



EFEITO DO TRATAMENTO POR RADIOFREQUÊNCIA NAS PROPRIEDADES DE PASTA E NO POTENCIAL TECNOLÓGICO DA FARINHA DE TRIGO PARA PANIFICAÇÃO

Yasmin M. L. ONAGA ^{1*}; Caroline J. STEEL ¹

¹ Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos I, Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP.

*E-mail para correspondência: y225943@dac.unicamp.br

RESUMO: O tratamento por radiofrequência (RF) tem sido estudado como alternativa para modificar ingredientes amiláceos por aquecimento dielétrico. Neste trabalho, avaliou-se o efeito da RF sobre a farinha de trigo comercial, considerando umidade, cor instrumental e propriedades de pasta. As amostras foram tratadas em diferentes velocidades de esteira (3, 6, 9 e 12 m/h), e comparadas com uma amostra controle (sem tratamento). As menores velocidades resultaram em maior intensidade térmica, com destaque para a amostra tratada a 3 m/h, que apresentou maior temperatura e menor umidade. Embora tenham sido observadas diferenças estatísticas na cor, todos os tratamentos apresentaram ΔE inferior a 3 em relação ao controle, sem alteração perceptível a olho nu. Quanto às propriedades de pasta, apenas a amostra tratada a 3 m/h diferiu do controle, com aumento da viscosidade máxima, da quebra e da tendência à retrogradação. Os resultados demonstram que a radiofrequência tem potencial para modificar funcionalmente a farinha de trigo sem causar mudanças visuais expressivas, indicando possível aplicação tecnológica em produtos de panificação.

Palavras-chave: Aquecimento dielétrico; modificação funcional; tecnologia de cereais; tecnologia emergente; matrizes amiláceas.

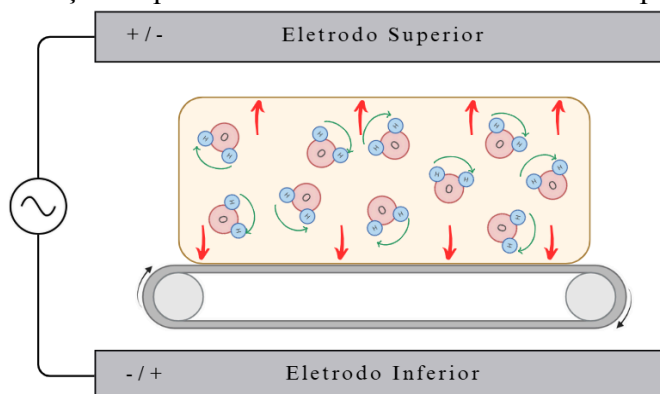
INTRODUÇÃO

A radiofrequência (RF) é uma tecnologia de aquecimento térmico já utilizada em alguns países asiáticos, como China e Índia, especialmente em operações de secagem. No Brasil, sua aplicação tem sido mais frequente na descontaminação de condimentos, atuando de forma semelhante à pasteurização de alimentos e ingredientes de baixa umidade, como farinhas e especiarias. O sistema de RF opera com dois eletrodos paralelos, um superior e outro inferior, ligados a uma fonte de corrente alternada. Durante o funcionamento, essa fonte promove a alternância contínua da polaridade entre os eletrodos, gerando um campo elétrico variável entre as placas em frequência de rádio.

Esse campo elétrico interage com os constituintes polares presentes no alimento, como a água. Em um campo elétrico, essas moléculas tendem a se orientar conforme a distribuição de cargas opostas. Entretanto, como na radiofrequência a polaridade se inverte repetidamente em alta velocidade, as moléculas passam a mudar de orientação continuamente. Essa movimentação intensa gera atrito e colisões intermoleculares, promovendo a geração de calor no interior do produto. Esse mecanismo, conhecido como aquecimento dielétrico ou volumétrico, permite elevar a temperatura interna de maneira relativamente homogênea no alimento (Costa & Marra, 2024; Bermudez-Aguirre & Niemira, 2023). Devido a essa capacidade de aquecimento interno e de alteração estrutural do material, a radiofrequência apresenta potencial para ser estudada como alternativa na pré-gelatinização e na modificação funcional de farinhas ricas em amido. A Figura 1 ilustra, de forma esquemática, o tratamento por radiofrequência. Nessa representação, as setas vermelhas indicam a ação do campo elétrico sobre as moléculas polares, enquanto as setas verdes mostram o movimento oscilatório causado pela inversão sucessiva da polaridade.



Figura 1 - Representação esquemática do tratamento de alimentos por radiofrequência.



Dessa forma, este estudo se justifica pela possibilidade de empregar a radiofrequência como uma tecnologia emergente para modificar funcionalmente farinhas amiláceas, mantendo características visuais adequadas para aplicação industrial. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes velocidades de tratamento por radiofrequência sobre a umidade, a cor instrumental e as propriedades de pasta de farinha de trigo comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

A farinha de trigo comercial utilizada neste estudo foi adquirida em um mercado varejista de Campinas, SP. O tratamento por radiofrequência foi realizado na planta industrial da empresa Condras, em Araçatuba, SP, Brasil. As amostras foram submetidas a diferentes velocidades da esteira do equipamento (3, 6, 9 e 12 m/h), comparando-se com uma amostra sem tratamento, utilizada como controle. Logo após o processamento, foi registrada a temperatura interna das embalagens. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Cereais, Raízes e Tubérculos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, para análises de umidade, cor instrumental e propriedades de pasta.

O teor de umidade foi determinado em seis repetições, utilizando estufa com circulação e renovação de ar, segundo o método 44-15.02 da AACC (2010). A cor instrumental foi avaliada em 12 repetições com espectrofotômetro Mini Scan XE 45/0-L (HunterLab, EUA), adotando-se o sistema CIELab (L^* , a^* , b^*), em que L^* representa a luminosidade, enquanto a^* e b^* correspondem às coordenadas cromáticas.

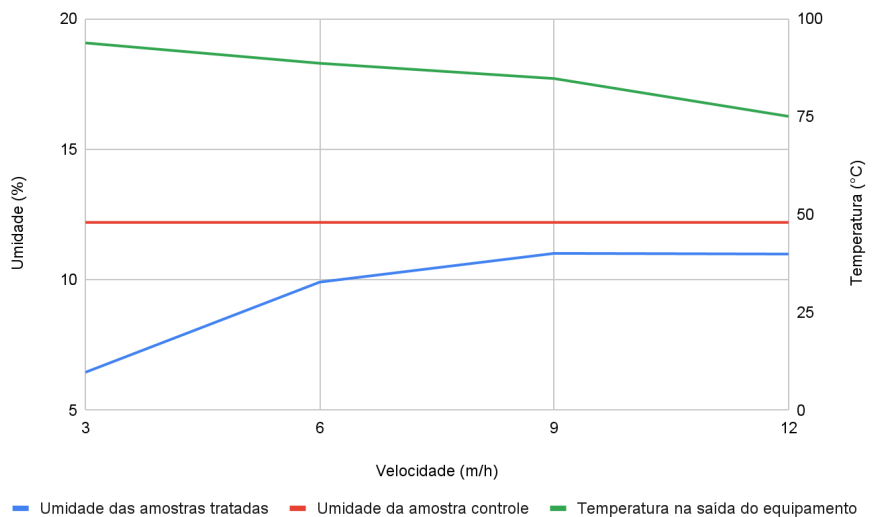
As propriedades de pasta foram determinadas em seis repetições no Rapid Visco Analyser (RVA), modelo 4500 (Perten, Suíça), conforme o método 76-21.01 da AACC (2010), utilizando o perfil operacional Extrusion 1. Foram obtidos os parâmetros viscosidade máxima, viscosidade mínima, quebra, viscosidade final, tendência à retrogradação, tempo até o pico e temperatura de pasta. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey, com nível de significância de 5%, utilizando o software RStudio Desktop 2021.09.1+372 para Windows 3.0.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme previsto, as amostras submetidas ao tratamento por radiofrequência em menores velocidades de esteira foram expostas a um aquecimento mais intenso. Esse comportamento foi confirmado tanto pelos valores de temperatura quanto pelos resultados de umidade das farinhas. No gráfico da Figura 2, observa-se que a temperatura das amostras (linha verde) foi mais elevada nas menores velocidades de processamento, sendo a maior temperatura registrada de 93,8 °C, obtida na condição de 3 m/h. Esse efeito térmico mais intenso também se refletiu na redução da umidade. De acordo com a linha azul do gráfico, as amostras tratadas nas menores velocidades apresentaram os

menores teores de umidade, atingindo valores próximos de $6,46 \pm 0,20$ %. Por outro lado, as farinhas processadas a 9 e 12 m/h foram as únicas que não diferiram estatisticamente entre si, além de apresentarem valores mais próximos à umidade inicial da farinha (linha vermelha). Ainda assim, ambas permaneceram estatisticamente diferentes da amostra controle.

Figura 2 - Gráfico de umidade (%) e temperatura (°C) das amostras de farinha de trigo tratadas.



Os resultados referentes à análise de cor instrumental encontram-se apresentados na Tabela 1. A avaliação do parâmetro ΔE mostra que, embora tenha havido diferenças estatisticamente significativas entre os parâmetros de cor das amostras, todos os tratamentos apresentaram valores de ΔE inferiores a 3. Isso indica que as variações observadas não são perceptíveis visualmente a olho nu (FRANCIS & CLYDESDALE, 1975).

Tabela 1 – Cor instrumental das farinhas com e sem tratamento (C).

Velocidade (m/h)	L*	a*	b*	ΔE
3	94,91 $\pm$ 0,39 b	0,63 $\pm$ 0,03	11,15 $\pm$ 0,84 a	0,98
6	95,22 $\pm$ 0,30 b	0,65 $\pm$ 0,05	11,57 $\pm$ 0,69 a	1,16
9	95,59 $\pm$ 0,15 a	0,66 $\pm$ 0,04	11,44 $\pm$ 0,22 a	0,95
12	95,62 $\pm$ 0,35 a	0,68 $\pm$ 0,07	11,31 $\pm$ 0,17 a	0,83
C	95,62 $\pm$ 0,25 a	0,65 $\pm$ 0,05	10,48 $\pm$ 0,26 b	-

Por fim, foram avaliadas as propriedades de pasta das farinhas de trigo tratadas e não tratadas. As curvas geradas no RVA foram reunidas em um único gráfico, apresentado na Figura 3. A partir dessa comparação, observa-se que o efeito do tratamento sobre as propriedades de pasta foi mais pronunciado nas menores velocidades de esteira. As amostras processadas a 6, 9 e 12 m/h apresentaram perfis muito semelhantes ao da farinha controle. Em contrapartida, o tratamento conduzido a 3 m/h foi o único que resultou em diferenças estatisticamente significativas, com elevação dos valores de viscosidade máxima, quebra e tendência à retrogradação, conforme mostrado na Tabela 2.

Do ponto de vista tecnológico, a condição de 3 m/h foi a que apresentou maior potencial de modificação funcional da farinha, uma vez que promoveu alterações mais evidentes nas propriedades de pasta sem provocar mudança visual perceptível na cor. Esse comportamento pode ser vantajoso em produtos de panificação nos quais a viscosidade, a estrutura da massa e a textura final sejam parâmetros relevantes, como biscoitos, crackers e bolos.

Figura 3 - Gráfico das propriedades de pasta (RVA) das amostras de farinha de trigo com e sem tratamento.

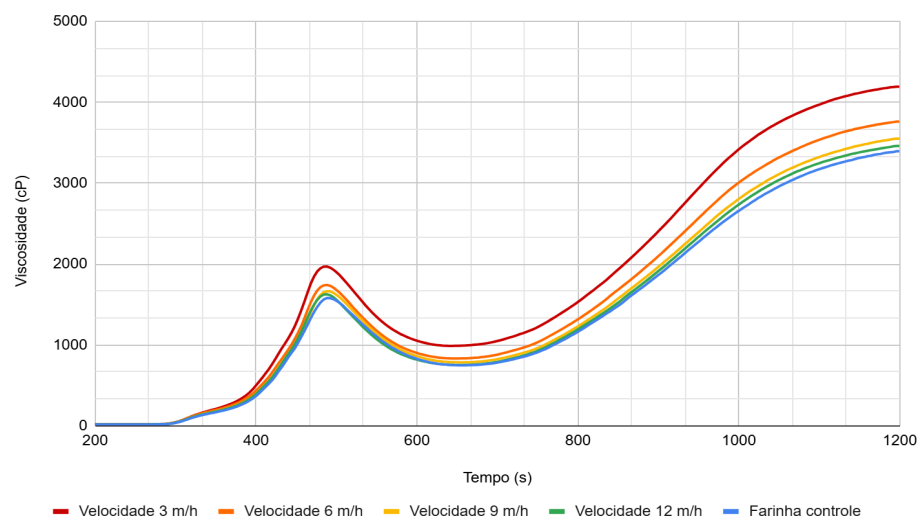


Tabela 2 – Propriedades de pasta das farinhas com e sem tratamento (C).			
Velocidade (m/h)	Viscosidade máxima (cP)	Quebra (cP)	Retrogradação (cP)
3	1980,67 ± 279,66 a	994,17 ± 88,20 a	3208,00 ± 371,80 a
6	1749,00 ± 53,89 b	917,67 ± 22,42 b	2930,83 ± 88,93 ab
9	1674,33 ± 61,05 b	890,00 ± 29,54 b	2767,00 ± 92,00 b
12	1636,33 ± 38,64 b	884,50 ± 23,50 b	2709,67 ± 59,66 b
C	1594,00 ± 43,82 b	846,00 ± 15,34 b	2647,00 ± 29,58 b

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que a radiofrequência tem potencial para modificar as propriedades de pasta da farinha de trigo, e possivelmente de outras matrizes amiláceas, sem causar alterações visuais expressivas na cor. As mudanças na viscosidade máxima, quebra e retrogradação sugerem aplicação tecnológica em produtos de panificação, como biscoitos, *crackers* e bolos, nos quais essas propriedades influenciam a textura e o processamento.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à CAPES e ao CNPq pelas bolsas concedidas, bem como à Condbras, pela disponibilização do equipamento de radiofrequência para a realização dos testes.

REFERÊNCIAS

AACC. *AACC International Approved Methods*. (2010) 11º ed. ed. [s.l.] : AACC International.

COSTA, J. M.; MARRA, F. Advances in Food Processing Through Radio Frequency Technology: Applications in Pest Control, Microbial and Enzymatic Inactivation. *Food Engineering Reviews*, v.16, p. 422-440, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12393-024-09372-8>.

BERMUDEZ-AGUIRRE, D.; NIEMIRA, B. A. Radio Frequency Treatment of Food: A Review on Pasteurization and Disinfestation. *Foods*, v. 12, n. 3057, p. 1-23, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12163057>.

FRANCIS, F. J.; CLYDESDALE, F. M. (1975). *Food colorimetry, theory and application*. AVI Publishing.