líquido dentro da segunda seção de temperatura de micro-ondas, para aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício embalado quando imerso e para aquecer o meio líquido dentro da segunda seção de temperatura de micro-ondas para uma segunda temperatura maior que a primeira temperatura, mas não excedendo a temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou a temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado; e um dispositivo de transporte configurado para mover o produto alimentício embalado da zona de pré-aquecimento para a zona de micro-ondas.

[0016] Em outro aspecto, um sistema de retortagem de micro-ondas é fornecido, incluindo uma zona de preaquecimento configurada para aquecer um meio líquido na zona de preaquecimento até uma temperatura de cerca de 50 °C a cerca de 85 °C; uma zona de micro-ondas que inclui pelo menos uma fonte de micro-ondas; pelo menos dois aplicadores de micro-ondas configurados para direcionar energia de micro-ondas da fonte de micro-ondas até um produto alimentício embalado posicionado na zona de micro-ondas; pelo menos duas seções de temperatura na zona de micro-ondas, sendo que cada seção de temperatura é configurada para aquecer um meio líquido em cada seção de temperatura; e um dispositivo de transporte configurado para mover o produto alimentício embalado da zona de preaquecimento até a zona de micro-ondas.

[0017] Em um aspecto, a zona de micro-ondas inclui pelo menos três seções de temperatura. Em outro aspecto, a zona de micro-ondas inclui uma pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas. Ainda em outro aspecto, a pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas inclui 3 a 10 seções de temperatura adicionais. Em algumas abordagens, o sistema de retortagem de micro-ondas compreende adicionalmente um separador de água quente/fria e uma zona de retenção, em que o separador de

água quente/fria está posicionado entre a zona de micro-ondas e a zona de retenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0018] A Figura 1 é um diagrama de blocos de um primeiro processo de retortagem de micro-ondas exemplificativo.

[0019] A Figura 2 é uma esquemática de uma zona de micro-ondas exemplificativa incluindo uma pluralidade de seções de temperatura.

[0020] A Figura 3 é um diagrama de blocos de um segundo processo de retortagem de micro-ondas exemplificativo.

[0021] A Figura 4 é uma esquemática de um sistema de processamento de retortagem de micro-ondas exemplificativo.

[0022] A Figura 5 é um gráfico do desvio padrão de perda dielétrica (δ") a 915 MHz para vários molhos de queijo.

[0023] A Figura 6 é uma fotografia de um produto de macarrão e queijo após ser submetido a um processo de retortagem de micro-ondas.

[0024] A Figura 7 é uma fotografia de um produto de macarrão e queijo após ser submetido a um processo de retortagem de micro-ondas, em que o molho de queijo do produto inclui sal adicionado.

[0025] A Figura 8 é uma fotografia de um produto de macarrão e queijo após ser submetido a um processo de retortagem de micro-ondas, em que o molho de queijo do produto inclui creme adicionado.

[0026] A Figura 9 é um gráfico de temperatura central ao longo do tempo durante retortagem de micro-ondas de um produto de macarrão e queijo.

[0027] A Figura 10 é um gráfico de temperatura central ao longo do tempo durante a retortagem de micro-ondas de um produto de macarrão e queijo, em que o molho de queijo inclui sal adicionado.

[0028] A Figura 11 é um gráfico de temperatura

central ao longo do tempo durante a retortagem de micro-ondas de um produto de macarrão e queijo, em que o molho de queijo inclui creme adicionado.

[0029] A Figura 12 é um gráfico do fator de perda dielétrica (δ'') de molhos de queijo como uma função de frequência à temperatura ambiente.

[0030] A Figura 13 inclui um gráfico do F_0 cumulativo e a temperatura do ponto frio da amostra de viscosidade reduzida ($n=2$) após dez passagens em micro-ondas em um processo de retortagem de micro-ondas.

[0031] A Figura 14 inclui um gráfico do F_0 cumulativo e a temperatura do ponto frio da amostra de viscosidade original (não reduzida) ($n=4$) após dez passagens em micro-ondas em um processo de retortagem de micro-ondas.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0032] A presente revelação geralmente se refere a um sistema de retortagem de micro-ondas, um processo para aquecer produtos alimentícios com uso de um sistema de retortagem de micro-ondas, tal como a temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização, e produtos alimentícios formulados para tratamento em processos de retortagem de micro-ondas. Nos sistemas e processos descritos no presente documento, produtos alimentícios embalados são pelo menos parcialmente imersos em um meio líquido e tratados com energia de micro-ondas para aquecer os produtos a temperaturas de pasteurização ou de esterilização e manter as temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização durante um tempo suficiente para pasteurizar ou esterilizar os produtos alimentícios. Em um aspecto, os processos e sistemas de retortagem de micro-ondas descritos no presente documento aquecem os produtos alimentícios a temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização, enquanto impedem que o produto alimentício, incluindo superfícies externas do produto alimentício, alcance uma temperatura maior que 57,2 °C (135 °F). Ao fazer isso, pelo menos em algumas abordagens, os

processos e sistemas de retortagem de micro-ondas descritos no presente documento dotam de modo vantajoso os produtos alimentícios das propriedades de sabor e organolépticas equivalentes ou quase equivalentes a um produto preparado recentemente de outra forma que não foi submetido a um processo de retortagem e significativamente melhor do que produtos alimentícios idênticos de outra forma que foram submetidos a um processo de retortagem por imersão ou por vapor saturado convencional.

[0033] Em algumas abordagens, os processos e sistemas de retortagem descritos no presente documento podem ser usados em combinação com as formulações alimentícias descritas no presente documento. Em outros aspectos, os processos e sistemas de retortagem descritos no presente documento podem ser usados com outras formulações alimentícias. De modo similar, as formulações alimentícias descritas no presente documento podem ser usadas com outros processos de retortagem de micro-ondas, embora, pelo menos em algumas abordagens, executar os processos de retortagem descritos no presente documento com as formulações de produto alimentício no presente documento pode fornecer produtos alimentícios de qualidade alta com melhora significante na textura, sabor e cor sobre produtos produzidos por métodos de retortagem de micro-ondas atualmente disponíveis.

[0034] A retortagem de micro-ondas utiliza energia de micro-ondas para aquecer rapidamente os produtos alimentícios em embalagens vedadas até temperaturas eficazes para pasteurizar ou esterilizar os produtos. As embalagens são típica e completamente submersas em água em uma câmara de micro-ondas durante tratamento de micro-ondas. Uma etapa de aquecimento rápido é tipicamente seguida por uma etapa de retenção e uma etapa de resfriamento rápida. Essas etapas de aquecimento e resfriamento rápidos permitem que o alimento seja pasteurizado e/ou esterilizado com menos exposição térmica total que retortagem por imersão ou vapor convencional, e podem resultar na qualidade de produto

significativamente melhorada.

[0035] O projeto e a operação de sistemas de retortagem de micro-ondas podem ser grandemente influenciados pelas propriedades dos produtos alimentícios processados nos mesmos. Por exemplo, o número de pontos de aplicação de micro-ondas, a potência dos geradores de micro-ondas, a intensidade da energia de micro-ondas entregue aos produtos alimentícios, o tamanho de máquina, a velocidade da correia ou outro mecanismo de transporte que controla a taxa na qual o produto passa através do sistema e outros fatores de construção de máquina podem ser todos modificados independentemente ou em combinação para adequar as propriedades do produto alimentício ou faixa de produtos alimentícios retortados.

[0036] Também são fornecidas no presente documento as formulações alimentícias que podem ser usadas com condições de processamento de pasteurização e/ou esterilização de retortagem de micro-ondas. Em algumas abordagens, a viscosidade, as propriedades dielétricas, capacidade de calor específico, a massa, e/ou a densidade do produto podem ser controladas para melhorar a qualidade de produto obtida a partir de um dado sistema ou processo de retortagem de micro-ondas. Por exemplo, variar a concentração de sal ou outros contribuintes para perda dielétrica enquanto também são variados os tipos e/ou concentrações de amidos, hidrocoloides, ou outros controladores de viscosidade de produto permite o desenvolvimento de formulações de produto inovadoras que são unicamente adequadas para fornecer qualidade de produto significativamente melhorada para uma configuração de sistema de retortagem de micro-ondas particular. Controlar outras propriedades ou características físicas do produto alimentício também pode ser vantajoso.

[0037] Pelo menos em algumas abordagens, essas mudanças de formulação fornecem de modo vantajoso os produtos alimentícios pasteurizados e/ou esterilizados com características

organolépticas, de textura, e visuais desejáveis. Especificamente, essas várias características e propriedades físicas dos produtos alimentícios a serem tratados, assim como sua interação com intensidade de micro-ondas e outras variáveis de sistema de retortagem, impactam a habilidade do produto para alcançar temperaturas de esterilização em seu ponto mais frio sem sofrer tostagem, queimaduras, ou produção de partes cozidas excessivamente ou problemas em seu ponto mais quente, como porções da superfície externa do produto. Com esse propósito, o uso de projetos experimentais de múltiplos fatores incluindo, no mínimo, propriedades dielétricas e propriedades térmicas é uma abordagem unicamente eficaz e inovadora.

[0038] Pelo menos em algumas abordagens, as vantagens descritas no presente documento podem ser alcançadas fazendo-se mudanças estrutural e/ou de processamento ao equipamento de retortagem de micro-ondas existente. Por exemplo, o aparelho da Patente n.º U.S. 7.119.313, que é incorporado a título de referência no presente documento em sua totalidade, e o método de usar aquele aparelho podem ser modificados de acordo com os processos descritos no presente documento para alcançar a qualidade de produto significativamente melhorada. Outros equipamentos existentes incluem a unidade de produção “MATS B” de 915 Labs LLC (Centennial, CO).

[0039] Os processos de retortagem de micro-ondas descritos no presente documento envolvem geralmente transportar ou mover de outra forma um produto alimentício através de câmaras distintas e tipicamente pressurizadas de modo a fornecer um processo contínuo ou semicontínuo. Pelo menos em algumas abordagens, as câmaras distintas são separadas por um ou mais portões ou portas que são abertos e fechados à medida que o produto alimentício é transportado de uma câmara para próxima. Os portões são primariamente uma trava de pressão para permitir que os produtos se movam entre câmaras, o que pode ser em pressões diferentes e conter meio líquido em temperaturas diferentes, sem uma perda considerável

de pressão ou meio líquido de uma câmara de pressão superior até uma inferior

[0040] Por uma abordagem exemplificativa, e conforme mostrado geralmente na Figura 1, um processo de retortagem de micro-ondas 100 é fornecido, pelo qual um produto alimentício estável em prateleira pode ser preparado pelo tratamento sucessivo em uma zona de preaquecimento, uma zona de micro-ondas, uma zona de retenção, e uma zona de resfriamento, conforme explicado em mais detalhes abaixo.

[0041] Na etapa 101, um produto alimentício embalado é colocado em uma zona de preaquecimento, em que o produto alimentício é pelo menos parcialmente imerso em um meio líquido e o produto alimentício é aquecido até uma temperatura desejada. Na maioria das abordagens, o produto alimentício é completamente imerso no meio líquido. Entretanto, se o preaquecimento diferencial for desejado, a imersão parcial do produto alimentício no meio líquido pode ser desejada. Geralmente, os produtos alimentícios são fornecidos em embalagem apropriada, como uma jarra, um pequeno invólucro ou um recipiente flexível ou rígido. O preaquecimento é usado para equilibrar a temperatura do produto até acima da temperatura ambiente, mas geralmente abaixo de temperaturas de esterilização. Isso possibilita a utilização mais eficaz da energia de micro-ondas aplicada na zona de micro-ondas. O meio líquido na câmara pode ser aquecido por qualquer meio conhecido na técnica, como, por exemplo, por aplicação de vapor. Em pelo menos algumas abordagens, o meio líquido é água, o que auxilia em minimizar a perda dielétrica para o meio líquido durante a aplicação de energia de micro-ondas. Geralmente, a temperatura do líquido é selecionada para que o produto alimentício possa ser uniformemente aquecido, mas não cozido na zona de preaquecimento. Por exemplo, quando um produto é cozido, mudanças físicas e químicas complexas começam a ocorrer. As mudanças químicas que podem ocorrer incluem, por exemplo, caramelização, reações de Maillard, desnaturação de proteína, degradação de amido ou outros

polissacarídeos no alimento, e geração de compostos ou cores de sabor indesejável. Essas e outras mudanças podem afetar de modo prejudicial certos atributos do alimento, como textura, sabor, cor, ou outras propriedades organolépticas. Portanto, é geralmente preferido que a temperatura da etapa de preaquecimento seja selecionada para evitar o cozimento do produto alimentício.

[0042] Em uma abordagem, o meio líquido usado na etapa de preaquecimento pode estar em uma temperatura de cerca de 50 °C a cerca de 85 °C, e a etapa de preaquecimento pode ser executada durante um período de tempo eficaz para fornecer uma temperatura uniforme no produto alimentício de cerca de 50 a cerca de 80 °C. Os termos “uniformemente aquecido” ou “temperatura uniforme” significam que o ponto mais frio e o ponto mais quente do produto estão dentro de cerca de 6 °C entre si, em outro aspecto, dentro de 4 °C entre si, e em outro aspecto, dentro de cerca de 3 °C entre si. O ponto mais frio pode ser determinado diretamente colocando-se múltiplos termopares ou outros dispositivos de medição de temperatura através de um produto representativo. O ponto mais frio também pode ser estimado por modelagem de computação. Em alguns produtos, o ponto mais frio também pode ser o centro geométrico do produto. O ponto mais quente pode ou não estar na superfície exterior do produto.

[0043] Em algumas abordagens, a temperatura do líquido na zona de preaquecimento pode depender do tipo de produto alimentício em tratamento. Por exemplo, entende-se geralmente que produtos que contém laticínios são mais suscetíveis à degradação mediada por temperatura ou geração de sabores indesejáveis em relação a certos outros produtos alimentícios. Consequentemente, pelo menos em algumas abordagens, pode ser desejável que um produto alimentício que contém laticínios seja aquecido até uma temperatura na extremidade mais baixa da faixa descrita, enquanto pode ser haver mais flexibilidade na seleção de uma temperatura pela faixa descrita para outros produtos alimentícios.

[0044] Na etapa 103, o produto alimentício é transportado a uma zona de micro-ondas, em que o produto é tratado com energia de micro-ondas. A zona de micro-ondas pode incluir uma ou mais seções de temperatura de micro-ondas. Cada seção de temperatura de micro-ondas pode incluir um ou mais aplicadores de micro-ondas, que podem ser posicionados acima, abaixo, e/ou em outro ângulo em relação ao produto alimentício. Pelo menos em algumas abordagens, a uniformidade maior de aquecimento pode ser alcançada com aplicação de micro-ondas em ângulo. Em um aspecto, os aplicadores de micro-ondas podem ser posicionados para entregar energia de micro-ondas ao longo da direção de trajeto na zona de micro-ondas.

[0045] Acreditou-se anteriormente que é vantajoso preaquecer o meio líquido da câmara de micro-ondas. Por exemplo, as temperaturas de meio líquido de cerca de 80 °C a cerca de 100 °C foram usadas para tratamentos de pasteurização e temperaturas de cerca de 100 °C a cerca de 140 °C para tratamentos de esterilização. Entretanto, foi constatado que a aplicação de energia de micro-ondas a um produto em uma temperatura de banho de água de esterilização de cerca de 121 °C a cerca de 135 °C pode resultar em penetração de micro-ondas minimizada no produto, o que pode resultar em defeitos de qualidade de produto induzidos por micro-ondas significantes, incluindo pontos quentes na superfície do produto. Os mesmos são vistos em intensidade variável através de formatos de pequeno invólucro e bandeja diferentes. À medida que a temperatura de produto alimentício aumenta, a energia de micro-ondas capacidade de absorção aumenta de modo considerável pela maioria dos produtos alimentícios. É igualmente considerável a diminuição na energia de penetração de micro-ondas no alimento. A combinação desses fatores pode levar a aquecimento e abrasamento da superfície externa. Os sistemas e processos de retortagem de micro-ondas atualmente disponíveis podem causar defeitos de qualidade de produto significantes ao longo da faixa inteira de pontos de definição de processo e

formulações de produto testadas. O equipamento de retortagem de micro-ondas atualmente disponível, como de 915 Labs, pode causar variação de temperatura ampla através e entre embalagens adjacentes independente de tratamento idêntico de modo nominal. Por exemplo, a variação de temperatura entre produtos pode ser medida por sondas de temperatura de ponto frio.

[0046] Acredita-se atualmente que uma porcentagem significante de defeitos de produto seja causada por aquecimento não volumétrico, que é um resultado, pelo menos em parte, da mudança de propriedades dielétricas à medida que a temperatura do produto aumenta durante o aquecimento. A mudança de propriedades dielétricas impacta a profundidade de penetração das micro-ondas. Quando um produto alimentício é tratado com energia de micro-ondas, a profundidade de penetração da energia de micro-ondas depende, em parte, das propriedades dielétricas do produto alimentício em cozimento por micro-ondas. A perda dielétrica E'' é a habilidade de uma substância para converter energia eletromagnética em calor em uma dada frequência e temperatura. Os materiais com constantes dielétricas altas também não podem ter valores de perda dielétrica E'' altos. Os valores de perda dielétrica E'' são relacionados tanto à frequência quanto à temperatura. A profundidade de penetração é geralmente definida como o ponto em que 37% ($1/e$) da potência de micro-ondas inicialmente irradiada ainda estão presentes, e é inversamente proporcional à perda dielétrica E'' . Consequentemente, produtos alimentícios com valores de perda dielétrica E'' altos têm geralmente valores de profundidade de penetração baixos, e a energia de micro-ondas pode ser significativamente absorvida pela porção externa do produto alimentício. Adicionalmente, com a temperatura crescente, a profundidade de penetração para muitos produtos alimentícios tende a diminuir adicionalmente.

[0047] Foi constatado de modo surpreendente que esses defeitos podem ser virtualmente eliminados ou significativamente reduzidos utilizando-se condições de processamento eficazes para fornecer

uma temperatura de produto máxima abaixo de (135 °C (275 °F) durante aquecimento por micro-ondas. Os sistemas de retortagem de micro-ondas atualmente disponíveis utilizam tipicamente utilizar um banho de água pressurizada para atenuar a energia de micro-ondas nos cantos da embalagem e para impedir que as pressões de vapor de esterilização estourem as embalagens individualmente vedadas. Com uso de água de 0,34 a cerca de 0,62 MPa (50 a cerca de 90 psi), a pressão excessiva pode possibilitar que temperaturas de produto máximas instantaneamente induzidas por micro-ondas cresçam acima de 149 °C (300 °F). Embora essas temperaturas altas possam ser pensadas como benéficas a partir de um ponto de vista de desativação microbiana, essas temperaturas podem causar defeitos de produto significantes, incluindo defeitos no sabor (por exemplo, queimado, abrasado e cozido), cor (por exemplo, marrom, amarelo e rosa), e mudanças de textura (por exemplo, texturas embrorrachadas, macias e pastosas).

[0048] Contrário à sabedoria convencional, foi constatado que usando o meio líquido em temperaturas mais baixas na zona de micro-ondas pelo menos por uma porção do tratamento de micro-ondas (em um aspecto, o tratamento de micro-ondas inicial) pode melhorar significativamente a qualidade do produto alimentício após retortagem. Isso pode ser aplicado em uma maneira particularmente vantajosa em uma zona de micro-ondas que tem duas ou mais seções de temperatura. Em algumas abordagens, uma zona de micro-ondas com pelo menos duas seções de temperatura de micro-ondas pode ser usada. Nessas abordagens, cada seção de temperatura de micro-ondas pode ser configurada para ter um meio líquido de temperatura diferente e/ou aplicar uma intensidade de micro-ondas diferente. Por exemplo, uma primeira seção de temperatura de micro-ondas pode ter uma temperatura de meio líquido mais baixa, conforme descrito acima, e uma segunda seção de temperatura de micro-ondas pode ter uma temperatura de meio líquido mais alta.

[0049] Em uma abordagem, uma zona de

temperatura de micro-ondas é fornecida, pela qual a temperatura do meio líquido pode ser controlada até uma temperatura significativamente abaixo das temperaturas de esterilização. Por exemplo, a temperatura da água na zona de micro-ondas pode ser de cerca de 20 °C a cerca de 115 °C, em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 110 °C, em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 100 °C, em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 95 °C, em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 90 °C, e em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 85 °C. A extremidade mais baixa da faixa pode depender, pelo menos em parte, da intensidade de micro-ondas a ser aplicada ao produto alimentício quando o produto é imerso no meio líquido. Por exemplo, se a energia de micro-ondas de intensidade mais alta for aplicada ao produto, um meio líquido de temperatura relativamente mais fria pode ser particularmente benéfico. Por exemplo, um meio líquido de uma temperatura de cerca de 20 °C a cerca de 50 °C, em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 45 °C, em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 40 °C, e, ainda em outro aspecto, cerca de 20 °C a cerca de 35 °C, pode ser particularmente adequado para essas abordagens.

[0050] Por outro lado, se energia de micro-ondas de menos intensidade for aplicada ao produto durante um período de tempo mais longo, um meio líquido mais quente pode ser aceitável, como de cerca de 65 °C a cerca de 115 °C, em outro aspecto, cerca de 65 °C a cerca de 110 °C, em outro aspecto, cerca de 65 °C a cerca de 100 °C, em outro aspecto, cerca de 65 °C a cerca de 100 °C, em outro aspecto, cerca de 65 °C a cerca de 95 °C, em outro aspecto, cerca de 65 °C a cerca de 90 °C, e, em outro aspecto, cerca de 65 °C a cerca de 85 °C.

[0051] Foi constatado de modo vantajoso que fornecer um meio líquido na zona de temperatura de micro-ondas significativamente abaixo das temperaturas de esterilização, conforme descrito acima, possibilita que o meio líquido conduza o calor para longe da superfície do produto alimentício durante a aplicação de energia de micro-ondas. Isso fornece diversas vantagens. Primeiro, foi constatado que a temperatura mais

baixa da superfície de produto possibilita que a energia de micro-ondas penetre melhor na embalagem e aqueça de modo volumétrico o produto. Segundo, transmitindo-se a energia de micro-ondas de modo mais profundo no produto, uma eficácia de aumento de micro-ondas para temperatura de produto é alcançada. Terceiro, o calor de superfície induzido por micro-ondas é dissipado mais rapidamente no meio líquido, de modo que o efeito geral seja o de reverter o perfil de temperatura de produto em corte transversal de um núcleo frio com uma superfície extremamente quente para um núcleo esterilizado com uma superfície mais fria. O uso das temperaturas de meio líquido mais frias resulta de modo vantajoso no tratamento excessivo de superfície de produto significativamente reduzido em relação ao ponto frio de produto. Isso fornece benefícios de produto significantes em comparação a produtos tratados por sistemas de retortagem por vapor e processos de retortagem de micro-ondas atualmente disponíveis.

[0052] Por uma abordagem, uma zona de micro-ondas com quatro seções de temperatura individuais é ilustrada na Figura 2. Em uma abordagem exemplificativa, a primeira seção de temperatura que o produto alimentício encontra quando transportado através da zona de micro-ondas pode ser a seção de temperatura mais fria, e as três seções de temperatura restantes podem estar na mesma temperatura ou em uma mais alta. Por exemplo, a temperatura do meio líquido em cada seção pode ser aumentada em partes de uma seção para a próxima ao longo da direção de trajeto.

[0053] Adicionalmente, conforme notado acima, a intensidade de micro-ondas aplicada em cada seção também pode diferir de uma seção para outra. Por exemplo, na Zona 1 da Figura 2, quando a temperatura de meio líquido é relativamente baixa (por exemplo, cerca de 20 °C a cerca de 70 °C), a energia de micro-ondas de intensidade mais alta pode ser aplicada ao produto com penetração mais profunda da energia para o ponto frio de produto, enquanto o calor da superfície do produto é dissipado para o

meio líquido mais frio. Então, à medida que o ponto frio começa a aquecer, o produto pode ser transportado para seções de temperatura de micro-ondas adicionais nas quais a intensidade de micro-ondas é diminuída em relação à seção anterior e a temperatura de meio líquido é mais alta em relação à seção anterior. Na última seção de temperatura, o ponto frio do produto alimentício deve estar em ou próxima à temperatura de pasteurização (por exemplo, cerca de 60 a cerca de 90 °C) e/ou temperatura de esterilização desejada, por exemplo, cerca de 115 a 135 °C).

[0054] Em direção ao fim do processo de micro-ondas, a transferência de calor da superfície exterior do produto alimentício para o meio líquido se torna menos importante, e a temperatura do meio líquido pode ser aumentada em ou próximo a temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização. Portanto, a temperatura do meio líquido em seções de temperatura de micro-ondas sucessivas pode ser aumentada, conforme necessário, para que tanto o ponto frio quanto o produto e a superfície exterior alcancem temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização. Por exemplo, o meio líquido na seção de temperatura de micro-ondas final pode ser de cerca de 60 °C a cerca de 90 °C para pasteurização ou cerca de 115 °C a cerca de 135 °C para esterilização.

[0055] Pelo menos em algumas abordagens, foi constatado que utilizar uma combinação de potência ou intensidade de micro-ondas reduzida, mas um número aumentado de pontos de aplicação de micro-ondas pode resultar aproximadamente na metade da variabilidade de temperatura de produto finalizada do equipamento de processamento atualmente disponível (por exemplo, potência de micro-ondas mais alta e menos pontos de aplicação), conforme medido por sondas de temperatura de ponto frio.

[0056] Embora a potência ou intensidade de micro-ondas reduzida e/ou número aumentado de seções de temperatura de micro-ondas possa resultar em um tempo de tratamento por micro-ondas geral mais

longo, pelo menos em algumas abordagens, o produto alimentício pode ser aquecido com eficácia maior em termos do ponto frio do produto em aquecimento rapidamente por kW de energia aplicado ao produto. Reduzindo-se a variabilidade de processo, menos tratamento térmico geral é necessário para conferir esterilidade. Desse modo, o benefício geral de esterilização de retortagem de micro-ondas é aumentado versus retortagem padrão, e uma qualidade de produto significativamente melhorada pode ser obtida.

[0057] Em algumas abordagens, o produto é retido na zona de micro-ondas (incluindo todas as seções de temperatura de micro-ondas individuais) durante cerca de 60 segundos a cerca de 10 minutos. A duração de tempo em que o produto é retido na zona de micro-ondas pode depender, pelo menos em parte, do número de pontos de aplicação de micro-ondas, espaçamento desses pontos de aplicação, e intensidade da energia de micro-ondas aplicada. Pelo menos em algumas abordagens, os pontos de aplicação podem ser espaçados juntos à medida que o produto alimentício se move a jusante através da pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas. De modo vantajoso, isso pode resultar no aparelho ou sistema de retortagem de micro-ondas tendo uma pegada de máquina menor.

[0058] Em geral, reduzir a potência de micro-ondas aumenta o tempo de tratamento por micro-ondas exigido para alcançar temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização. Para evitar o aumento de tempo de tratamento, o número de pontos de aplicação de micro-ondas ou "aplicadores" pode ser aumentado. Em uma abordagem, a energia de micro-ondas é fornecida a partir de uma fonte de micro-ondas, a qual supre energia para guias de onda de micro-ondas. A fonte de micro-ondas pode ser qualquer aparelho que produz radiação eletromagnética na frequência de micro-ondas. Por exemplo, a fonte de micro-ondas pode incluir um magnétron, klystron, oscilador eletrônico, e/ou fonte de estado sólido. As guias de onda incluem uma seção geralmente em formato de buzina chamada de "aplicador", a qual é posicionada para direcionar a energia de micro-ondas em uma direção

desejada em direção aos produtos alimentícios. Os termos “guias de onda” e “aplicadores” são usados no presente documento com o significado descrito na Patente nº U.S. 7.119.313, a qual é incorporada no presente documento a título de referência. As guias de onda podem incluir adicionalmente um divisor, para que uma fonte de micro-ondas única possa alimentar micro-ondas aos múltiplos aplicadores. Isso aumenta potencialmente a eficácia permitindo-se que a fonte de micro-ondas opere em uma emissão de potência de porcentagem alta, enquanto cada ponto de aplicação individual entrega apenas uma fração da energia de micro-ondas total para o produto alimentício.

[0059] Em um aspecto, a potência de micro-ondas é de cerca de 5 kW a cerca de 40 kW por passagem em micro-ondas, em outro aspecto, cerca de 10 kW a cerca de 20 kW por passagem em micro-ondas sob cada aplicador. O nível de potência preciso selecionado pode depender, pelo menos em parte, do número de passagens realizadas, do número de aplicadores de micro-ondas, da velocidade na qual o produto é transportado através da zona de micro-ondas, do tempo entre passagens de aplicação de micro-ondas, e da temperatura do meio líquido em uma seção de temperatura particular. Em um aspecto, cada passagem pode estar na faixa entre cerca de 45 segundos a cerca de 1 minuto.

[0060] Em algumas abordagens, a potência de micro-ondas reduzida pode ser usada em combinação com um número aumentado de pontos de aplicação. Pelo menos para certos produtos alimentícios, como produtos de macarrão e queijo, foi constatado que a combinação de intensidade mais baixa durante um tempo longo, em incrementos espaçados, alcança a esterilidade de produto desejada, mas com mais características de produto desejáveis. Por exemplo, o sistema de retortagem pode incluir de cerca de 4 a cerca de 15 pontos de aplicação de micro-ondas, e em outro aspecto, cerca de 8 a cerca de 12 pontos de aplicação de micro-ondas. Pelo menos em algumas abordagens, os pontos de aplicação estão em série à medida que o produto passa através da zona de micro-ondas.

Em um aspecto, os pontos de aplicação de micro-ondas estão separados em pelo menos cerca de 30,48 centímetros (12 polegadas).

[0061] Cada um desses aspectos pode ser usado independentemente ou em combinação. Por exemplo, em algumas aplicações alimentícias, pode ser constatado que o uso de potência reduzida pode ser suficiente e que aumentar o número de pontos de aplicação de micro-ondas não é necessário.

[0062] Após o tratamento de micro-ondas, o produto alimentício é, então, transportado na etapa 105 para a zona de retenção para alcançar a pasteurização e/ou esterilização. Preferencialmente, o produto alimentício é transportado para a zona de retenção para reter o produto a uma temperatura eficaz para alcançar a esterilização, que pode ser definida como um F_0 de 6 a 8. Conforme usado no presente documento, pasteurização se refere a uma redução de pelo menos 5 log do número de micro-organismos patogênicos viáveis no produto, como *Listeria monocytogenes*. Em um aspecto, o produto é pelo menos parcialmente imerso, em abordagens preferidas completamente imersas, em um líquido a uma temperatura de cerca de 115 °C a cerca de 135 °C, em outro aspecto, cerca de 120 °C a cerca de 131 °C na zona de retenção.

[0063] O produto alimentício pode ser mantido na zona de retenção até temperaturas de pasteurização e/ou de esterilização adequadas serem alcançadas para a quantidade apropriada de tempo. Em algumas abordagens, o produto é retido na zona de retenção durante cerca de 3 a cerca de 8 minutos. A temperatura e o tempo de residência selecionados na zona de retenção podem depender, pelo menos em parte, da habilidade do produto alimentício de resistir à temperatura durante um dado período de tempo sem afetar de modo adverso a qualidade do produto alimentício. Geralmente, há uma preferência por selecionar uma temperatura em direção à extremidade superior da faixa se a temperatura não afeitar de modo adverso a qualidade do produto resultante.

[0064] Na etapa 106, o produto alimentício é, então, transportado para uma câmara de resfriamento, em que o produto de alimento é pelo menos parcialmente imerso, completamente imerso em algumas abordagens, em um líquido em uma temperatura de cerca de 33 °C a cerca de 60 °C, em outro aspecto, cerca de 35 °C a cerca de 45 °C para resfriar o produto alimentício para abaixo de cerca de 26,7 °C (80 °F).

[0065] Por outra abordagem exemplificativa e, conforme geralmente mostrado na Figura 3, o processo mostrado na Figura 1 pode incluir etapas adicionais, se desejado. Por exemplo, em uma abordagem, para aumentar o número de produtos que podem ser transportados através do sistema de retortagem, os produtos podem ser transportados em uma configuração em pilhas com uma pluralidade de fileiras (por exemplo, cerca de 5 a cerca de 10 fileiras) através de muitas dentre as câmaras do sistema. Entretanto, pelo menos em algumas abordagens, pode ser preferido que os produtos alimentícios não estejam em uma configuração empilhada durante o tratamento por micro-ondas. Portanto, o processo da Figura 3 inclui adicionalmente a etapa 202, em que o produto alimentício é desempilhado antes de ser transportado para a zona de micro-ondas. O processo da Figura 2 também inclui a etapa 204 em que os produtos alimentícios são reempilhados em uma configuração empilhada após o produto ter saído da zona de micro-ondas. Em algumas abordagens, as etapas 204 e 205 podem ser executadas na mesma ou em câmaras separadas. A ordem das etapas 204 e 205 também pode ser revertida, se desejado.

[0066] O teste adicional demonstrará a eficácia das abordagens a seguir para aumentar a uniformidade de aquecimento do produto alimentício e/ou aumentar a taxa de transferência de calor para o centro do produto:

[0067] - Vibrar e/ou girar os produtos alimentícios à medida que são transportados através da unidade para aumentar a transferência de calor convectiva dentro de embalagens individuais. Em um

aspecto, os produtos alimentícios podem ser vibrados e/ou girados à medida que são transportados através de uma unidade estacionária. Em outro aspecto, os produtos alimentícios podem ser vibrados e/ou girados vibrando e/ou girando-se uma ou mais dentre as câmaras de micro-ondas através das quais os produtos alimentícios são transportados. A abordagem técnica é conectar de modo sistemático todos os aspectos de convecção, condução e radiação para criar um sistema de esterilização eficaz;

[0068] - Deslocar o alinhamento de buzina de micro-ondas da pluralidade de zonas de aplicação de micro-ondas para alcançar uniformidade de campo de micro-ondas e uniformidade de temperatura de produto em comparação ao transporte do produto alimentício diretamente. Por exemplo, as buzinas podem ser deslocadas e/ou estagnadas para mitigar pontos quentes/frios, assim como mover o ponto frio para longe do centro geométrico do produto, que também o ponto frio de condução. Isso também pode melhorar a consistência de aquecimento dentro de um portador (de embalagem para embalagem) assim como dentro de uma embalagem;

[0069] - Projetar o portador para as embalagens de produto alimentício para influenciar e/ou controlar a localização do ponto frio durante o processo de cozimento por micro-ondas;

[0070] - Alternar a orientação das buzinas (ou direção de bandeja) para alcançar uniformidade de campo de micro-ondas e uniformidade de temperatura de produto em comparação ao progresso direto. Por exemplo, o transportador pode mover a bandeja através de uma série de giros para a direita para mudar a orientação do portador/embalagens para o campo de micro-ondas versus progresso direto; e

[0071] - Considerar outros projetos de transporte, seções superior e inferior, espirais, e giros para a direita para alcançar efeitos similares.

[0072] Outros parâmetros de retortagem de micro-ondas também podem ser variados para melhorar a qualidade de produto após

retortagem. Por exemplo, intensidade de micro-ondas, velocidade de correia de retortagem, e/ou número de aplicações de micro-ondas podem afetar a qualidade do produto alimentício e podem ser ajustados conforme necessário para fornecer a qualidade de produto alimentício desejada.

[0073] Por uma abordagem exemplificativa, a Figura 4 inclui uma esquemática de um sistema de esterilização de retortagem de micro-ondas de acordo com a presente revelação. Em um aspecto, o sistema de retortagem de micro-ondas compreende uma pluralidade de câmaras individuais pelas quais os produtos alimentícios são transportados. Em algumas abordagens, o sistema de retortagem de micro-ondas pode ser fornecido em forma modular para flexibilidade em projeto, manutenção e modificação. Por exemplo, as câmaras podem incluir vasos de pressão ASME. Em uma abordagem, as câmaras são vasos cilíndricos, exceto pelas câmaras de micro-ondas e separadores de água quente/fria.

[0074] Um conjunto de válvulas de portão 401 é fornecido em uma primeira extremidade do sistema após uma zona de preaquecimento 402, o qual pode incluir um separador de água quente/fria. Aqui, o produto é imerso em um meio líquido e aquecido a uma temperatura desejada, de acordo com a etapa 101 da Figura 1. Em um aspecto, o meio líquido usado na etapa de preaquecimento pode estar em uma temperatura de cerca de 50 °C a cerca de 85 °C, e a etapa de preaquecimento pode ser executada durante um período de tempo eficaz para fornecer uma temperatura uniforme no produto alimentício de cerca de 50 a cerca de 80 °C.

[0075] Geralmente, por pelo menos certas porções do processo, os produtos alimentícios são fornecidos em uma orientação empilhada para maximizar o número de produtos que pode ser tratado pelo sistema de retortagem em um dado período de tempo. Após a etapa de preaquecimento, os produtos alimentícios empilhados são transportados em uma zona de desempilhamento 403, em que os produtos alimentícios podem ser desempilhados antes de serem transportados para a zona de micro-ondas

405. Em algumas abordagens, uma camada única de embalagens de produto alimentício pode ser desejável. Em outras abordagens, onde embalagens mais finas são usadas, as embalagens de produto alimentício podem permanecer em pilhas de duas a três embalagens. Múltiplas fileiras de embalagens também podem ser transportadas através do sistema, como duas ou mais fileiras de embalagens em movimento em direção à máquina. Os produtos alimentícios são, então, transportados para uma zona de aumento de velocidade 304. Em algumas abordagens, a zona de aumento de velocidade compreende um transportador que se move em uma taxa mais rápida que o transportador que moveu os produtos alimentícios através da zona de micro-ondas. Em algumas abordagens, a zona de desempilhamento 403 e a zona de aumento de velocidade 404 podem ser as mesmas ou câmaras separadas.

[0076] Os produtos alimentícios se movem, então, para a zona de micro-ondas 405. A zona de micro-ondas 405 pode incluir uma, duas, ou uma pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas individuais. Por exemplo, 1 a cerca de 10 seções de temperatura de micro-ondas podem ser usadas, embora mais seções de temperatura possam ser desejáveis para uma aplicação particular em que, por exemplo, aumentar em parte a temperatura do meio líquido pode ser desejado. Em um aspecto, quando uma pluralidade de câmaras de micro-ondas é usada, uma ou mais dentre a pluralidade de câmaras é configurada para fornecer energia de micro-ondas diferente para os produtos alimentícios. Em uma abordagem, os pontos de aplicação de micro-ondas ou guias de onda podem ser configurados conforme descrito na Patente nº U.S. 7.119.313, que é incorporada a título de referência ao presente documento, em sua totalidade.

[0077] Após cozimento por micro-ondas, os produtos alimentícios são transportados ao separador de água quente/fria 406 em direção à zona de retenção 408. O posicionamento de separador de água quente/fria 406 é único para sistemas de retortagem de micro-ondas. O separador 406 mantém, de modo vantajoso, a água da zona de micro-ondas

separada da água da zona de retenção 408, que pode estar em uma temperatura muito mais alta que a água da zona de micro-ondas. Tal separador de água quente/fria 406 possibilita que o sistema de retortagem seja utilizado em um processo contínuo ou semicontínuo. Aqui, pelo menos em algumas abordagens, os produtos alimentícios podem ser transferidos a partir das temperaturas de meio líquido da zona de micro-ondas 405 para as temperaturas de esterilização de zona de retenção 408. Os produtos alimentícios também passarão através de uma zona de desaceleração/empilhamento 407 em que os produtos alimentícios podem ser fornecidos em uma configuração empilhada antes da zona de retenção 408. Na zona de retenção 408, os produtos alimentícios serão mantidos em temperaturas de esterilização para a quantidade de tempo necessária para alcançar um F_0 de 3 a 8, em outro aspecto, de 4 a 8, conforme descrito acima em referência às Figuras 1 e 3.

[0078] Os produtos alimentícios passam a seguir para o separador de água quente/fria 409 antes de entrar na zona de resfriamento 410, em que os produtos alimentícios são resfriados a cerca de 80 °C ou menos. Pelo menos em algumas abordagens, as zonas 401 até 411 podem incluir vasos pressurizados. Os produtos alimentícios passam, então, através de um conjunto de válvulas de portão 411, em que a pressão pode ser aliviada antes de entrar na zona de resfriamento 412 para resfriamento adicional à pressão ambiente. Os produtos podem, então, sair do sistema para processamento ou embalagem adicional.

[0079] A título de exemplo, os produtos alimentícios que podem ser tratados por retortagem de micro-ondas de acordo com a presente revelação incluem refeições estáveis em prateleira, refeições prontas para aquecimento, e refeições prontas para alimentação. Tais refeições podem incluir, por exemplo, massa, massa e molho, macarrão e queijo, carne, carne e molho, carne com caldo, pratos com arroz, pratos com ovos, omeletes, refeições fritas, batatas (purê, fatiadas, cortadas em cubos), sopa, fruta, peixe e

bebidas. Os produtos também podem incluir produtos alimentícios de animais de estimação.

[0080] Além das condições de processamento mencionadas acima, as considerações de formulação também podem melhorar a qualidade dos produtos tratados por esses sistemas e processos de retortagem. Por uma abordagem, foi constatado que controlar a viscosidade do produto alimentício pode melhorar significativamente a qualidade do produto alimentício após retortagem de micro-ondas. Em um aspecto, o produto alimentício pode ser formulado para ter uma viscosidade reduzida. Geralmente, a viscosidade de produto mais alta reduz a taxa de transferência de calor por convecção. Para acomodar a transferência de calor reduzida, a entrada de energia de micro-ondas mais baixa pode ser exigida para evitar significativamente a degradação da qualidade da superfície de produto, como por abrasamento. Portanto, determinar uma viscosidade apropriada do produto que maximiza a transferência de calor enquanto ainda fornece as propriedades organolépticas desejadas ao produto pode ser particularmente vantajoso.

[0081] A seleção de ingredientes pode ter um papel importante no gerenciamento de viscosidade, particularmente quando é formulado um produto que encontrará temperaturas altas de um processo de retortagem de micro-ondas. Conforme é conhecido na técnica, certos ingredientes aumentam a viscosidade de um produto, como agentes espessantes à base de polissacarídeo, proteínas, e agentes gelificantes. Entretanto, muitos ingredientes se comportam de modo diferente à temperatura alta. Por exemplo, certos amidos ou hidrocoloides podem perder sua habilidade de espessamento em temperatura alta enquanto outros, como goma xantana, têm uma viscosidade alta em temperatura alta. Portanto, pelo menos em algumas abordagens, a formulação de produto alimentício pode incluir um ou mais ingredientes que fornecem uma viscosidade mais baixa de modo desejável em temperatura alta durante o processo de aquecimento, mas uma viscosidade mais alta desejável em temperaturas de armazenamento ou

consumo.

[0082] Por outra abordagem, controlar as propriedades dielétricas do produto alimentício pode melhorar significativamente a qualidade de produtos alimentícios produzidos por retortagem de micro-ondas. A perda dielétrica alta resulta em profundidade reduzida de penetração de energia de micro-ondas e em aquecimento concentrado na superfície do alimento. A perda dielétrica alta pode resultar em tostagem de superfície e/ou cozimento ou sabores indesejáveis, mesmo que o centro do produto falhe em alcançar a temperatura de esterilização. A perda dielétrica pode ser reduzida, por exemplo, reduzindo-se a concentração de sal do produto alimentício. Entretanto, se a perda dielétrica for muito reduzida, a conversão de energia de micro-ondas no aquecimento de produto pode ser reduzida ao ponto em que não é útil para aquecer o alimento. Portanto, a redução de perda dielétrica pode ser gerenciada para fornecer aquecimento desejado e características de qualidade no produto final.

[0083] Por outra abordagem, controlar a capacidade de calor específico do produto alimentício também pode contribuir para a qualidade melhorada após retortagem de micro-ondas. Uma capacidade de calor específico específica pode resultar em um aumento de temperatura mais alto para uma dada quantidade de entrada de energia. Uma capacidade de calor específico baixa pode exigir uma taxa reduzida de entrada de energia de micro-ondas para evitar a degradação da qualidade da superfície de produto, como por cozimento excessivo, abrasamento, ou produção de sabores indesejáveis na superfície de produto. Em um aspecto, a capacidade de calor do produto pode ser ajustada por inclusão de certos ingredientes ou ajuste de quantidades de certos ingredientes. Por exemplo, a capacidade de calor específico pode ser reduzida aumentando-se a proporção de gordura em relação à água no produto.

[0084] Outras propriedades ou características físicas do produto alimentício também podem ser ajustadas para fornecer qualidade

de produto melhorada após retortagem de micro-ondas afetando-se a taxa de transferência de calor através do produto e/ou a taxa de conversão de energia de micro-ondas para calor. Essas propriedades e características incluem, por exemplo, massa, densidade, condutividade térmica, e dimensões. Por exemplo, aumentar a massa do produto exigirá tipicamente mais entrada de calor total para uma dada elevação de temperatura no produto. Aumentar a massa também ampliará as diferenças de temperatura entre pontos quentes e frios durante o aquecimento. A condutividade térmica aumentada pode melhorar a uniformidade de aquecimento, enquanto o aumento de dimensões de produto tornará geralmente a uniformidade de aquecimento pior.

[0085] Os projetos experimentais estatísticos podem ser usados para explorar de modo eficaz os sistemas de múltiplos fatores para identificar fatores que têm o maior efeito na resposta desejada (por exemplo, qualidade de produto) e para constatar combinações ótimas de fatores que maximizam a resposta desejada e/ou constatar o melhor compromisso entre o resultado desejado e as entradas indesejáveis. Por exemplo, as combinações ótimas de qualidade e o custo de processamento, ou a qualidade e o custo de capital de equipamento podem ser identificadas. Por uma abordagem, um projeto compósito central ou outro projeto estatístico apropriado pode ser executado para constatar uma combinação de propriedades dielétricas, viscosidade, e/ou outras propriedades ou características físicas que fornecer o melhor produto em sistemas de retortagem de micro-ondas, como, mas sem limitação, MATS-B ou MATS-150 de 915 Labs, ou o sistema de retortagem revelado na Patente nº U.S. 7.119.313.

[0086] As vantagens e as modalidades dos processos de retortagem de micro-ondas e formulações descritas no presente documento são adicionalmente ilustradas pelos exemplos a seguir; entretanto, as condições particulares, os esquemas de processamento, os materiais, e as quantidades recitadas nesses exemplos, assim como outras condições e detalhes, não devem ser interpretados como para limitar indevidamente as

composições, sistemas, e processos descritos no presente documento. Todas as porcentagens nessa aplicação são em peso, a menos que indicado de outro modo.

EXEMPLOS

EXEMPLO 1

[0087] Em um aspecto, uma unidade de produção de esterilização térmica auxiliada por micro-ondas (“MATS”) de 915 Labs LLC pode ser usada. Em uma abordagem, as especificações a seguir podem ser usadas:

TABELA I: ESPECIFICAÇÕES DE RETORTAGEM

Produto	0,23 kg (8 oz.) de pequeno invólucro/bandeja
Tamanho de portador	76 cm x 91 cm x 8 cm
Capacidade de portador	24 pequenos invólucros/bandejas (6x4)
Rendimento	Cerca de 150 pequenos invólucros/min. (- 6 portador/min)
Classificação de vaso	149 °C, 0,6 MPa (6 bar)
Temperatura de operação	125 °C
Pressão de operação	0,3 MPa (3 bar)
Envelope de máquina	20m x 8m x 5m

EXEMPLO 2

[0088] A embalagem adequada para uso nos processos de retortagem de micro-ondas descritos no presente documento inclui, por exemplo, a embalagem de Printpack que tem as características a seguir:

[0089] **Dimensão:** 6" x 7,25" (altura) x 1,5" de placa de reforço Parte frontal/traseira Pequeno invólucro de retortagem não folha metálica

[0090] - Filme de PET revestido de proteção (48ga)/Tinta/PET de retortagem branco (92ga)/Grau de retortagem BON (0,015

mm (0,6 mil))/Vedante de PP de retortagem (0,071 mm (2,8 mil)), coloração mais baixa

[0091] - OTR: 0,03 cc/(100 in²*24h) a 23 °C/0% RH

[0092] - MVTR: 0,015 g/(100 in²*24hr) a 38 °C/90%

de RH

[0093] - Espessura: 0,13 mm (5,1 mil)

[0094] Placa de reforço: Pequeno invólucro de retortagem não folha metálica (3 camadas transparentes)

[0095] - Filme de PET revestido com proteção (48ga)/Tinta/Adesivo/Grau de retortagem

[0096] - BON (0,015 mm (0,6 mil))/Adesivo/Vedante de PP de retortagem (0,76 mm (3,0 mil)), coloração mais baixa - OTR: 0,03 cc/(100 in²*24h) a 23 °C/0% RH

[0097] - MVTR: 0,015 g/(100 in²*24hr) a 38 °C/90% de RH

[0098] - Espessura: 0,17 mm (4,2 mil)

[0099] Definição de vedação por calor adequada: 193,3 °C (380 °F), 0,28 MPa (40 psi), 2 s de tempo de permanência

[00100] Vácuo completo, nenhuma purga a gás foi usada. Aquecer a partir de um lado apenas (do topo) com uso de vedante de impulso.

[00101] Resumo de teste. Os pequenos invólucros foram avaliados com definição de vácuo e tempo de permanência diferentes para identificar as definições ótimas.

[00102] As definições de vácuo foram identificadas: massa com molho = 4, apenas massa = 10. O tempo de vedação alvo foi de 3 a 4 segundos.

[00103] Visto que o Multivac não pôde ser interrompido automaticamente no tempo definido, um cronômetro foi usado para definir o mesmo em 4 s.

[00104] Nenhuma falha de embalagem (estouro/rasgamento) foi observada durante a execução do teste. A placa de portador teve 3 fendas para 3 embalagens. As dimensões da placa de portador: 7 3/6" (L) x 5 3/16" (W) x 3/4" de espessura. O pequeno invólucro deve ser projetado para reter até 0,41 MPa (60 psi), e a temperatura de até 140 °C com uso da unidade de MMT. Para unidade de produção, MATS 150 – até 0,62 MPa (90 psi).

EXEMPLO 3

[00105] Os produtos de macarrão e queijo (massa em molho de queijo) foram preparados com uso de massa Barilla elbow (feita com semolina e farinha de trigo de durum) e as fórmulas de molho de queijo fornecidas abaixo.

TABELA II: MOLHOS DE QUEIJO

Ingredientes	Molho I (% em peso)	Molho I + Sal (% em peso)	Molho I + Creme (% em peso)
Goma xantana	0,2	0,2	0,2
Farinha	1,25	1,25	1,25
Amido de milho	1,25	1,25	1,25
Creme	5,0	5,0	11,6
Água	68,6	68,6	68,6
Leite	5,0	5,0	5,0
Fatias Kraft Singles	0,7	0,7	0,7
Sal	-	1,0	-
Queijo cheddar ralado	18,0	18,0	18,0
Total	100,0	101,0	106,6

[00106] A amostra “Molho I + Sal” foi feita adicionando-se 1 por cento de sal (NaCl) à amostra “Molho I”, e a amostra “Molho I + Creme” foi feita adicionando-se 6,6 por cento de creme de loja à amostra “Molho I”. Nenhum ajuste de fórmula foi feito para compensar pela adição do sal ou creme (portanto, as porcentagens na Tabela II fornecem um

total acima de 100%).

[00107] Os molhos foram combinados com a massa de acordo com as formulações a seguir:

TABELA III: PRODUTOS DE MACARRÃO E QUEIJO

Molho	Gramas/ Pequeno invólucro	Molho/Pasta (g)	Molho de queijo (g/pequeno invólucro)	Pré-hidratação de massa	Água (g)
Molho I	298	213/85	178	50%	35
Molho I + Sal	298	213/85	178	50%	35
Molho I + Creme	298	213/85	178	50%	35

[00108] A massa foi parcialmente cozida em água antes de misturar a massa parcialmente cozida com o molho de queijo.

[00109] A massa e os molhos de queijo foram passados através da máquina de retortagem de micro-ondas com uso das condições de processo de retortagem mostradas na Tabela IV abaixo. A mesma temperatura de água foi usada para cada passagem na zona de micro-ondas. A coluna “Energia de MW” indica o número de passagens em cada potência de micro-ondas.

TABELA IV: CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO DE RETORTAGEM

Amostra	Temperatura de produto inicial (°C)	Temperatura de carregamento de água (°C)	Temperatura de água em zona de micro-ondas (°C)	Ciclos de MW antes de passagens de MW	Pressão excessiva (psi)	Energia de MW (kW) e passagens
Produto de Molho I	25	28,6	122	0	50,8	30 kW - 2 25 kW - 2 20 kW - 3
Produto de	27	29	122,5	0	-	30 kW - 2

Molho I + Sal						25 kW - 2 20 kW - 2
Produto de Molho I + Creme	26	-	-	0	-	35 kW - 3 25 kW - 2
	Nº de passagens	Tempo de pausa após zona de MW (s)	Ciclos de MW Após passagens de MW	Temperatura de água de resfriamento (°C)	Água de potência refletida para produto de potência refletida	
Produto de Molho I	7	30	7	30,2	-	
Produto de Molho I + Sal	6	30	8	30,4	-	
Produto de Molho I + Creme	5	60	5	31	12,5 a 1,6	

[00110] Os desvios padrão da constante dielétrica (ϵ') e o fator de perda dielétrica (ϵ'') dos produtos foram medidos em 915 MHz e 2.450 MHz. Os resultados são apresentados nas Tabelas V e VI abaixo.

TABELA V: DESVIO PADRÃO DE CONSTANTE DIELÉTRICA (ϵ') E FATOR DE PERDA DIELÉTRICA (ϵ'') EM 915 MHz

Amostra	em 915 MHz				
	ϵ'	Desvio padrão	ϵ''	Desvio padrão	Profundidade de penetração (m)
Molho I	5,75E+01	3,431586	1,88E+01	1,14631	2,14E-02
Molho I + Sal	6,35E+01	0,06577	5,39E+01	0,18388	8,29E-03
Molho I + Creme	6,14E+01	0568242	2,19E+01	0,176606	1,89E-02

TABELA VI: DESVIO PADRÃO DE CONSTANTE DIELÉTRICA (ϵ') E FATOR DE PERDA DIELÉTRICA (ϵ'') EM 2450MHz

Amostra	em 2450 MHz				
	ϵ'	Desvio padrão	ϵ''	Desvio padrão	Profundidade de penetração (m)
Molho I	5,49E+01	3,374423	1,43E+01	0,873513	1,84E-03
Molho I + Sal	6,01E+01	0,08633	2,82E+01	0,054793	1,70E-03
Molho I + Creme	5,87E+01	0,537738	1,58E+01	0,225955	1,77E-03

[00111] Os resultados para desvio padrão de fator de perda dielétrica (δ'') resultam em 915 MHz também são apresentados na Figura 5. Pode ser visto que a perda dielétrica do Molho I mudou significativamente com a adição de 1% de sal. Uma mudança muito pequena na perda dielétrica foi vista com a adição de creme ao Molho I.

[00112] As fotografias dos três produtos de retortagem de micro-ondas são fornecidas nas Figuras 6 a 8. Geralmente, foi visto que ter um teor de sal mais alto rende um fator de perda mais alto, o que diminui a profundidade de penetração e pode aumentar o abrasamento na superfície do produto [alimentício. O produto de macarrão e queijo da Figura 7 (Molho I mais 1% de sal) tem uma cor mais escura que dos outros dois produtos, e tem alguma tostagem nos cantos. Geralmente, o produto de macarrão e queijo da Figura 6 (Molho I) tem uma aparência mais cremosa e leitosa.

[00113] A temperatura do ponto frio do produto também foi plotada ao longo do tempo durante o processo de retortagem de micro-ondas. Esses resultados são mostrados na Figura 9 (Molho I), Figura 10 (Molho I + Sal), e Figura 11 (Molho I + Creme), com o eixo geométrico Y sendo temperatura central (em °C) e o eixo geométrico X sendo tempo (s). Pode ser visto que o núcleo do Molho I (Figura 8) aqueceu rapidamente, indicando penetração profunda da energia de micro-ondas. O núcleo dos outros produtos aqueceu mais lentamente.

[00114] A Figura 12 é um gráfico do fator de perda dielétrica (" ϵ' ") de molhos de queijo como uma função de frequência em temperatura ambiente. A Figura 12 demonstra que os fatores de perda dielétrica de cada um dentre os produtos de macarrão e queijo não mudam consideravelmente uns em relação aos outros ao longo da faixa de frequência.

EXEMPLO 4

[00115] Os produtos de macarrão e queijo foram preparados. Um conjunto de produtos foi diluído por aproximadamente 25 a 35 por cento com água e teve viscosidade mais baixa que os produtos não diluídos.

[00116] Os produtos foram retortados com uso dos parâmetros de processo mostrados abaixo na Tabela VII. A velocidade de cadeia de 4,32 cm (1,7 in)/s foi reduzida de 8,38 cm (3,3 in)/s e os 10 kW por buzina de micro-ondas foram reduzidos de 30 kW. A velocidade mais lenta permitiu a aplicação de energia de micro-ondas reduzida durante um período de tempo mais longo.

TABELA VII: PARÂMETROS DE PROCESSO DE RETORTAGEM DE MICRO-ONDAS

Temperatura de	preaquecimento de água de produto (°C)	Praquecimento (min)	Número de buzinas de micro-ondas com 10 kW aplicados em cada buzina									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Macarrão e queijo	51,5	17	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Macarrão e queijo de viscosidade reduzida	50,4	17	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Ponto de	definição de tempo de retenção (min:s)	Ponto de definição de velocidade de cadeia (in/s)	Pressão (psi)	F ₀ min
Macarrão e queijo	6:10	1,7	53	14,25
Macarrão e queijo de viscosidad e reduzida	6:10	1,7	53	15,71

[00117] “F₀ min” indica o F₀ alcançado para o ponto mais frio das amostras testadas. Conforme pode ser visto acima, o produto de viscosidade reduzida resultou em um valor de F₀ min mais alto.

[00118] A Figura 13 inclui um gráfico do F₀ cumulativo e a temperatura do ponto frio da amostra de viscosidade reduzida (n=2; dois pequenos invólucros de produto) após dez passagens de micro-ondas. A Figura 14 inclui um gráfico do F₀ cumulativo e a temperatura do ponto frio da amostra de viscosidade original (não reduzida) (n=4; quatro pequenos invólucros de produto) após dez passagens de micro-ondas. “IT de processo” indica a temperatura inicial do processo (por exemplo, a temperatura da zona de preaquecimento). As linhas plotadas que começam no lado esquerdo das Figuras indicam a temperatura do ponto frio, enquanto as linhas plotadas que começam em direção ao centro das figuras indicam o F₀ cumulativo.

EXEMPLO 5

[00119] Os produtos de macarrão e queijo foram preparados com uso de massa de clara de ovo. Massa e molho foram incluídos em quantidades relativas de 70 por cento de molho e 30 por cento de massa esbranquiçada. Os molhos de queijo foram preparados de acordo com as formulações na Tabela VIII abaixo.

TABELA VIII: MOLHOS DE QUEIJO

Ingredientes	Molho A (% em peso)	Molho B (% em peso)	Molho C (% em peso)
Dihidrato de fosfato dissódico	1,5	1,5	1,5
Queijo	35,2	30,0	30,0
Goma xantana	0,15	0,200	0,08
Amido modificado (Rezista)	1,35	1,55	1,25
Óleo de canola	1,0	1,0	1,0
Água	57,76	62,27	48,13
Sabor de queijo	3,0	3,44	3,0
Coloração	0,04	0,04	0,04
Concentrado de leite desnatado	..	-	15,0
Total	100,0	101,0	106,6

[00120] O Molho A incluiu uma quantidade mais alta de queijo que o Molho B. O Molho C se diferenciou dos Molhos A e B pela inclusão de concentrado de leite desnatado. O Molho C que contém concentrado de leite desnatado foi percebido como tendo cremosidade acentuada em degustações cegas.

[00121] Conforme geralmente usado no presente documento, os artigos “um (01)”, “um”, “uma”, “o” e “a” se referem a “pelo menos um (01)” ou “um ou mais”, a menos que indicado de outra forma. Conforme geralmente usado no presente documento, os termos “incluir” e “ter” significam “compreender”. Conforme geralmente usado no presente documento, o termo “cerca de” se refere a um grau aceitável de erro para a quantidade medida, dada a natureza ou precisão da medição. Graus exemplificativos típicos de erro podem estar dentro de 20%, dentro de 10%, ou dentro de 5% de um valor dado ou faixa de valores.

[00122] Todas as quantidades numéricas declaradas no presente documento devem ser entendidas como modificadas em todos os

casos pelo termo “cerca de”, a menos que indicado de outra forma. As quantidades numéricas reveladas no presente documento são aproximadas e cada valor numérico é destinado a significar tanto o valor recitado quanto uma faixa funcionalmente equivalente que circunda aquele valor. No mínimo, e não como uma tentativa de limitar a aplicação da doutrina de equivalentes ao escopo das reivindicações, cada valor numérico deve pelo menos ser interpretado à luz do número de dígitos significativos relatados e aplicando-se conjuntos de procedimentos de arredondamento comuns. Todavia, as aproximações de quantidades numéricas declaradas no presente documento, as quantidades numéricas descritas em exemplos específicos de valores reais medidos são relatadas tão precisamente quanto possível.

[00123] Todas as faixas numéricas declaradas no presente documento incluem todas as subfaixas contidas nas mesmas. Por exemplo, as faixas de “1 a 10” e “entre 1 e 10” são destinadas a incluir todas as subfaixas entre e incluir o valor mínimo recitado de 1 e o valor máximo recitado de 10.

[00124] Todas as porcentagens e razões são calculadas em peso, a menos que indicado de outra forma. Todas as porcentagens e razões são calculadas com base no peso total do composto ou composição, a menos que indicado de outra forma.

[00125] Na descrição acima, certos detalhes são estabelecidos para fornecer um entendimento completo de várias modalidades não limitantes das composições e métodos descritos no presente documento. Uma pessoa de habilidade comum na técnica entenderá que as modalidades não limitantes descritas no presente documento podem ser praticadas sem esses detalhes. Em outros casos, estruturas e métodos bem conhecidos associados às composições e métodos podem não ser mostrados ou descritos em detalhes para evitar obscurecer de modo desnecessário as descrições das modalidades não limitantes descritas no presente documento.

[00126] Essa revelação descreve vários recursos,

aspectos, e vantagens de várias modalidades não limitantes do aparelho, métodos, e da formulação. É entendido, entretanto, que essa revelação abrange várias modalidades alternativas que podem ser cumpridas combinando-se qualquer um dentre os recursos, aspectos, e vantagens anteriores das várias modalidades não limitantes descritas no presente documento em qualquer combinação ou subcombinação que uma pessoa de habilidade comum na técnica pode considerar útil.

[00127] Embora modalidades não limitantes particulares da presente invenção tenham sido ilustradas e descritas, será óbvio para aqueles versados na técnica que várias outras mudanças e modificações podem ser feitas sem se afastar do espírito e do escopo da invenção. Pretende-se, portanto, cobrir nas reivindicações em anexo todas as tais mudanças e modificações que estão dentro do escopo dessa invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para pasteurizar ou esterilizar um produto alimentício embalado com o uso de energia de micro-ondas, sendo o método é caracterizado pelo fato de que compreende

preaquecer um produto alimentício embalado a uma temperatura de 50 °C a 80 °C;

transportar o produto alimentício embalado para uma zona de micro-ondas que compreende uma primeira seção de temperatura de micro-ondas e uma segunda seção de temperatura de micro-ondas;

na primeira seção de temperatura de micro-ondas, imergir o produto alimentício embalado em um meio líquido que tem uma primeira temperatura e aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício por um primeiro período de tempo, em que a primeira temperatura é de 20 °C e menor que uma temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou menor que uma temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado ;

transportar o produto alimentício embalado da primeira seção de temperatura de micro-ondas para a segunda seção de temperatura de micro-ondas, em que um meio líquido na segunda seção de temperatura de micro-ondas tem uma segunda temperatura mais alta do que o meio líquido da primeira seção de temperatura de micro-ondas, mas não excedendo a temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou a temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado, e aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício por um segundo período de tempo;

transportar o produto alimentício embalado que tem energia de micro-ondas aplicada por um primeiro e um segundo períodos de tempo até uma zona de retenção que inclui um meio líquido em uma temperatura de 115 °C a 135 °C; e

transportar o produto alimentício embalado da zona de

retenção até uma zona de resfriamento.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o processo compreende, ainda, transportar o produto alimentício embalado até uma terceira seção de temperatura de micro-ondas e aplicar uma energia de micro-ondas ao produto alimentício por um terceiro período de tempo, em que:

o meio líquido na segunda seção de temperatura de micro-ondas é menor que a temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou a temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado, e

um meio líquido na terceira seção de temperatura de micro-ondas tem uma temperatura superior ao meio líquido da segunda seção de temperatura de micro-ondas.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o processo compreende, ainda, transportar o produto alimentício embalado até uma pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas após a segunda seção de temperatura de micro-ondas.

4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas adicionais inclui 3 a 10 seções de temperatura de microondas adicionais.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a energia de micro-ondas aplicada na primeira seção de temperatura de micro-ondas tem uma intensidade superior à energia de micro-ondas aplicada na segunda seção de temperatura de micro-ondas.

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2 a 5, caracterizado pelo fato de que a energia de micro-ondas aplicada na primeira seção de temperatura de micro-ondas tem uma intensidade superior à energia de micro-ondas aplicada na segunda e na

pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas adicionais.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que o produto alimentício embalado compreende um dentre massa, massa e molho, macarrão e queijo, carne, carne e molho, carne com caldo, pratos com arroz, pratos com ovos, omeletes, refeições fritas, batatas (purê, fatiadas, cortadas em cubos), sopa, fruta, peixe e bebidas.

8. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o produto alimentício embalado é macarrão e queijo.

9. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o produto alimentício embalado inclui um pequeno invólucro, um recipiente rígido ou um recipiente flexível.

10. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que o meio líquido de cada uma dentre a primeira e a segunda seções de temperatura de micro-ondas tem uma temperatura de 20 a 95 °C durante a aplicação da energia de micro-ondas.

11. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que o meio líquido de cada uma dentre a primeira e a segunda seções de temperatura de micro-ondas tem uma temperatura de 20 a 90 °C durante a aplicação da energia de micro-ondas.

12. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 11, caracterizado pelo fato de que o meio líquido de cada uma dentre a primeira e a segunda seções de temperatura de micro-ondas tem uma temperatura de 20 a 85 °C durante a aplicação da energia de micro-ondas.

13. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de que cada etapa do processo é

conduzida para evitar que qualquer porção do produto alimentício alcance uma temperatura maior do que 135 °C.

14. Sistema de retortagem de micro-ondas que utiliza o processo para pasteurizar ou esterilizar um produto alimentício embalado com o uso de energia de micro-ondas, conforme definido na reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma zona de preaquecimento configurada para aquecer um meio líquido na zona de preaquecimento a uma temperatura de 50 °C a 85 °C;

uma zona de micro-ondas que inclui:

uma fonte de micro-ondas;

dois aplicadores de micro-ondas configurados para direcionar energia de micro-ondas da fonte de micro-ondas até um produto alimentício embalado posicionado na zona de micro-ondas;

uma primeira seção de temperatura de micro-ondas na zona de micro-ondas, a primeira seção de temperatura de micro-ondas configurada para imergir o produto alimentício embalado em um meio líquido dentro da primeira seção de temperatura de micro-ondas, para aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício embalado quando imerso e para aquecer o meio líquido dentro da primeira seção de temperatura de micro-ondas para uma primeira temperatura menor que uma temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou menor que uma temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado; e

uma segunda seção de temperatura de micro-ondas na zona de micro-ondas a jusante da primeira seção de temperatura de micro-ondas, a segunda seção de temperatura de micro-ondas configurada para imergir o produto alimentício embalado em um meio líquido dentro da segunda seção de temperatura de micro-ondas, para aplicar energia de micro-ondas ao produto alimentício embalado quando imerso e para aquecer o meio líquido

dentro da segunda seção de temperatura de micro-ondas para uma segunda temperatura maior que a primeira temperatura, mas não excedendo a temperatura de pasteurização ao se pasteurizar o produto alimentício embalado ou a temperatura de esterilização ao se esterilizar o produto alimentício embalado; e

um dispositivo de transporte configurado para mover o produto alimentício embalado da zona de preaquecimento até a zona de micro-ondas.

15. Sistema de retortagem de micro-ondas, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a zona de micro-ondas inclui três seções de temperatura de micro-ondas.

16. Sistema de retortagem de micro-ondas, de acordo com a reivindicação 14 ou 15, caracterizado pelo fato de que a zona de micro-ondas inclui uma pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas.

17. Sistema de retortagem de micro-ondas, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a pluralidade de seções de temperatura de micro-ondas inclui 3 a 10 seções de temperatura adicionais.

18. Sistema de retortagem de micro-ondas, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que compreende, ainda, uma zona de retenção a jusante da zona de micro-ondas configurada para manter o produto alimentício embalado em uma temperatura de esterilização ou pasteurização desejada.

19. Sistema de retortagem de micro-ondas, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende, ainda, um separador de água quente/fria entre a zona de micro-ondas e a zona de retenção.

100

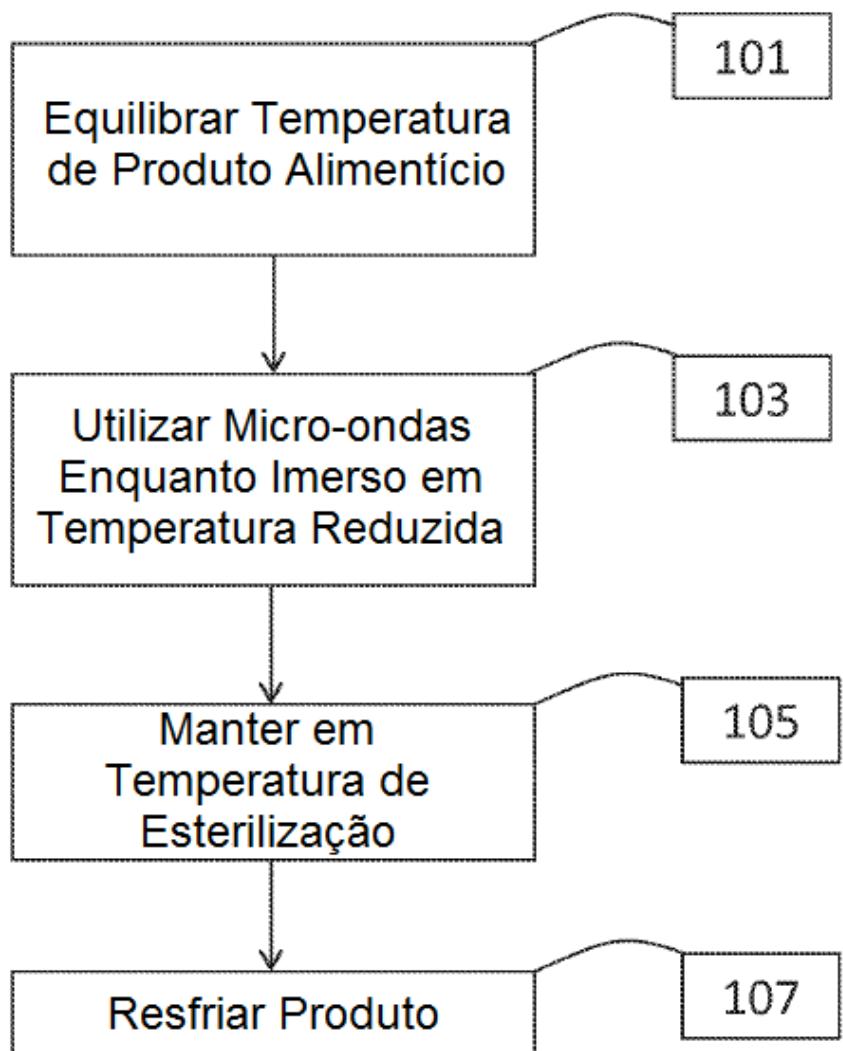
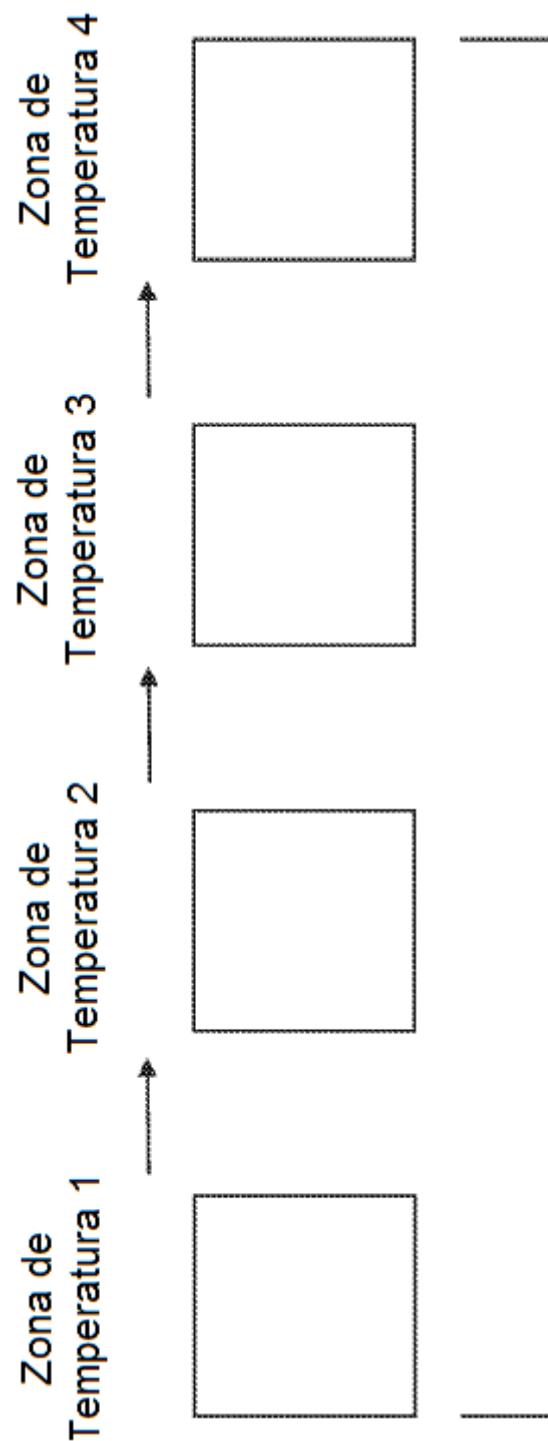


FIG. 1



Zona de Micro-ondas

FIG. 2

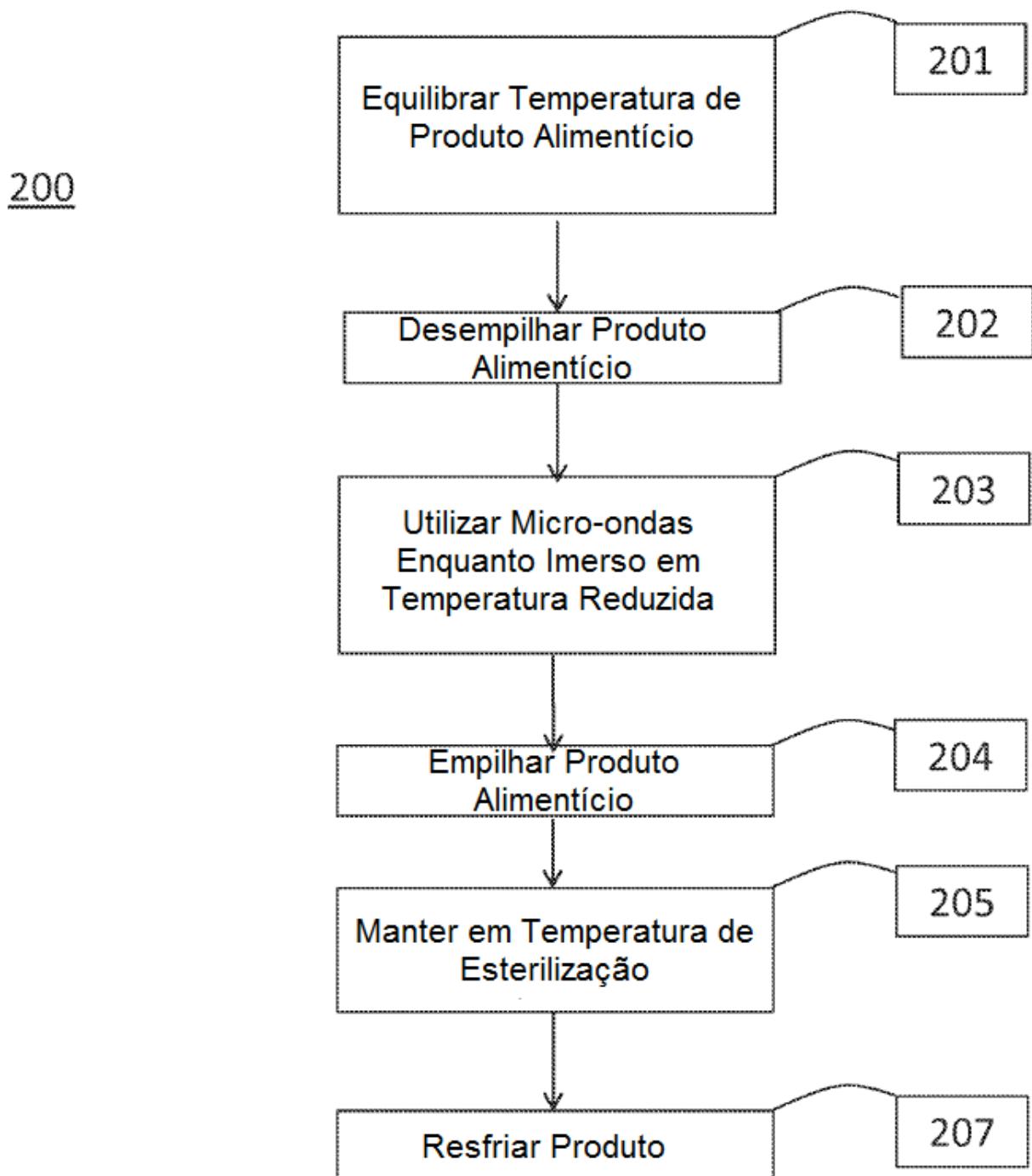


FIG. 3

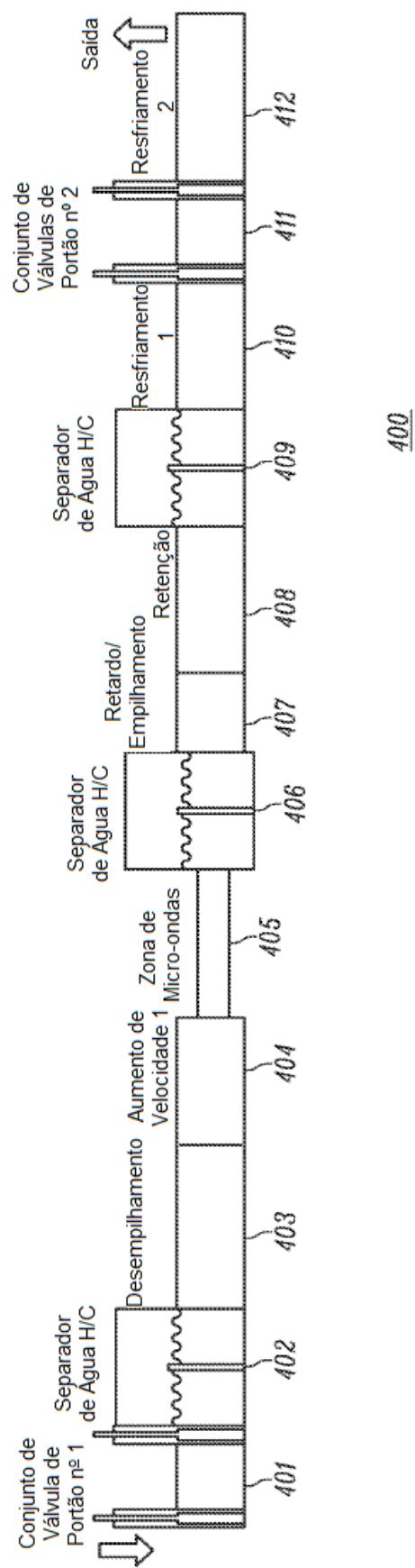


FIG. 4

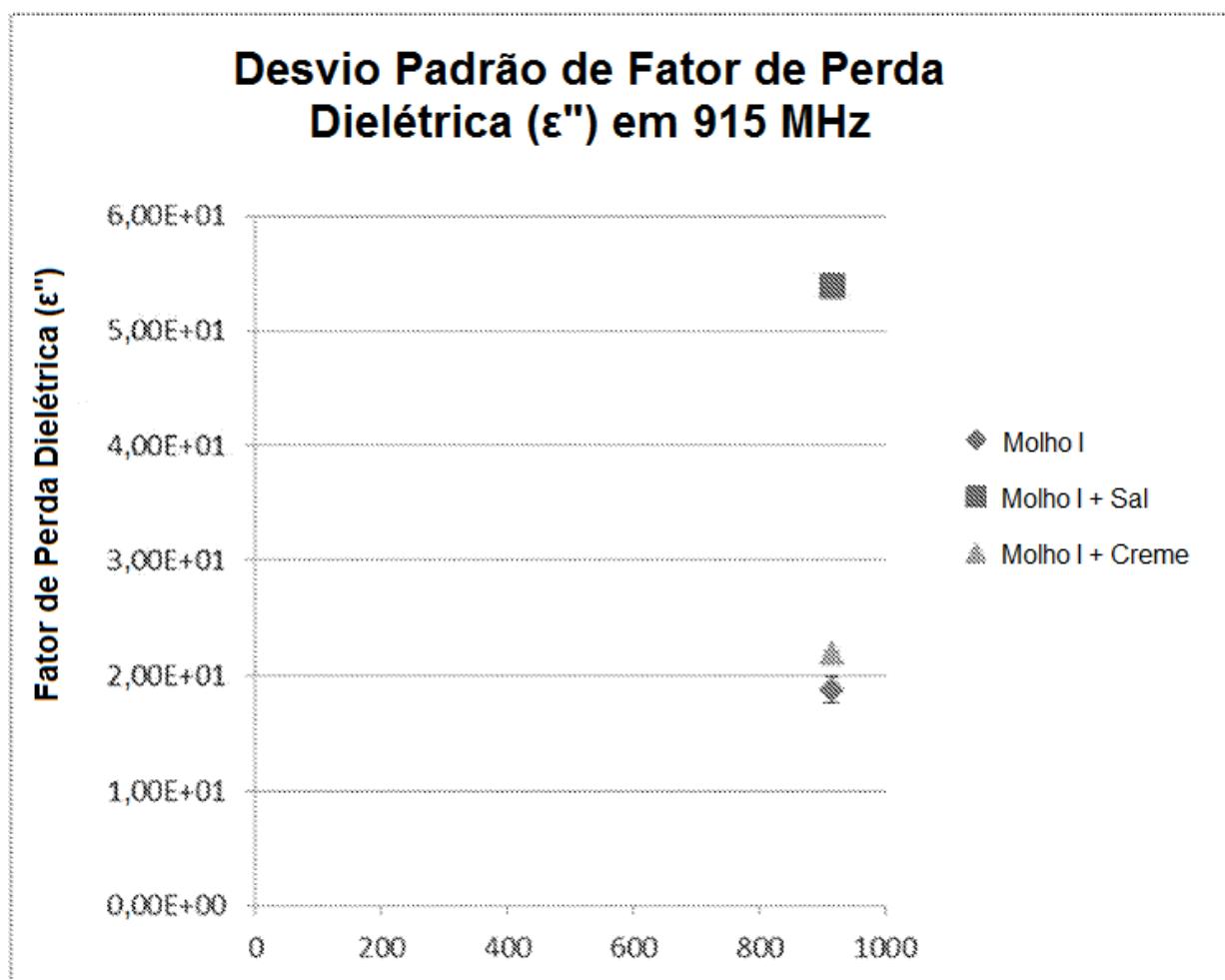


FIG. 5

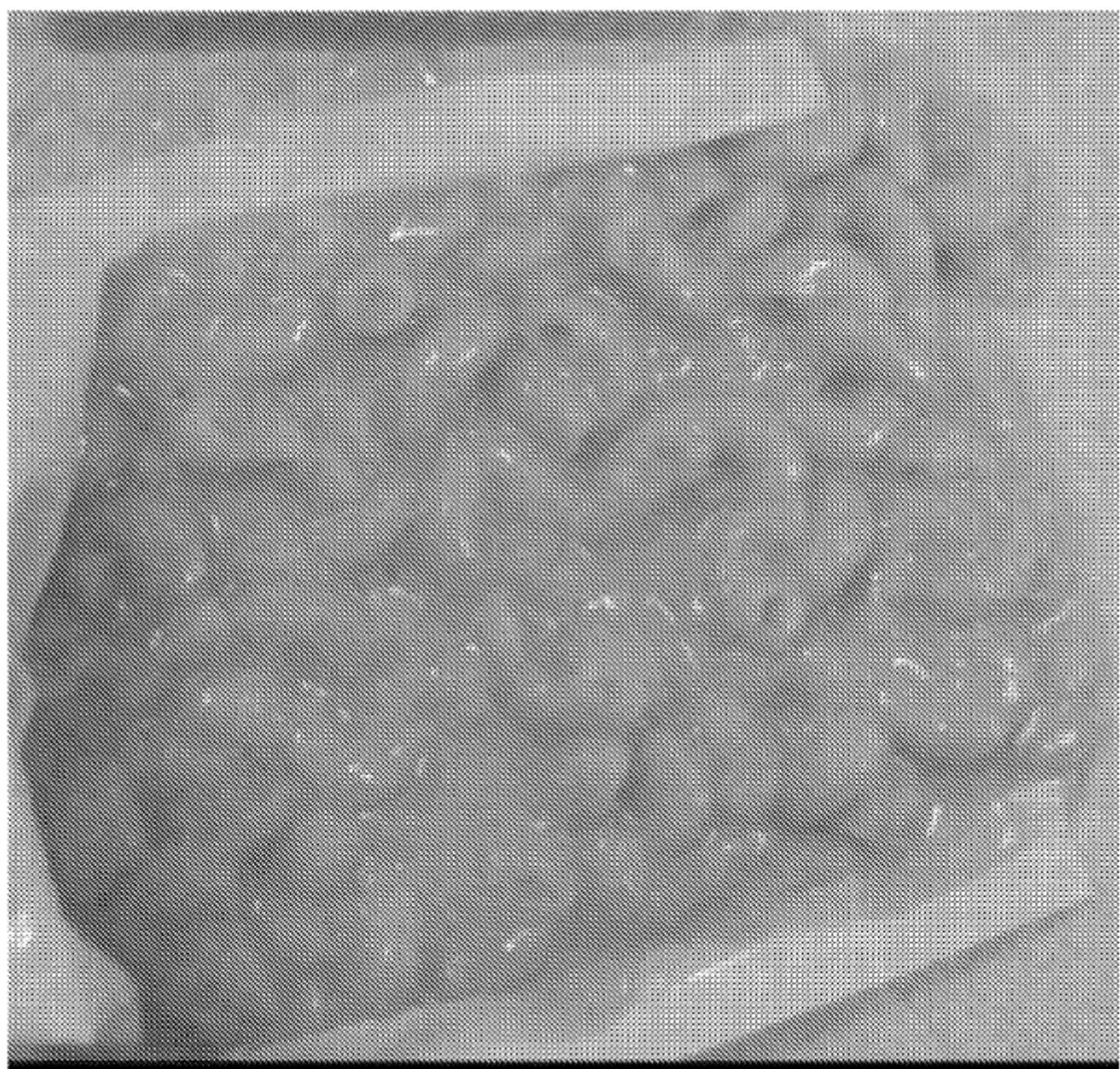


FIG. 6



FIG. 7

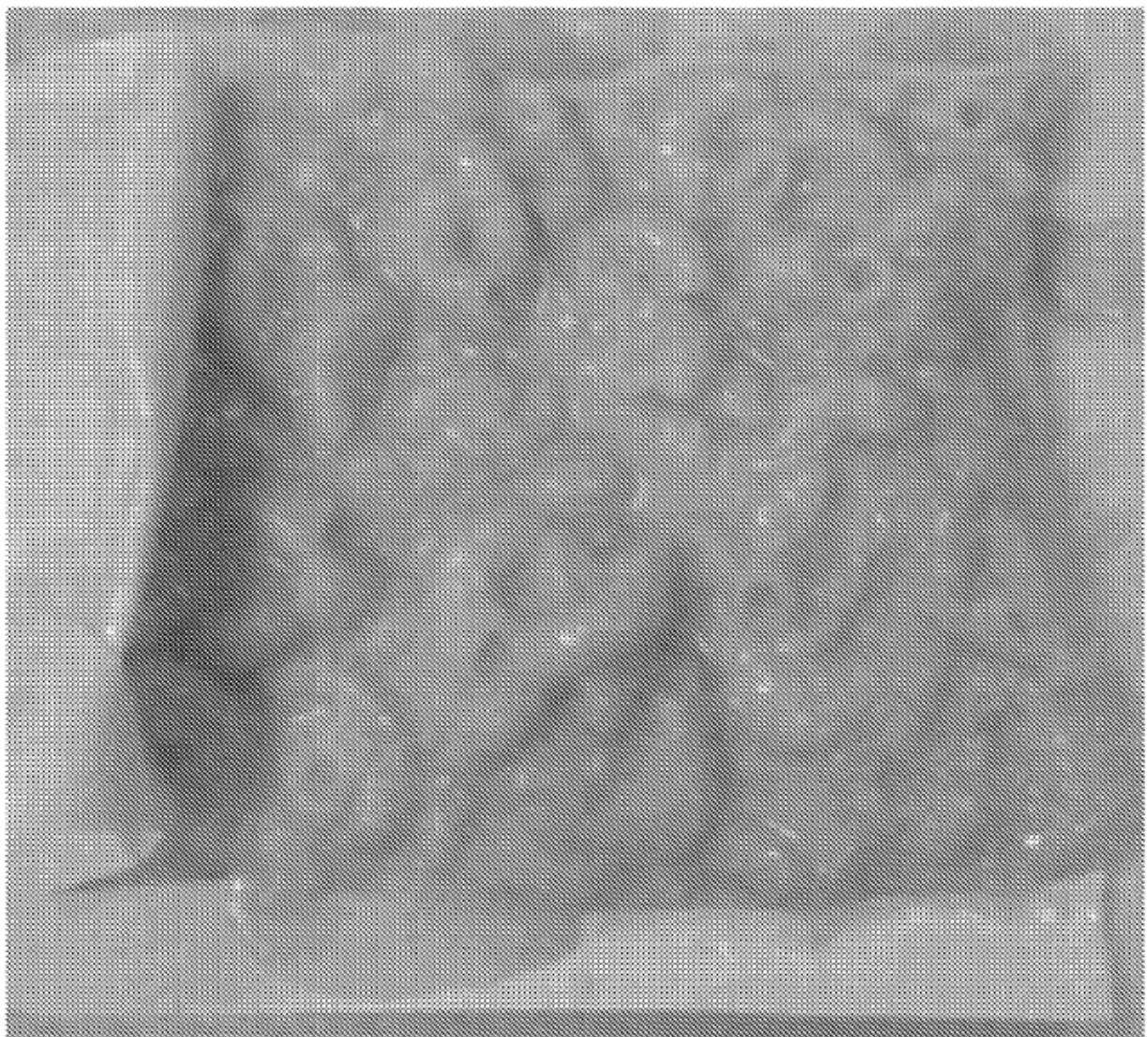


FIG. 8

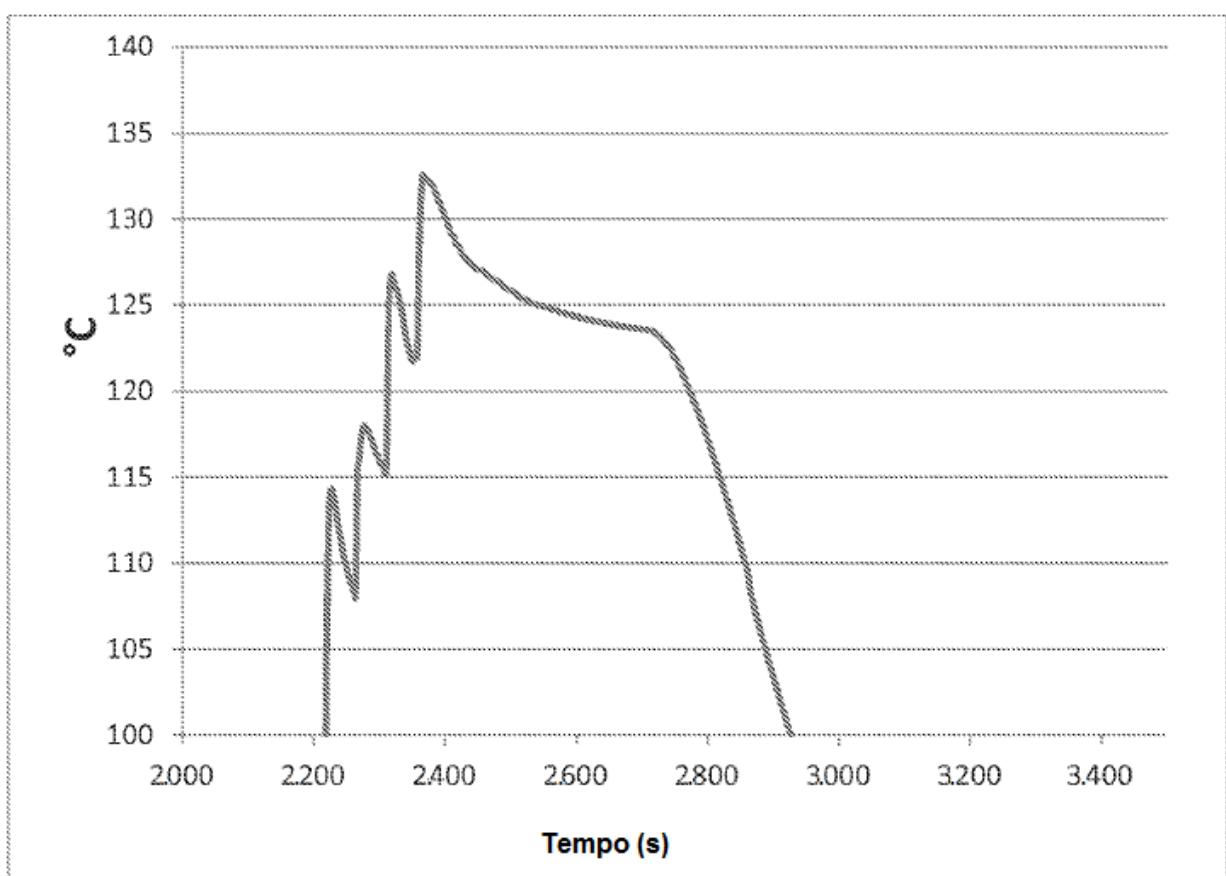


FIG. 9

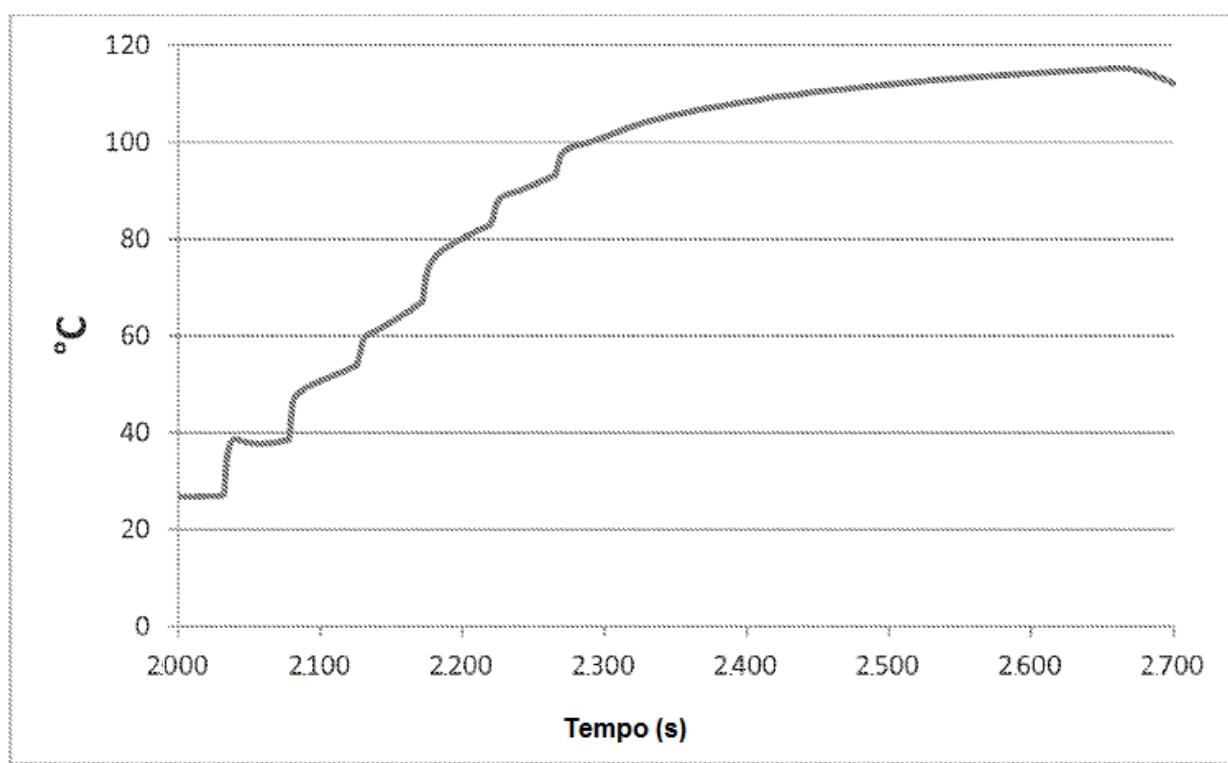


FIG. 10

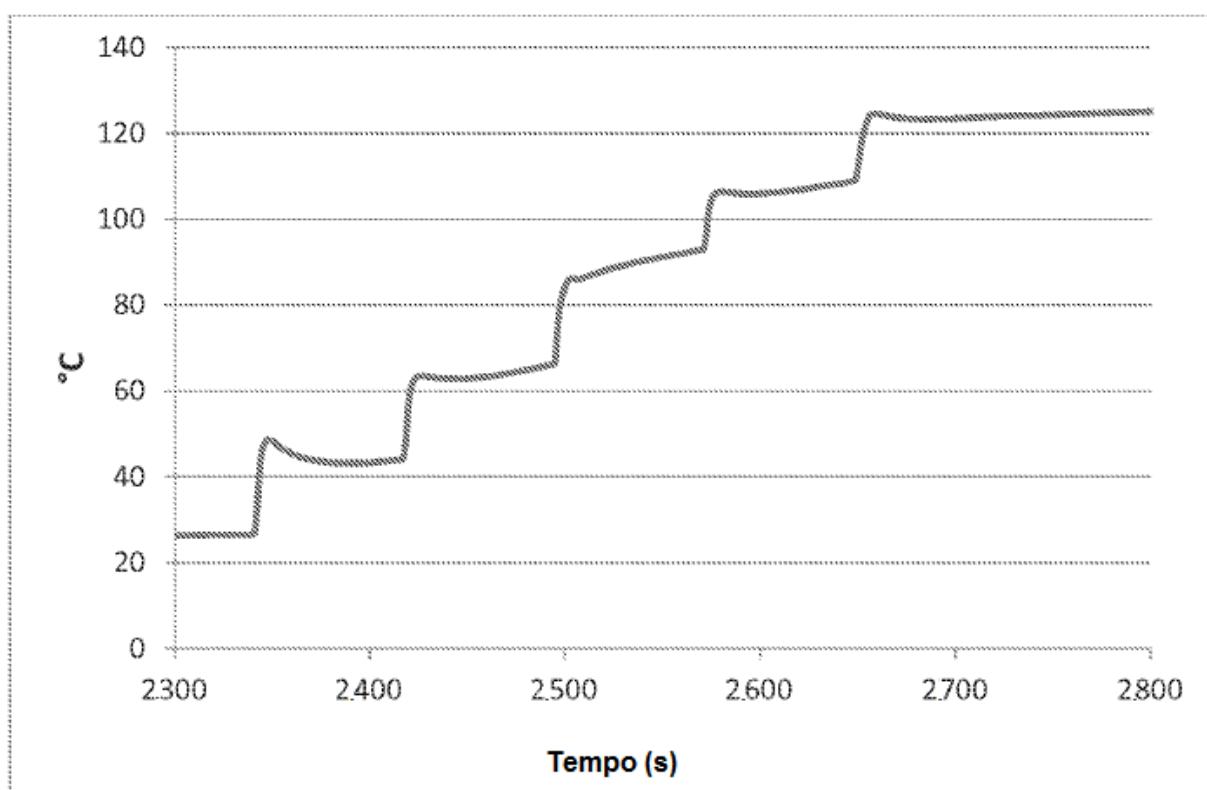


FIG. 11

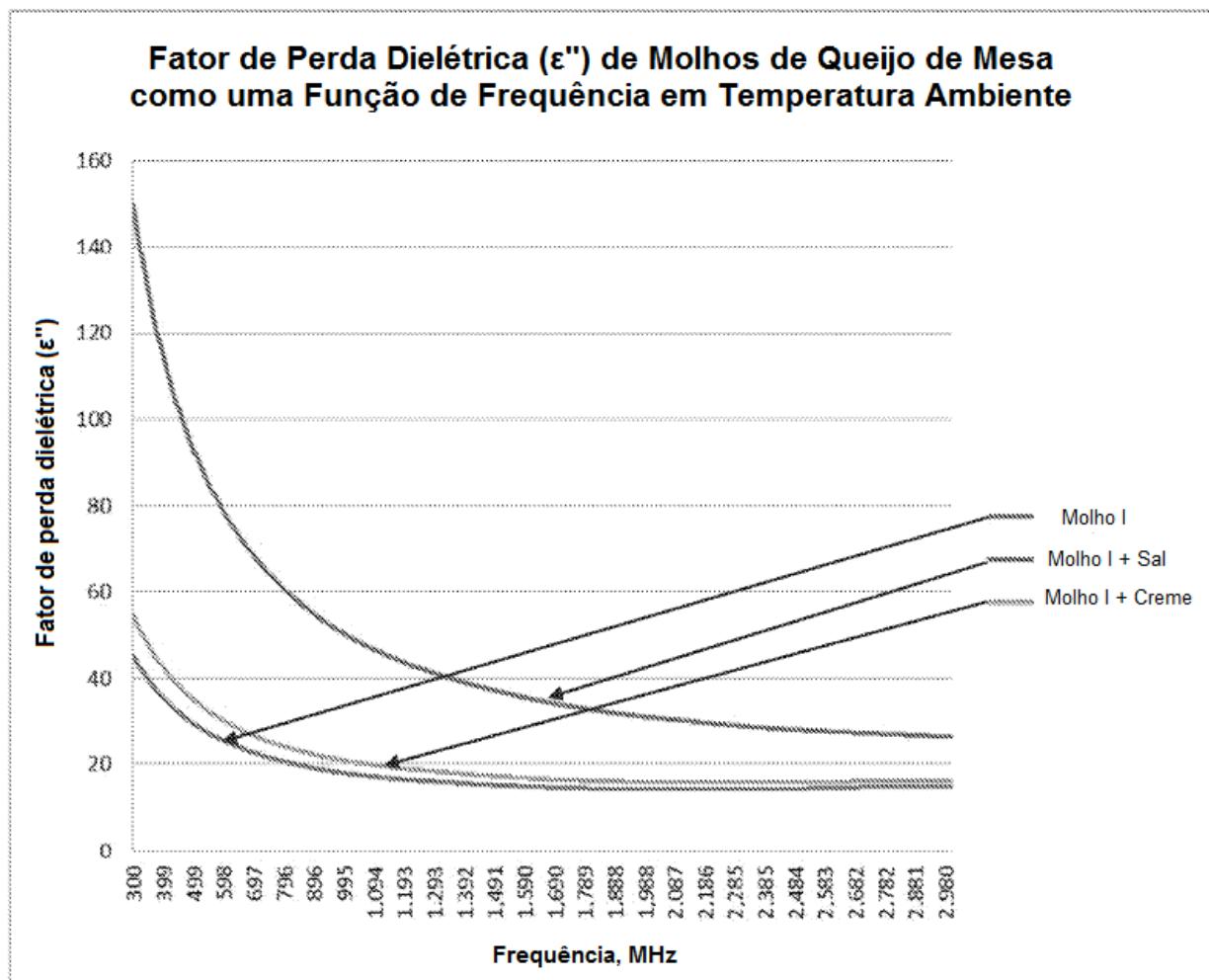


FIG. 12

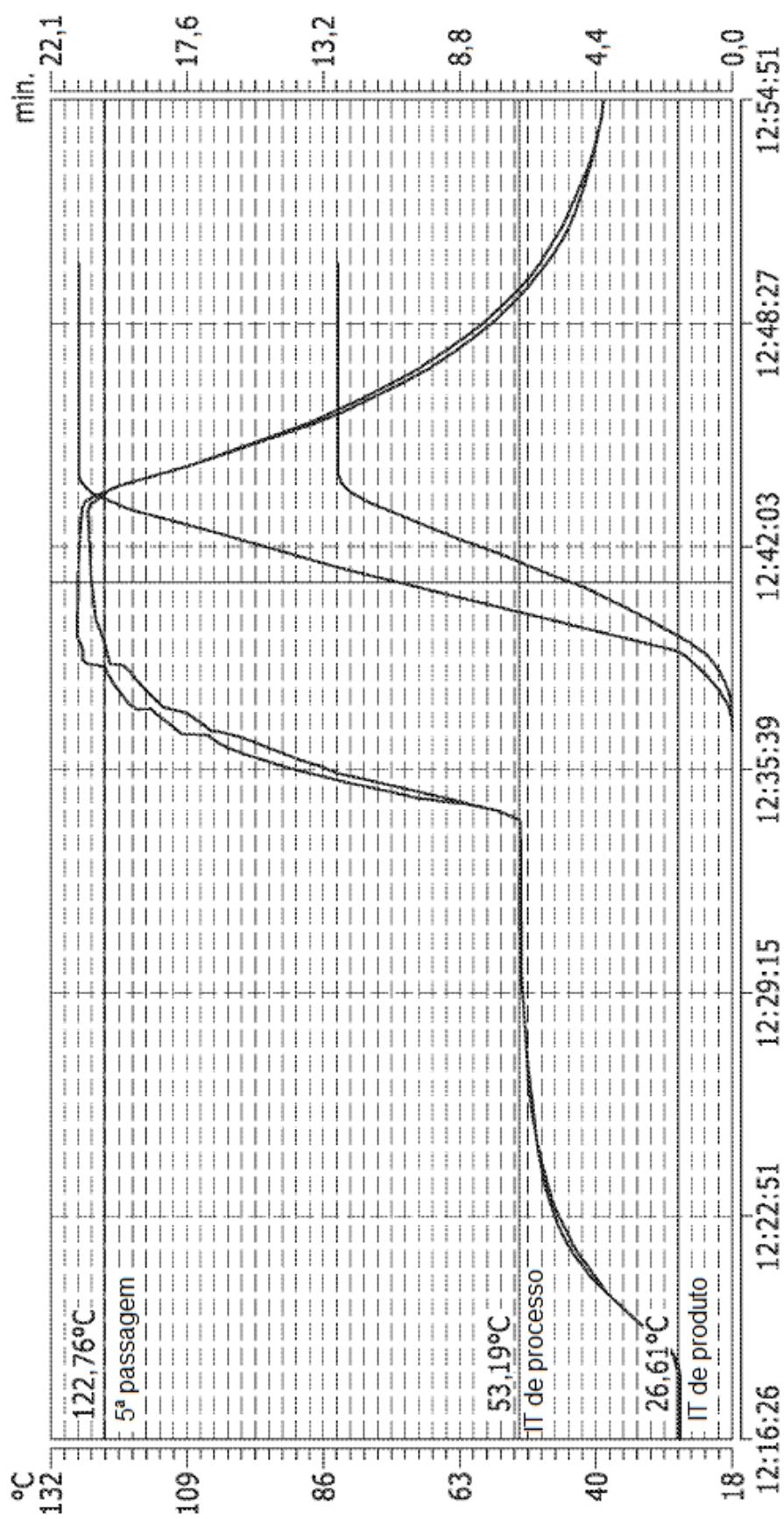


FIG. 13

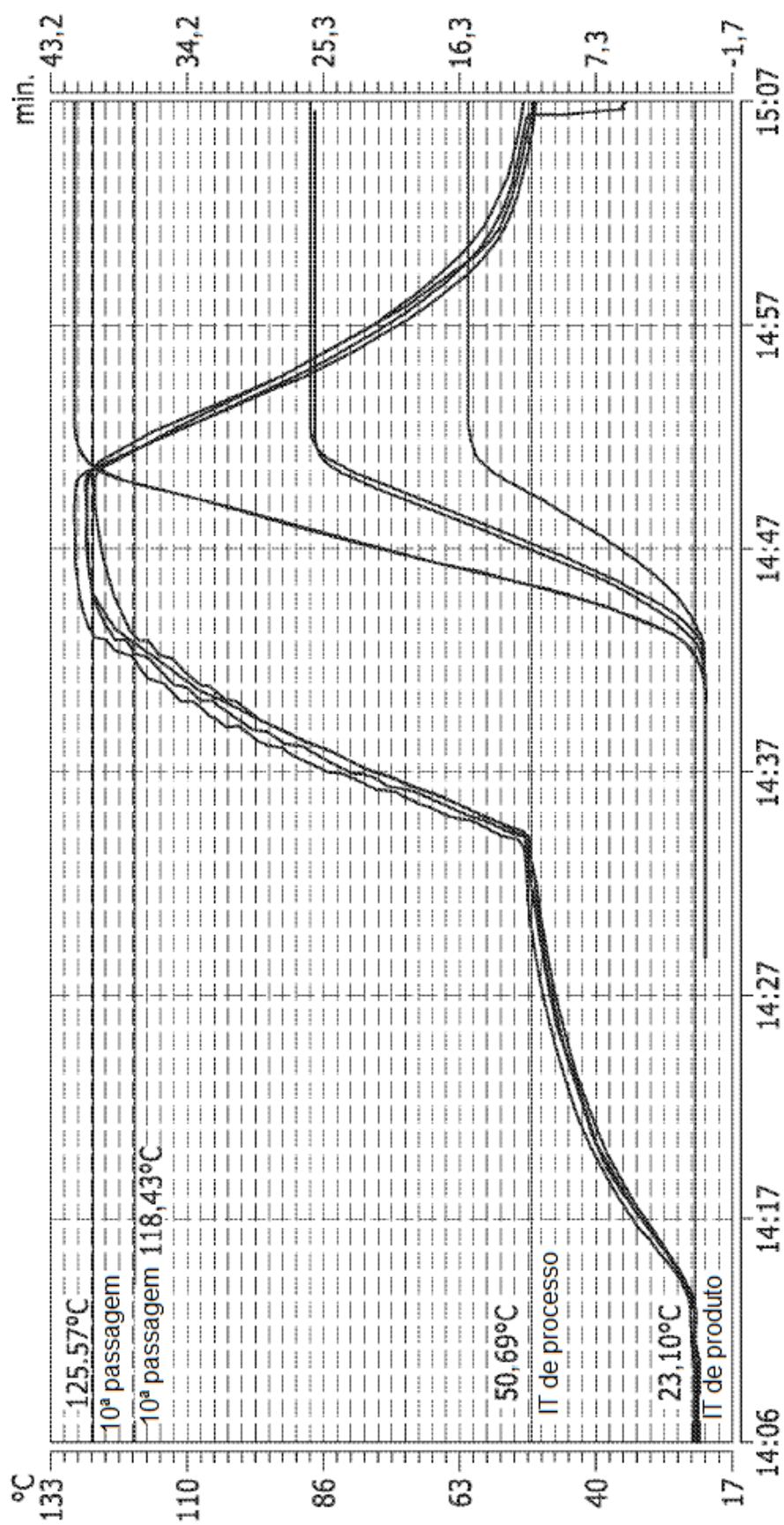


FIG. 14