



INPI
INSTITUTO
NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

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

CARTA PATENTE Nº BR 102019027383-6

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

(21) Número do Depósito: BR 102019027383-6

(22) Data do Depósito: 19/12/2019

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

(51) Classificação Internacional: A23L 3/01; A21D 6/00; H05B 6/64.

(52) Classificação CPC: A23L 3/01; A21D 6/005; H05B 6/64.

(54) Título: EQUIPAMENTO PROCESSADOR POR MICRO-ONDAS PARA TRATAMENTO DE MATERIAIS ALIMENTÍCIOS

(73) Titular: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS - ITAL, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 46384400002605. Endereço: AVENIDA BRASIL, 2880, Campinas, SP, BRASIL(BR), 13070-178, Brasileira; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 46068425000133. Endereço: CIDADE UNIVERSITÁRIA ZEFERINO VAZ, CAMPINAS, SP, BRASIL(BR), 13084-971, Brasileira

(72) Inventor: MARIA TERESA PEDROSA SILVA CLERICI; FLÁVIO MARTINS MONTENEGRO; ANTONIO MARSAIOLI JUNIOR; MICHELE NEHEMY BERTELI.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 19/12/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 21/10/2025

Assinado digitalmente por:

Alexandre Dantas Rodrigues

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**EQUIPAMENTO PROCESSADOR POR MICRO-ONDAS PARA TRATAMENTO DE
MATERIAIS ALIMENTÍCIOS**

Campo da invenção

[1] A presente invenção se refere a um equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios para controlar o efeito sobre as propriedades físico-químicas e/ou tecnológicas, preferencialmente em grãos e/ou farinhas.

[2] O equipamento da presente invenção tem aplicação no ramo alimentício, mais especificamente, no armazenamento de diversos tipos de grãos, moídos ou inteiros.

Fundamentos da invenção

[3] O grão de trigo é considerado um cereal nobre, de alto valor comercial e de grande importância para o país, devido a qualidade e quantidade de proteínas formadoras de glúten, cujos tratamentos físicos e/ou químicos podem afetá-las prejudicando a sua qualidade nutricional e tecnológica.

[4] Como o trigo brasileiro tem sido plantado com o foco voltado para trigo das classes pão e melhorador, com maiores teores de proteína, e mesmo assim em quantidade insuficiente para atender o mercado interno, o Brasil é obrigado a importar mais de 50 % do que necessita para poder atender as demandas internas. Após a realização do processo de obtenção de farinha refinada de trigos, é prática comum a utilização de aditivos e coadjuvantes de tecnologia para modificar características tecnológicas de farinha de trigo e dentre as possibilidades existentes e aprovadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, na RDC nº 60, de 05 de setembro de 2007, "Atribuição de Aditivos e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 6: Cereais e Produtos de ou à base de Cereais", destacam-se os apresentados abaixo:

- Ácido ascórbico - agente oxidante - permitido o uso quantum satis;

- Azodicarbonamida - agente oxidante - concentração permitida 0,004 g/100 g de farinha de trigo;
- L-cisteína - agente redutor - concentração permitida 0,009 g/100 g de farinha de trigo;
- Metabissulfito de sódio - agente redutor - concentração permitida 0,02 g do princípio ativo SO₂ por 100 g de farinha de trigo;
- Enzimas - proteases e amilases - permitido o uso quantum satis.

[5] O ácido ascórbico e o aditivo azodicarbonamida são normalmente utilizados por moinhos e indústrias de panificação como melhoradores de farinha de trigo, especialmente com a característica para aumentar a "força" da farinha, ou seja, fortalecer a rede de glúten, torná-la mais tenaz, formada por esta farinha de trigo, sendo esta característica necessária para a produção de pães (Cauvain, 2015).

[6] Os aditivos L-cisteína e o metabissulfito de sódio, da classe de agentes redutores, também são utilizados por moinhos e indústrias, com a finalidade de enfraquecer a rede de glúten, ou seja, torná-la mais extensível, características necessárias para fabricação de biscoitos e bolos (Popper et al., 2006).

[7] As enzimas, da classe de coadjuvantes de tecnologia, podem proporcionar às farinhas tanto características de fortalecimento, como a glicose oxidase, e enfraquecimento da rede de glúten, através das proteases. Já as amilases, possuem a finalidade de fornecer açúcares com a quebra do amido presente na farinha de trigo, sendo muito importante para produtos fermentados biologicamente, como os pães de forma e francês (Cauvain, 2015).

[8] Como o Brasil não produz em quantidade suficiente e não importa trigo com as características adequadas para sua utilização em bolos e biscoitos, a indústria realiza misturas

da farinha de trigo com amidos e/ou aditivos e/ou coadjuvantes tecnológicos para obter produtos dentro dos parâmetros de qualidade exigidos pelo consumidor.

[9] O documento de patente WO0154519 refere-se a um método e um dispositivo para tratamento térmico de grãos. Mais especificamente, a invenção refere-se a um método e um dispositivo para tratamento térmico contínuo de um fluxo de produtos de grãos por meio de micro-ondas para reduzir o conteúdo de microrganismos, bactérias, leveduras e bolores, nos produtos de grãos e inativar certas enzimas e proteínas. O Documento reporta a utilização de 18 fontes geradoras de micro-ondas no sistema, que poderiam ser substituídas por menos fontes geradoras, desde que a cavidade de aplicação de micro-ondas do equipamento tivesse a sua geometria aperfeiçoada. Ainda, não há controle, por exemplo, de potências transmitidas e refletidas, o que dificulta a elaboração dos balanços de massa e energéticos gerados pelos processamentos. A tecnologia compreende dois termômetros no interior do tubo condutor de matéria podendo inferir uma série de problemas, no caso dos cereais, como queima do material, perda de propriedades nutricionais e tecnológicas. O documento afirma que o produto atinge a mesma temperatura e é mantido a esta mesma temperatura em um determinado período de tratamento, contudo já é sabido que o campo eletromagnético das micro-ondas não é homogêneo, portanto, a temperatura estabelecida nos grãos não será uniforme.

[10] Diferentemente, a presente invenção permite uma homogeneidade de campo elétrico maior que o do equipamento do documento relacionado WO0154519, pois o material a ser tratado é colocado em uma cavidade prismática sextavada, que promove a homogeneidade das micro-ondas durante o tratamento em potências muito menores (100 W a 3 kW), se comparadas às relatadas pelo documento relacionado (11,5 kW à 16,2 kW). Também utiliza uma fonte geradora de micro-ondas, ao

contrário do documento D1, que indica ser composto por 18 fontes geradoras de radiação, mostrando mecanismos de geração de micro-ondas muito distintos. Ainda a presente invenção é próprio para aplicação em alimentos diversos, além de ingredientes alimentícios, cereais, dentre outros, devido ao seu projeto, que podem estar no estado líquido, sólido, particulado em pó, suspensão, sendo que o equipamento do documento relacionado está direcionado para tratamentos exclusivos de grãos, possuindo a versatilidade de se trabalhar em pressão atmosférica e também à vácuo, dependendo das características dos materiais a serem tratados, tanto de modo vertical ou horizontal, além de ser possível atuar de forma descontínua ou contínua, acoplado a unidades moageiras de grãos. Possui características projetadas para aumentos de escala sem necessidades de promover adequações conceituais sobre a forma de atuação das micro-ondas.

[11] O documento de patente US2014227407 relaciona um método e um sistema para um estágio múltiplo tratamento de farinha de grão integral para reduzir a atividade enzimática e, mais especificamente, para a rápida tratamento de farinha de grãos integrais para reduzir a atividade da enzima lipase para aumentar o prazo de validade usando energia de micro-ondas em pelo menos um dos estágios. O documento patentário possui aplicação somente em cereais e seus compostos e utiliza um princípio totalmente diferente da presente invenção, pois a geometria do equipamento de micro-ondas é totalmente diferente, o que pode influenciar a eficiência e a homogeneidade do campo gerado pelas micro-ondas. O documento menciona o uso de outros magnetrons (gerador de micro-ondas) em sequência para uniformizar o campo das micro-ondas geradas, o que o torna diferente de nossa proposta.

[12] Diferentemente, a presente invenção pode ser utilizada em alimentos diversos, além de ingredientes alimentícios, cereais, dentre outros, devido a forma de como

foi projetado, podendo estar no estado líquido, sólido, particulado em pó, suspensão. Ainda, a presente de invenção possui a versatilidade de se trabalhar em pressão atmosférica e também à vácuo, dependendo das características dos materiais a serem tratados. Ainda apresenta diferenças em relação ao documento US2014227407 de projeto na geometria interna do equipamento, pois esta foi escolhida visando direcionar a energia incidente de micro-ondas, assim como as parcelas de micro-ondas refletidas, pelas paredes metálicas de modo tal que suas superposições resultem na homogeneização do campo elétrico no interior de toda cavidade e, portanto, permite trabalhar com menores potências. Para finalizar, a presente invenção permite a utilização em processos descontínuos ou contínuos para tratamento de materiais, além de se adaptar a processos que podem ocorrer de forma vertical ou horizontal, dependendo da complexidade do material a ser tratado.

[13] O documento de patente CN101971945 refere-se a um método para preparar farinha de milho modificada utilizando enzimólise e técnicas de micro-ondas. O método alcança os objetivos de melhorar a qualidade comestível e a qualidade do processamento da farinha de milho, melhorando o sabor dos alimentos de milho e aumentando a digestibilidade da proteína no milho. O documento relacionado não apresenta características do equipamento utilizado para aplicação de micro-ondas, como frequência, se é contínuo ou descontínuo, que tipos de controles o equipamento possui. Esta falta de dados limita elencar pontos que podem evidenciar um problema técnico que o sistema pode apresentar. O documento apresenta somente as potências do exemplo a que foi submetida uma suspensão de farinha de milho, que se situou entre 4000 e 6000 W, pelo período de 5 a 10 min. Diferentemente, a presente invenção permite a utilização de potências menores, situadas entre 100 e 3000 W.

[14] O documento de patente RU2647316 refere-se um método, no qual a farinha de trigo maduro é exposta à radiação de micro-ondas com frequência de 2,45 GHz, potência de 750 W e duração de exposição de 5 a 20 s. A invenção permite alterar rapidamente, com baixos custos de energia e dependendo dos requisitos do processo para a farinha, a qualidade de seu glúten - extensibilidade e quantidade. Contudo, o documento relacionado não apresenta características do equipamento utilizado para aplicação de micro-ondas, se é contínuo ou descontínuo, que tipos de controles o equipamento possui. Esta falta de dados limita, elencar pontos que podem evidenciar um problema técnico que o sistema pode apresentar. A quantidade de material tratado, a potência fixa, sugere que o experimento para alteração das propriedades de glúten pode ter sido conduzido em um equipamento doméstico, dificultando a comparação com sistemas pilotos ou que permitem o aumento para escala industrial. Também não são apresentados dados que permitem comparação sobre o tipo de equipamento utilizado, já que não é retratado se o equipamento é parte de um sistema contínuo ou descontínuo, que tipos de controle possui, quais pressões trabalha e muitos outros pontos que a nossa proposta de invenção possui e que permite tratar diferentes tipos de materiais, sob diferentes condições de pressão e potências de micro-ondas. O documento apresenta somente a única potência utilizada nos exemplos, 750 W, para aplicação em uma quantidade fixa de farinha de trigo, 100 g, onde variou-se apenas o tempo de exposição à potência já citada.

[15] Diferentemente, o presente pedido reporta o tratamento por micro-ondas de materiais com diferentes características, como materiais sólidos, líquidos, particulados em pó, pastosos, dentre outras características.

[16] O documento de patente RU2647316 descreve um dispositivo de inativação de enzimas de micro-ondas on-line

para germes de trigo. Com a adoção do dispositivo de inativação de enzimas de micro-ondas on-line para os germes de trigo, a estabilidade dos germes de trigo pode ser melhorada, a produção industrializada pode ser implementada, a capacidade de produção do dispositivo é de 5 a 50 kg por hora e os germes de trigo podem ser aspirado e armazenado por muito tempo, de modo que o dispositivo forneça condições para processamento adicional dos germes de trigo. O modo de aplicação das micro-ondas do dispositivo e a geometria de seu interior pode reduzir a homogeneidade do campo eletromagnético gerado pelas micro-ondas, necessitando de aplicação de maiores potências para proporcionar os benefícios propostos de inativação enzimática. Ainda apresenta apenas aplicação em germe de trigo, não reportando a possibilidade de tratamento de materiais com diferentes características, como alimentos líquidos, pastosos etc.

[17] Diferentemente, a presente invenção pode ser utilizada em alimentos diversos, além de ingredientes alimentícios, cereais, dentre outros, devido a forma de como foi projetado, onde os materiais podem estar no estado líquido, sólido, particulado em pó, suspensão. Ainda, possui a versatilidade de se trabalhar em pressões atmosférica, positivas e trabalhar à vácuo, dependendo das características dos materiais a serem tratados. Por fim, a presente invenção apresenta diferenças de projeto na geometria interna do equipamento, que foi escolhida visando direcionar a energia incidente de micro-ondas, assim como as parcelas de micro-ondas refletidas pelas paredes metálicas internas de modo tal que suas superposições gerem uma configuração resultante um campo elétrico mais homogêneo no interior de toda cavidade, durante os tratamentos dos materiais.

[18] Diante do exposto seria útil se a técnica dispusesse de um equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios que:

- Permite o controle total das condições de processo, como o monitoramento em tempo real de temperatura do material, potência aplicada e perda de massa;
- Possibilidade de trabalho sob vácuo;
- Possibilita a estabilização enzimática, fator de perda de qualidade do material e perda do potencial de vida de prateleira dos produtos obtidos;
- Trabalhar em processos contínuos, associado às etapas posteriores de moagem, descascamento e demais etapas de beneficiamentos;
- Possibilita a diminuição/eliminação de utilização de aditivos em farinhas obtidas de trigo, visando sua adequação para diferentes usos industriais;
- Elimina a possibilidade de geração de grãos queimados - fator de perda de qualidade e conseqüente valor de comercialização;
- Adequa às características tecnológicas do material tratado, como o trigo, para atender diferentes categorias de produtos;
- Promove uma melhor homogeneidade do campo elétrico das micro-ondas durante o tratamento de materiais;
- Utiliza potências muito menores, que afetam muito menos as características dos materiais tratados, permitindo maior controle sobre os efeitos proporcionados aos materiais tratados;
- Versatilidade para tratamento de diferentes tipos de alimentos, sendo estes sólidos, líquidos, emulsões, pós particulados, suspensões, dentre outros;
- Os tratamentos podem ocorrer de modo contínuo ou descontínuo, com diferentes tempos de retenção do material e verticalmente ou horizontalmente;

- Permite o monitoramento de perda de massa *on time*; temperatura de superfície e no leito formado pelo produto tratado; coletor de gases eliminados durante o processamento, para controle de emissões de compostos químicos ou recuperação de aromas;
- Proporciona um campo de micro-ondas mais homogêneo para o tratamento dos materiais;

Breve descrição da invenção

[19] A presente invenção se refere a um equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios para controlar o efeito sobre as propriedades físico-químicas e/ou tecnológicas, preferencialmente em grãos e/ou farinhas.

[20][19] A presente invenção permite uma homogeneidade de campo elétrico, devido a sua cavidade possuir geometria prismática sextavada que promove a homogeneidade das micro-ondas durante o tratamento, pois as micro-ondas transmitidas são direcionadas obliquamente ao centro de uma das arestas no interior da de modo que as parcelas de micro-ondas refletidas, pelas paredes metálicas, se superponham e resultem na homogeneização do campo elétrico no interior de toda cavidade; Adequado para aplicação em alimentos diversos, além de ingredientes alimentícios, cereais, dentre outros, devido ao seu projeto, que podem estar no estado líquido, sólido, particulado em pó, suspensão, sendo que o equipamento do documento relacionado está direcionado para tratamentos exclusivos de grãos; A invenção proposta foi concebida para se trabalhar tanto de modo vertical ou horizontal, além de ser possível atuar de forma descontínua ou contínua, acoplado a unidades moageiras de grãos; Possui características projetadas para aumentos de escala sem necessidades de promover adequações conceituais sobre a forma de atuação das micro-ondas, como ajustes em decorrência de diferentes densidades de potência, que são intrínsecas para

cada material a ser tratado; Versatilidade de se trabalhar em pressão atmosférica e também à vácuo, dependendo das características dos materiais a serem tratados.

Breve descrição das figuras

[21] Na Figura 1 apresenta-se o equipamento para o modo de operação horizontal da cavidade aplicadora de micro-ondas.

[22] Na Figura 2 apresenta-se o equipamento para o modo de operação vertical da cavidade aplicadora de micro-ondas.

[23] Na Figura 3 apresenta-se imagens da farinha de trigo controle (FC) e tratadas por micro-ondas com as potências de 100 W, 450 W e 750 W.

Descrição detalhada da invenção

[24] A presente invenção se refere a um equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios para controlar o efeito sobre as propriedades físico-químicas e/ou tecnológicas, preferencialmente em grãos e/ou farinhas.

[25] O equipamento possui dois modos de operação: o tratamento por alimentação horizontal do material ou tratamento por alimentação vertical do material.

Função para tratamento por alimentação horizontal do material

[26] O equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios se a alimentação for horizontal compreende os seguintes componentes:

- (1) A cavidade é um tanque prismático de seção hexagonal, de eixo horizontal, com volume de 175 litros;
- (2) Tampa posicionada em uma das extremidades, dotada de chapa perfurada com fechamento hermético auxiliado por manípulos e acionados por torquímetro para manter a uniformidade do fechamento da tampa;
- (3) Coletor de ar úmido proveniente da atuação da micro-ondas nos materiais tratados;

- (4) Derivação de tubulação destinada à exaustão por uma bomba de vácuo, de vapores e não condensáveis, dotado de amostrador para fins analíticos destes compostos;
- (5) Manovacuômetro para medições de ciclos de pressões moderadas positivas e ciclos de operação à vácuo;
- (6) Abertura flangeada para fixação de tubo transparente às micro-ondas, visando tratamento de material particulado em seu interior, para utilização em tratamento por modo vertical;
- (7) Entrada para micro-ondas de seção circular que direciona a radiação obliquamente ao centro de uma das arestas no interior da cavidade, onde sua geometria interna foi escolhida visando direcionar a energia incidente de micro-ondas, assim como as parcelas de micro-ondas refletidas, pelas paredes metálicas de modo tal que suas superposições gerem uma configuração resultante multi-modal;
- (8) Entrada de ar com velocidade e temperatura controláveis, protegida por placa perfurada (filtro) que impede a fuga de micro-ondas por esta entrada. Este sistema é composto por ventilador centrífugo que insufla o ar em um sistema de circulação, o qual dispõe de aquecedor elétrico do ar;
- (9) Suporte para acondicionamento de amostra para tratamento, desenvolvido com material inerte às micro-ondas, neste caso teflon e fibra de vidro;
- (10) Câmara cilíndrica em acrílico, posicionada na parte superior da cavidade, para a passagem de sensores de acompanhamento de variáveis de processo (temperaturas e peso de amostras em tratamento), sem a ocorrência de quebra da pressão do interior da cavidade;
- (11) Célula de fluxo de carga para o acompanhamento do peso da amostra em tempo real durante o tratamento;

- (12) Conjunto de fibras ópticas para controle de temperatura interna e um termômetro de infravermelho para a leitura da média da temperatura superficial dos materiais em tratamento;
- (13) Instrumento de monitoramento das variáveis de processamento que determinam o início e término do processo; e
- (14) Visores laterais protegidos por vidros Pirex®, com filtros antifuga de micro-ondas, que permitem a visualização do material em tratamento, assim como eliminação de umidade resultante do processamento por micro-ondas do interior da cavidade.

Função para tratamento por alimentação vertical do material

[27] O equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios se a alimentação for vertical compreende os seguintes componentes:

- (1) A cavidade é um tanque prismático de seção hexagonal, de eixo horizontal, com volume de 175 litros;
- (2) Tampa posicionada em uma das extremidades, dotada de chapa perfurada com fechamento hermético auxiliado por manípulos e acionados por torquímetro para manter a uniformidade do fechamento da tampa;
- (3) Coletor de ar úmido proveniente da atuação da micro-ondas nos materiais tratados;
- (4) Derivação de tubulação destinada à exaustão por uma bomba de vácuo, de vapores e não condensáveis, dotado de amostrador para fins analíticos destes compostos;
- (5) Manovacuômetro para medições de ciclos de pressões moderadas positivas e ciclos de operação à vácuo;
- (6) Abertura flangeada para fixação de cilindro transparente às micro-ondas;
- (7) Entrada para micro-ondas de seção circular que direciona a radiação obliquamente ao centro de uma das arestas no interior da cavidade, onde sua

geometria interna foi escolhida visando direcionar a energia incidente de micro-ondas, assim como as parcelas de micro-ondas refletidas, pelas paredes metálicas de modo tal que suas superposições gerem uma configuração resultante multi-modal;

- (8) Entrada de ar com velocidade e temperatura controláveis, protegida por placa perfurada (filtro) que impede a fuga de micro-ondas por esta entrada. Este sistema é composto por ventilador centrífugo que insufla o ar em um sistema de circulação, o qual dispõe de aquecedor elétrico do ar;
- (9) Conjunto de fibras ópticas para controle de temperatura interna e um termômetro de infravermelho para a leitura da média da temperatura superficial dos materiais em tratamento;
- (10) Instrumento de monitoramento das variáveis de processamento que determinam o início e término do processo;
- (11) Visores laterais protegidos por vidros Pirex®, com filtros antifuga de micro-ondas, que permitem a visualização do material em tratamento, assim como eliminação de umidade resultante do processamento por micro-ondas do interior da cavidade
- (12) Cilindro de material transparente às micro-ondas, visando tratamento de material particulado em seu interior, com suspensão deste material por fluidização de ar (materiais particulados de baixa densidade) ou por pulso fluidizado, com instalação de um diafragma rotativo gerador de um leito pulso fluidizado (materiais complexos).

[28] Foram conduzidos testes com o equipamento da presente invenção com o trigo, material modelo e que serviu de referência, pois ele é considerado um cereal nobre, de alto valor comercial e de grande importância para o país,

porém a cavidade foi desenvolvida para utilização com ampliação de escopo, e diferentes tipos de cereais, leguminosas, pseudocereais e oleaginosas, assim como suas farinhas e seus diferentes componentes, que podem ser tratados separadamente. A faixa de potência trabalhada para geração dos exemplos foi de 100 W a 750 W, permitindo o trabalho com diferentes densidades de potência deste material. As micro-ondas foram obtidas a partir de gerador de micro-ondas de frequência 2.45 GHz, porém é possível a utilização de outras potências e frequências no equipamento da presente invenção.

Resultados dos Exemplos elaborados

Exemplo 1

[29] 600 g de trigo, previamente ao processamento teve sua umidade elevada à faixa de 16 à 23 %, para aplicação da radiação por micro-ondas, na potência de 100 W, até tempo suficiente para que ocorresse secagem do trigo para níveis adequados de execução da etapa de moagem. Após realização do tratamento para enfraquecimento do glúten, o material foi embalado para início das análises de sua caracterização.

Tabela 1 - Caracterização das farinhas de trigo controle e tratada por micro-ondas, com potência de 100W, quanto ao seu rendimento de moagem, parâmetros farinográficos, análise de glúten, cor instrumental e propriedades de pasta

Análises	FC	100 W
Moagem		
Rendimento (η) (%)	69,70	69,68
Parâmetros farinográficos		
Absorção de água (Abs₁₄ %)	61,4	61,6
Tempo de desenvolvimento (min.)	10,0	8,5
Estabilidade (min.)	17,5	16,0

Tempo de saída (min.)	18,5	17,0
Índice de tolerância à mistura (ITM)	30	40

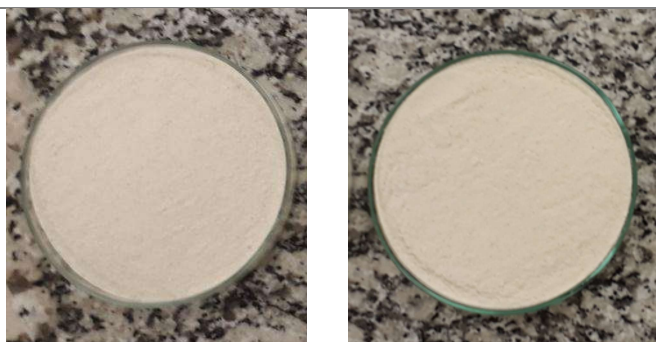
Análise de glúten

Glúten úmido (%)	28,8±0,3	29,0±1,6
Glúten seco (%)	9,8±0,1	10,31±0,1*
Glúten index	97,6±0,3	99,2±0,9

Cor Instrumental da farinha de trigo

L*	91,40±0,09	90,33±0,20*
a*	-0,31±0,02	-0,21±0,06*
b*	11,68±0,06	11,28±0,19*
ΔE	-----	1,19±0,23

Imagem das farinhas
obtidas

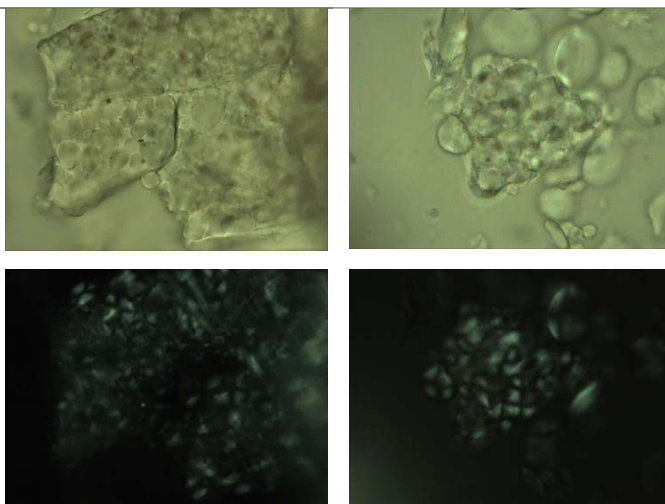


Propriedades de pasta

Temperatura de pasta (°C)	84,95±0,44	84,73±0,03
Viscosidade Máxima (cP)	1801,3±31,8	2088,0±51,6*
Viscosidade Mínima (cP)	1139,7±21,5	1250,3±15,3*
Quebra (cP)	661,7±12,0	837,7±36,9*
Viscosidade Final (cP)	2165,7±29,5	2385,3±54,6*
Tendência à Retrogradação (cP)	1026,0±8,2	1135,0±39,3*

Microscopia óptica

**Análise de imagem da
farinha, com vistas ao
amido**



Resultados apresentados como média \pm desvio padrão; para as médias seguidas de (*) na mesma linha há diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$), pelo teste t-student.

- Rendimento de moagem

[30] As amostras de farinhas controle (FC) e a farinha obtida a partir de trigo tratado por micro-ondas com 100 W de potência, não apresentaram diferenças no rendimento de moagem para todos os tratamentos, que apresentaram resultados próximos dos 70 % de rendimento de moagem, conforme apresentado.

- Parâmetros farinográficos

[31] Os valores dos parâmetros farinográficos das farinhas de trigo controle e farinha obtida a partir de trigo tratado por micro-ondas com 100 W de potência, mostram ligeira modificação nas propriedades, onde esta perda proteica não indicou alteração na capacidade de absorção da farinha de trigo para este tratamento. O tempo de desenvolvimento sofreu pequena alteração e os demais parâmetros, como estabilidade, tempos de saída e índice de tolerância à mistura (ITM) mantiveram-se inalterados.

- Análise de glúten

[32] Os valores de glúten úmido e glúten index não apresentaram diferenças significativas, entre as farinhas de trigo controle e tratada por micro-ondas, com potência de 100 W, indicando que a potência aplicada não foi suficiente para

promover enfraquecimento de seu glúten e nem perda de sua qualidade.

- Cor instrumental

[33] A farinha de trigo obtida a partir do trigo tratado por micro-ondas, com potência de 100 W apresentou diferença estatística significativa, quando comparada com a farinha controle. Apesar da diferença significativa apresentada pelos parâmetros de cor, L^* , a^* e b^* , quando calculada a diferença total de cor (ΔE) entre as amostras, verifica-se que o valor 1,19 é considerado baixo e que indica pouca variação de coloração entre as farinhas de trigo obtidas pelos processamentos analisados. Moritz (2011) e ADEKUNTE et al. (2010) reportam que para que ocorra percepção de diferenças pelo olhar humano, os valores de ΔE devem apresentar-se superiores a 2,00.

- Propriedades de pasta

[34] As propriedades de pasta avaliadas pela análise de RVA (análise de viscosidade rápida), indicam que o tratamento por micro-ondas para a potência de 100 W, promoveu leve modificação à sua farinha de trigo comparada, quando comparada com a farinha controle, porém não promoveu gelatinização do amido, visto que as temperaturas de pasta das duas farinhas não apresentaram diferença significativa. A maior viscosidade máxima da farinha obtida do trigo tratado por micro-ondas, indica que a capacidade de absorção de água pelo amido foi modificada. A farinha de trigo controle apresentou a menor quebra entre as amostras analisadas, indicando maior estabilidade dos grânulos de amido quando submetidos ao aquecimento, o que impactará em menores valores de viscosidade final e menor tendência à retrogradação dos amidos. Como aumento da viscosidade é possível que ocorra melhoria das características da massa de bolos, tornando uma alternativa viável ao uso de amidos e farinhas de outras fontes, como amido de milho, usado na faixa de 10 a 20 % para

promover um enfraquecimento de farinhas mais fortes e melhorar as propriedades de viscosidade e densidade da massa (Bennion, Bamford & Bent, 1997).

- Microscopia óptica

[35] As imagens das farinhas de trigo obtidas a partir do trigo controle e do trigo tratado por micro-ondas, na potência de 100 W, indicam grande quantidade de grânulos de amidos intactos, evidenciados pela birrefringência presente na imagem captada por luz polarizada.

Exemplo 2

[36] 600 g de trigo, previamente ao processamento teve sua umidade elevada à faixa de 16 à 23 %, para aplicação da radiação por micro-ondas, na potência de 450 W, até tempo suficiente para que ocorresse secagem do trigo para níveis adequados de execução da etapa de moagem. Após realização do tratamento para enfraquecimento do glúten, o material foi embalado para início das análises de sua caracterização.

Tabela 2 - Caracterização das farinhas de trigo controle e tratada por micro-ondas, com potência de 450W, quanto ao seu rendimento de moagem, parâmetros farinográficos, análise de glúten, cor instrumental e propriedades de pasta

Análises	FC	450 W
Moagem		
Rendimento (η) (%)	69,70	69,82
Farinografia		
Absorção de água (Abs₁₄ %)	61,4	60,70
Tempo de desenvolvimento (min.)	10,0	2,0
Estabilidade (min.)	17,5	3,5
Tempo de saída (min.)	18,5	4,5
Índice de tolerância à mistura (ITM)	30	80

Análise de glúten		
Glúten úmido (%)	28,8±0,3	25,4±1,7*
Glúten seco (%)	9,8±0,1	8,6±0,2*
Glúten index	97,6±0,3	97,7±1,55

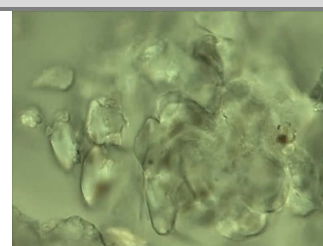
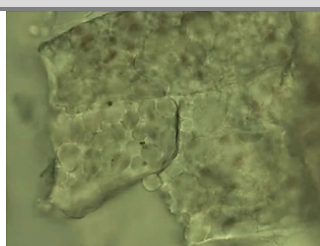
Cor Instrumental da farinha de trigo		
L*	91,40±0,09	90,11±0,13*
a*	-0,31±0,02	-0,09±0,06*
b*	11,68±0,06	11,11±0,11*
ΔE	----	1,42±0,12

**Imagem das farinhas
obtidas**

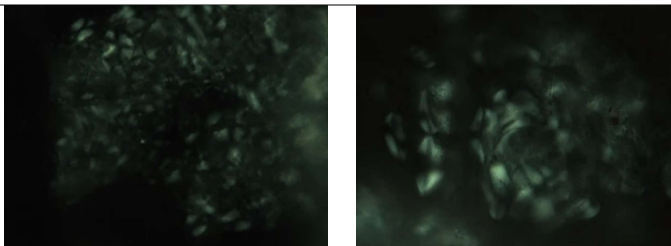


Propriedades de pasta		
Temperatura de pasta (°C)	84,95±0,44	84,67±0,03
Viscosidade Máxima (cP)	1801,3±31,8	2303,0±7,5*
Viscosidade Mínima (cP)	1139,7±21,5	1464,0±19,7*
Quebra (cP)	661,7±12,0	829,0±14,5*
Viscosidade Final (cP)	2165,7±29,5	2676,7±7,6*
Tendência à Retrogradação (cP)	1026,0±8,2	1212,7±12,1*

Microscopia óptica



**Análise de imagem da
farinha, com vistas ao
amido**



Resultados apresentados como média \pm desvio padrão; para as médias seguidas de (*) na mesma linha, há diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$), pelo teste t-student.

Rendimento de moagem

[37] As amostras de farinhas controle (FC) e a farinha obtida a partir de trigo tratado por micro-ondas com 450 W de potência, não apresentaram diferenças no rendimento de moagem paratodos os tratamentos, que apresentaram resultados próximos dos 70 % de rendimento de moagem, conforme apresentado.

- Parâmetros farinográficos

[38] Os valores dos parâmetros farinográficos das farinhas de trigo controle e farinha obtida a partir de trigo tratado por micro-ondas com 450 W de potência, mostram alta modificação nas propriedades de resistência à mistura, além de perdas de capacidade de absorção de água e diminuição dos tempos de desenvolvimento, tempos de saída e estabilidade. O índice de tolerância à mistura desta farinha apresentou valor 2,67 vezes maiores que o valor da farinha controle, evidenciando diminuição da capacidade desta farinha a resistir a trabalhos mecânicos prolongados, indicando que o enfraquecimento do glúten pode ter prejudicado tal característica, o que resultaria em problemas tecnológicos quando aplicada em pães e sendo mais adequadas para produtos que não necessitam desta característica, como bolos e biscoitos.

- Análise de glúten

[39] A potência de 450 W apresentou valores progressivos enfraquecimento do glúten, podendo ser evidenciados através dos valores de glúten úmido, que apresentaram diferenças

significativas para o intervalo de 95 % de confiança, quando comparadas com a farinha controle, sem tratamento.

- Cor instrumental

[40] A farinha de trigo obtida a partir do trigo tratado por micro-ondas, com potência de 450 W apresentou diferença estatística significativa, quando comparada com a farinha controle. Apesar da diferença significativa apresentada pelos parâmetros de cor, L^* , a^* e b^* , quando calculada a diferença total de cor (ΔE) entre as amostras, verifica-se que o valor 1,42 também é considerado baixo e que indica pouca variação de coloração entre as farinhas de trigo obtidas pelos processamentos analisados. Moritz (2011) e ADEKUNTE et al. (2010) reportam que para que ocorra percepção de diferenças pelo olhar humano, os valores de ΔE devem apresentar-se superiores a 2,00.

- Propriedades de pasta

[41] As propriedades de pasta avaliadas pela análise de RVA (análise de viscosidade rápida), indicam que o tratamento por micro-ondas para a potência de 450 W, promoveu modificação ao amido presente na farinha de trigo, quando comparada com a farinha controle, e maiores valores quando comparada com o tratamento por micro-ondas com 100 W de potência, porém não promoveu elevada gelatinização do amido, visto que as temperaturas de pasta das duas farinhas não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). A maior viscosidade máxima da farinha obtida do trigo tratado por micro-ondas, indica que a capacidade de absorção de água pelo amido foi modificada. A farinha de trigo controle apresentou a menor quebra entre as amostras analisadas, indicando maior estabilidade dos grânulos de amido quando submetidos ao aquecimento, o que impactará em menores valores de viscosidade final e menor tendência à retrogradação dos amidos. Com o aumento da viscosidade, os mesmos benefícios destacados na discussão do resultado da farinha tratada com

micro-ondas, com potência de 100 W podem ser obtidos com os valores deste tratamento. Como utilizar para substituir amidos e farinhas de outras fontes, visando promoção do enfraquecimento do glúten presente em farinhas mais fortes e permitindo a sua utilização em processos de fabricação de bolos e biscoitos, que normalmente utilizam estas alternativas para correção de propriedades tecnológicas destes produtos.

- Microscopia óptica

[42] As imagens das farinhas de trigo obtidas a partir do trigo controle e do trigo tratado por micro-ondas, na potência de 450 W, indicam grande quantidade de grânulos de amidos intactos, porém é possível verificar grânulos com desarranjo de estrutura e distorção da sua birrefringência presente, indicando algum processo de alteração morfológica, conforme imagem captada por luz polarizada apresentada na Tabela 3.

Exemplo 3

[43] 600 g de trigo, previamente ao processamento teve sua umidade elevada à faixa de 16 à 23 %, para aplicação da radiação por micro-ondas, na potência de 750 W, até tempo suficiente para que ocorresse secagem do trigo para níveis adequados de execução da etapa de moagem. Após realização do tratamento para enfraquecimento do glúten, o material foi embalado para início das análises de sua caracterização.

Tabela 3 - Caracterização das farinhas de trigo controle e tratada por micro-ondas, com potência de 750W, quanto ao seu rendimento de moagem, parâmetros farinográficos, análise de glúten, cor instrumental e propriedades de pasta

Análises	FC	750 W
Moagem		
Rendimento (η) (%)	69,70	69,06
Farinografia		

Absorção de água (Abs ₁₄ %)	61,4	59,46
Tempo de desenvolvimento (min.)	10,0	1,5
Estabilidade (min.)	17,5	3,0
Tempo de saída (min.)	18,5	4,5
Índice de tolerância à mistura (ITM)	30	90

Análise de glúten

Glúten úmido (%)	28,8±0,3	23,6±0,7*
Glúten seco (%)	9,8±0,1	8,0±0,2b*
Glúten index	97,6±0,3	96,8±3,2

Cor Instrumental

L*	91,40±0,09	90,39±0,39*
a*	-0,31±0,02	0,01±0,12*
b*	11,68±0,06	10,74±0,09*
ΔE	----	1,44±0,21

Imagem das farinhas obtidas



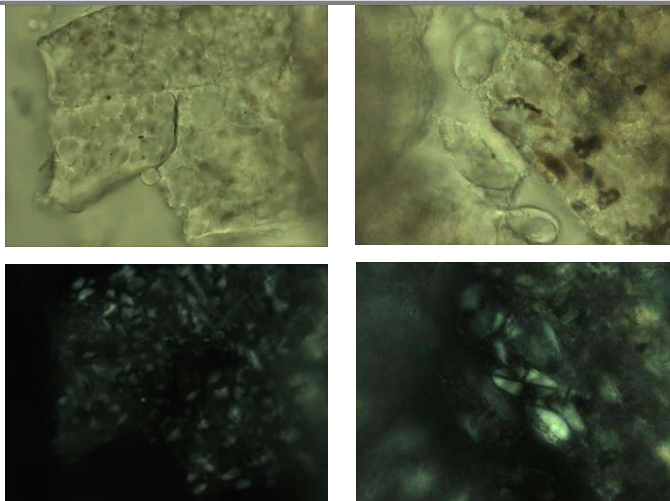
Propriedades de pasta

Temperatura de pasta (°C)	84,95±0,44	84,72±0,08
Viscosidade Máxima (cP)	1801,3±31,8	2334,3±15,6*
Viscosidade Mínima (cP)	1139,7±21,5	1498,3±4,5*
Quebra (cP)	661,7±12,0	836,0±13,7*
Viscosidade Final (cP)	2165,7±29,5	2781,0±22,9*

Tendência à Retrogradação (cP)	1026,0±8,2	1282,7±22,1*
---------------------------------------	------------	--------------

Microscopia óptica

Análise de imagem



Resultados apresentados como média \pm desvio padrão; para as médias seguidas de (*) na mesma linha, há diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$), pelo teste t-student.

Rendimento de moagem

[44] As amostras de farinhas controle (FC) e a farinha obtida a partir de trigo tratado por micro-ondas com 750 W de potência, não apresentaram diferenças no rendimento de moagem para todos os tratamentos, que apresentaram resultados próximos dos 70 % de rendimento de moagem, conforme apresentado.

- Parâmetros farinográficos

[45] Os valores dos parâmetros farinográficos das farinhas de trigo controle e farinha obtida a partir de trigo tratado por micro-ondas com 750 W de potência, mostram alta modificação nas propriedades de resistência à mistura, além de perdas de capacidade de absorção de água e diminuição dos tempos de desenvolvimento, tempos de saída e estabilidade. O índice de tolerância à mistura desta farinha apresentou valor 3,00 vezes maiores que o valor da farinha controle, também evidenciando, assim como obtido com a farinha 450 W, diminuição da capacidade desta farinha a resistir a trabalhos mecânicos prolongados, indicando que o enfraquecimento do

glúten pode ter prejudicado tal característica, o que resultaria em problemas tecnológicos quando aplicada em pães e sendo mais adequadas para produtos que não necessitam desta característica, como bolos e biscoitos.

- Análise de glúten

[46] A farinha resultante do tratamento do trigo por micro-ondas, com potência de 750W apresentou valores maiores, aos obtidos com 450 W, de enfraquecimento do glúten, podendo ser evidenciados através dos valores de glúten úmido e seco, que apresentaram diferenças significativas para o intervalo de 95 % de confiança, quando comparadas com a farinha controle, sem tratamento.

- Cor instrumental

[47] A farinha de trigo obtida a partir do trigo tratado por micro-ondas, com potência de 750W apresentou diferença estatística significativa, quando comparada com a farinha controle. Apesar da diferença significativa apresentada pelos parâmetros de cor, L^* , a^* e b^* , quando calculada a diferença total de cor (ΔE) entre as amostras, verifica-se que o valor 1,44 também é considerado baixo e que indica pouca variação de coloração entre as farinhas de trigo obtidas pelos processamentos analisados. Moritz (2011) e ADEKUNTE et al. (2010) reportam que para que ocorra percepção de diferenças pelo olhar humano, os valores de ΔE devem apresentar-se superiores a 2,00.

- Propriedades de pasta

[48] As propriedades de pasta avaliadas pela análise de RVA (análise de viscosidade rápida) indicam que o tratamento por micro-ondas para a potência de 750 W, promoveu modificação ao amido presente na farinha de trigo, quando comparada com a farinha controle, e maiores valores quando comparada com o tratamento por micro-ondas com 100 e 450 W de potência. Não promoveu elevada gelatinização do amido, visto que as temperaturas de pasta das duas farinhas não

apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). A maior viscosidade máxima da farinha obtida do trigo tratado por micro-ondas indica que a capacidade de absorção de água pelo amido foi modificada. A farinha de trigo controle apresentou a menor quebra entre as amostras analisadas, indicando maior estabilidade dos grânulos de amido quando submetidos ao aquecimento, o que impactará em menores valores de viscosidade final e menor tendência à retrogradação dos amidos. Com o aumento da viscosidade, os mesmos benefícios destacados na discussão do resultado da farinha tratada com micro-ondas, com potência de 100W e 450 W podem ser obtidos com os valores deste tratamento. Como utilizar para substituir amidos e farinhas de outras fontes, visando promoção do enfraquecimento do glúten presente em farinhas mais fortes e permitindo a sua utilização em processos de fabricação de bolos e biscoitos, que normalmente utilizam estas alternativas para correção de propriedades tecnológicas destes produtos.

- Microscopia óptica

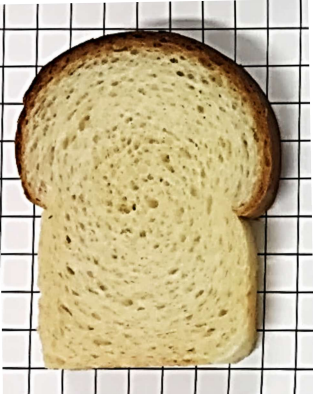

[49] As imagens das farinhas de trigo obtidas a partir do trigo controle e do trigo tratado por micro-ondas, na potência de 450 W, indicam grande quantidade de grânulos de amidos intactos, porém é possível verificar grânulos com desarranjo de estrutura e distorção da sua birrefringência presente, indicando algum processo de alteração morfológica, conforme imagem captada por luz polarizada apresentada na Tabela 4.

Exemplo 4

[50] Realização de Bakingtest, seguindo metodologia adaptada da AACCI 10-10.01(2010). O pão foi produzido com farinha de trigo obtida a partir de trigo tratado com micro-ondas na potência de 650 W. A comparação foi realizada com o pão produzido a partir do trigo controle, sem tratamento por

micro-ondas. Foi feita a avaliação do volume específico, características internas e externas dos produtos.

Tabela 4 - Avaliação de volume específico, características internas, externas e imagem das fatias dos pães produzidos com as farinhas de trigo controle e tratada por micro-ondas, com potência de 650W

Análises	FC	650 W
<i>Volume específico</i>		
Volume específico dos pães (cm³ /g)	15,3±0,0	12,2±1,1*
<i>Análise de Características internas e externas</i>		
Características externas (máx 20 pontos)	16,2±1,1	12,0±0,7*
Características internas (máx. 35 pontos)	31,0±2,1	27,8±0,4*
Aroma e Gosto (máx. 25 pontos)	24,0±0,0	23,5±0,7*
Pontuação total	86,5±3,2	75,5±1,8*
<i>Imagem dos pães</i>		
Fatia dos pães		

Resultados apresentados como média ± desvio padrão; para as médias seguidas de (*) na mesma linha, há diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$), pelo teste t-student.

[51] Pela avaliação do volume específico, características internas, externas e análise de imagem das fatias dos pães, verifica-se que o enfraquecimento do glúten,

proporcionado pela aplicação de micro-ondas ao trigo, potência de 650 W, resultou nos menores valores dos atributos avaliados e diferentes significativamente ($p < 0,05$), quando comparados com os atributos do pão produzido com a farinha de trigo controle, sem aplicação de micro-ondas.

[52] Estes dados indicam que a farinha resultante deixa de ser apropriada para pães e passa a ser adequada para bolos e biscoitos.

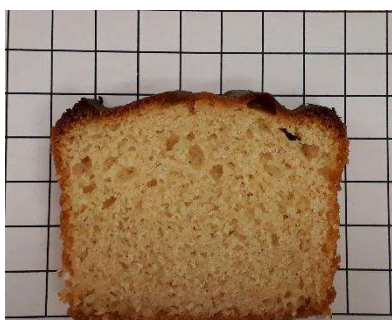
Exemplo 5

[53] Avaliação de desempenho de bolo, tipo inglês, produzido com 40% de farinha de trigo obtida a partir de trigo tratado com micro-ondas na potência de 650 W e 60% de farinha controle, sem tratamento por micro-ondas, sendo este comparado com bolo produzido com 100% de farinha de trigo controle. Foram realizadas análises de volume específico, atividade de água e textura instrumental.

Tabela 5 - Avaliação de volume específico, atividade de água e textura instrumental, das fatias dos bolos produzidos com 100 % de farinhas de trigo controle e comparado com bolo produzido com 40% de farinha de trigo tratado por micro-ondas, com potência de 650W e 60% de farinha de trigo controle, sem tratamento por micro-ondas

Análises	FC	40%_650 W
<i>Volume específico</i>		
Volume específico dos bolos (cm³ /g)	1,90±0,01	1,95±0,03
<i>Atividade de água</i>		
Aw	0,867±0,005	0,888±0,002*
<i>Textura instrumental</i>		
firmeza (N)	3,48±0,20	3,54±0,20
<i>Imagem dos bolos</i>		



Bolos inteiros**Fatia dos bolos**

Resultados apresentados como média \pm desvio padrão; para as médias seguidas de (*) na mesma linha há diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$), pelo teste t-student.

[54] Pela avaliação do volume específico e textura instrumental, verifica-se que o bolo elaborado com 40% de farinha tratada com micro-ondas em potência de 650 W, não apresentou diferença significativa, quando comparado com o bolo elaborado com farinha controle, sem aplicação de micro-ondas. Apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), para a avaliação de atividade de água, onde o bolo com 40% da farinha tratada com micro-ondas, potência 650 W, apresentou mais água livre presente nos bolos produzido com esta farinha, indicando que o produto elaborado se apresenta mais úmido que o bolo elaborado com farinha controle, sem tratamento com micro-ondas.

[55] Pela análise da imagem das dimensões das fatias dos bolos, podemos verificar que as características internas, externas são bem distintas, entre as amostras, onde o bolo com 40% da farinha tratada com micro-ondas, potência 650 W,

apresenta maior altura, textura mais homogênea, alvéolos uniformes, sem presença de alvéolos grandes, como os apresentados pela fatia elaborada com a farinha de trigo controle, indicando que a farinha controle, por ter um glúten mais forte, prejudicou o crescimento do bolo durante o assamento e contribuiu para a formação da irregularidade dos alvéolos do seu miolo, com a presença dos buracos maiores e em maior quantidade.

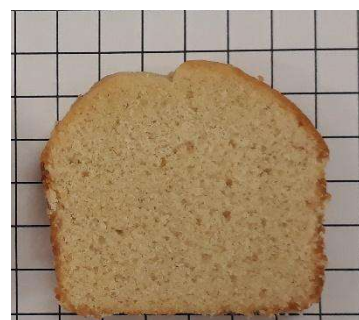
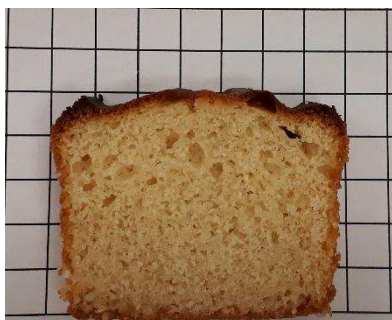
[56] Estes resultados indicam que a inclusão da farinha tratada com micro-ondas, potência 650 W, melhorou as características externas e internas dos bolos produzidos com esta farinha.

Exemplo 6

[57] Avaliação de desempenho de bolo, tipo inglês, produzido com 100% de farinha de trigo obtida a partir de trigo tratado com micro-ondas na potência de 650 W, sendo este comparado com bolo produzido com 100% de farinha de trigo controle, sem tratamento por micro-ondas. Foram realizadas análises de volume específico, atividade de água e textura instrumental.

Tabela 6 - Avaliação de volume específico, atividade de água e textura instrumental, das fatias dos bolos produzidos com 100 % de farinhas de trigo controle e comparado com bolo produzido com 100% de farinha de trigo tratado por micro-ondas, com potência de 650W

Análises	FC	100%_650 W
<i>Volume específico</i>		
Volume específico dos bolos (cm³ /g)	1,90±0,01	1,90±0,04
<i>Atividade de água</i>		
Aw	0,867±0,005	0,890±0,001*
<i>Textura instrumental</i>		
firmeza (N)	3,48±0,20	3,29±0,09
<i>Imagem dos bolos</i>		

Bolos inteiros**Fatia dos bolos**

Resultados apresentados como média \pm desvio padrão; para as médias seguidas de (*) na mesma linha há diferença significativa em relação ao controle ($p < 0,05$), pelo teste t-student.

[58] Pela avaliação do volume específico e textura instrumental, verifica-se que o bolo elaborado com 100% de farinha tratada com micro-ondas, potência 650 W, não apresentou diferença significativa, quando comparado com o bolo elaborado com farinha controle, sem aplicação de micro-ondas. Apresentou diferença significativa ($p < 0,05$), para a avaliação de atividade de água, onde o bolo com 100% da farinha tratada com micro-ondas, potência 650 W, apresentou mais água livre presente nos bolos produzido com esta farinha, indicando que o bolo elaborado com esta farinha apresenta-se mais úmido que o bolo elaborado com farinha controle, sem tratamento com micro-ondas.

[59] Pela análise da imagem das dimensões das fatias dos bolos, também podemos verificar que as características internas, externas se diferenciam entre as amostras, onde o bolo com 100% da farinha tratada com micro-ondas, potência

650 W, também apresentou textura mais homogênea, alvéolos uniformes, sem presença de alvéolos grandes, como os apresentados pela fatia elaborada com a farinha de trigo controle.

[60] Estes resultados reforçam que a inclusão da farinha tratada com micro-ondas, potência 650 W, melhorou as características externas e internas dos bolos produzidos com esta farinha, visto que nas duas proporções avaliadas, 40 % e 100 % de substituição da farinha controle pela tratada com micro-ondas a 650 W, os bolos apresentaram-se com estrutura interna e externa melhor, ou seja, sem grandes rupturas de estrutura interna e crescimento adequado durante o assamento, do que o bolo produzido com farinha controle.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento processador por micro-ondas para tratamento de materiais alimentícios **caracterizado pela** alimentação poder ser realizada na horizontal ou vertical e compreender os seguintes componentes:

- (1) Cavidade é um tanque prismático de seção hexagonal, de eixo horizontal, com volume de 175 litros;
- (2) Tampa posicionada em uma das extremidades, dotada de chapa perfurada com fechamento hermético auxiliado por manípulos e acionados por torquímetro;
- (3) Coletor de ar úmido;
- (4) Derivação de tubulação de exaustão por uma bomba de vácuo dotado de amostrador;
- (5) Manovacuômetro;
- (6) Abertura flangeada de fixação de tubo transparente às micro-ondas;
- (7) Entrada para micro-ondas;
- (8) Entrada de ar composta por ventilador centrífugo;
- (9) Suporte para acondicionamento de amostra de material inerte às micro-ondas, preferencialmente teflon e fibra de vidro;
- (10) Câmara cilíndrica em acrílico, posicionada na parte superior da cavidade;
- (11) Célula de fluxo de carga;
- (12) Conjunto de fibras ópticas e um termômetro de infravermelho;
- (13) Instrumento de monitoramento das variáveis de processamento; e
- (14) Visores laterais protegidos por vidros Pirex®, com filtros antifuga de micro-ondas.

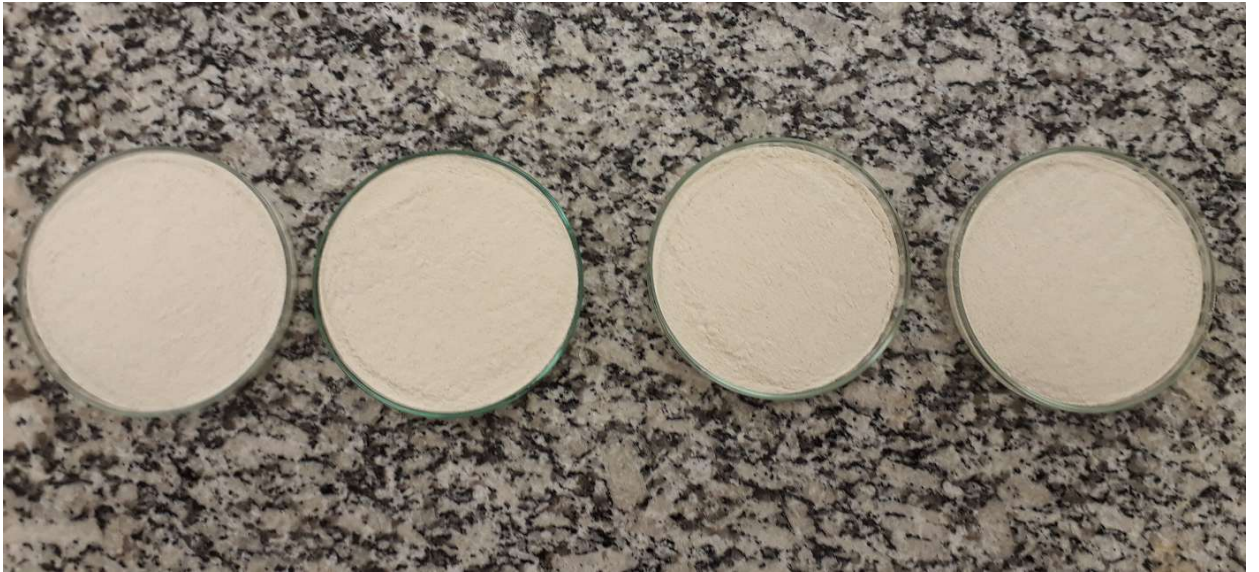


Figura 3