

AQUECIMENTO POR RADIAÇÃO INFRAVERMELHA: UMA NOVA TÉCNICA PARA PRODUÇÃO DE ARROZ DE COCÇÃO RÁPIDA

Silvia Naiane Jappe¹; Mirege Robaina Viviam²; Newiton da Silva Timm³; Henrique Passos Neutzling⁴; Gustavo Heinrich Lang⁵; Maurício de Oliveira⁶

Palavras-chave: tempo de cocção, arroz de cocção rápida, método industrial, tecnologias emergentes

INTRODUÇÃO

Com a finalidade de reduzir o tempo de cocção do arroz (*Oryza sativa* L.), vários métodos vêm sendo desenvolvidos. O método mais usual de preparo do arroz de cocção rápida (ACR) envolve a submissão dos grãos previamente hidratados ao cozimento em temperaturas que podem variar de 70-90°C por períodos de 7-30 min, seguido de uma etapa de secagem. Contudo, este processo pode acarretar em alterações na textura (aumento da dureza), na coloração e aumento dos grãos quebrados e/ou deformados, sendo características indesejáveis para o consumidor (BATISTA et al., 2019; LE et al., 2015).

O aquecimento por radiação infravermelha foi utilizado neste estudo como uma nova técnica para a produção de arroz polido e integral de cocção rápida (ACR) a partir de fissuras geradas nos grãos submetidos às temperaturas de 100, 125 e 150°C por 2, 6 e 10 min. O tempo de cocção, textura e perfil colorimétrico foram investigados. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi desenvolver uma nova técnica para a produção de arroz polido e integral de cocção rápida, utilizando aquecimento por radiação infravermelha.

MATERIAL E MÉTODOS

Grãos de arroz da cultivar Puitá foram colhidos na safra 2018/2019, em Pelotas. Os grãos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Os grãos de arroz em casca foram secos até um teor de água de 13% (base úmida) em secador de amostras com temperatura de 35°C. Após a secagem, os grãos foram armazenados a 5°C. Uma parte dos grãos foram descascados e outra parte foi descascada e polida usando um engenho de provas (PAZ-1-DTA, Zaccaria, Limeira, SP, Brasil).

Grãos de arroz após o descascamento (arroz integral) e após o descascamento e polimento (arroz polido) foram submetidos ao aquecimento por radiação infravermelha (Moisture Balance, Gibertini, modelo Crystaltherm, Itália) com potência de 300 W (equivalente a 38,19 kW/m² de intensidade de IR) nas temperaturas de 100, 125 e 150°C por 2, 6 e 10 min. Uma quantidade de 20 gramas de arroz inteiro foi adicionada à câmara de aquecimento, formando uma fina camada. As análises realizadas foram o tempo de cocção, parâmetros de cor, dureza e adesividade dos grãos de arroz cozidos.

O tempo de cocção das amostras foi determinado de acordo com o método descrito por Juliano e Bechtel (1985). Os parâmetros de cor foram determinados usando um colorímetro

¹ Graduanda em Agronomia, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (DCTA), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEl), Av. Eliseu Maciel, s/n - Capão do Leão, RS, 96160-000, Brasil, jappesilvia@gmail.com

² Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, viviamrege@gmail.com

³ Engenheiro Agrícola (UFPEl), Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEl) e Doutorando em Engenharia Agrícola (UFSM), Universidade Federal de Santa Maria, newiton.silva.timm@hotmail.com

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, henrique.neutzling@hotmail.com

⁵ Engenheiro Agrícola (UFPEl), Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEl), Universidade Federal de Pelotas, gustavo.heinrich@hotmail.com

⁶ Engenheiro Agrônomo (UFPEl), Mestre e Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFPEl), Universidade Federal de Pelotas, mauricio@labgraos.com.br

(Minolta, CR-310, Osaka, Japão), mensurando os parâmetros luminosidade (L^*) (100 = branco e 0 = preto) e o parâmetro b^* (positivo = amarelo e negativo = azul). A dureza e adesividade do arroz cozido foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Juliano e Bechtel (1985), através de um texturômetro (modelo TA.XTplus).

O experimento foi conduzido com delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (triplicata). A análise de variância (ANOVA) foi realizada a 5% de probabilidade para identificar a interação entre temperatura de aquecimento e tempo de exposição. Os efeitos simples para os dois fatores foram avaliados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo de cocção do arroz polido reduziu de 13,50 min a 100°C/2 min para 5,17 min a 150°C/10 min, de acordo com o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento com radiação infravermelha. Após a cocção, o ACR polido apresentou aspecto de soltabilidade, sendo esta característica desejada pela maioria dos consumidores brasileiros. A luminosidade do ACR polido aumentou de acordo com o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento com radiação infravermelha, variando de 64,43 a 100°C/2 min para 76,43 a 150°C/10 min. Nos grãos polidos, o aumento na temperatura de 100 para 125°C e 150°C aumentou o b^* apenas dos grãos submetidos ao aquecimento por 2 min. O aumento do tempo de exposição de 2 para 10 min aumentou o b^* apenas nas temperaturas de 100 e 150°C (Tabela 1).

O tempo de cocção reduziu de acordo com o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento com radiação infravermelha, reduzindo de 21,75 para 16,76 min nos grãos integrais submetidos à 150°C/10 min em comparação à 100°C/2 min (Tabela 2). Nos grãos integrais, a luminosidade aumentou conforme o aumento do tempo de aquecimento em todas as temperaturas avaliadas. O parâmetro b^* aumentou conforme o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento nos grãos de arroz integral, variando de 18,22 a 100°C/2 min para 21,25 a 150°C/10 min. A dureza aumentou apenas nos grãos integrais conforme o aumento da temperatura e do tempo de aquecimento, variando de 94,65 N à 100°C/2 min para 109,89 N à 150°C/10 min.

A redução do tempo de cocção está associada com o aumento na intensidade das fissuras, que foram observadas por imagens de microscopia eletrônica de varredura (resultados não apresentados) com ampliação de 1000x no arroz polido submetido à condição de 150°C/10 min. As fissuras são formadas em grãos ricos em amido, como arroz e milho, devido à sua natureza pouco “plástica” que não resiste às tensões geradas pelos gradientes de temperatura e umidade durante o aquecimento (LANG et al., 2018; TIMM et al., 2020). De acordo com Lang et al. (2018), a formação dessas fissuras favorece a absorção de água reduzindo o tempo de cocção do arroz.

A maior adesividade dos grãos polidos se deve à presença dessas fissuras, que facilita a lixiviação de macromoléculas durante a cocção, como o amido, carboidratos não amiláceos, proteínas e lipídios (BUI et al., 2018). De acordo com Ogawa et al. (2003), as fissuras presentes no endosperma dos grãos de arroz polido servem como microcanais para a migração de água durante a cocção, o que favorece o aumento de rompimentos das paredes celulares, e consequentemente um incremento na lixiviação de sólidos.

Possivelmente o aumento da intensidade do tratamento térmico favoreceu o amarelecimento dos grãos. Isso ocorreu devido à formação de melanoidinas e outros pigmentos escuros produzidos a partir de reações não-enzimáticas (DEVRAJ et al., 2019) e da degradação ou oxidação dos compostos fenólicos (LANG et al., 2020).

Tabela 1. Tempo de cocção, parâmetros cor (Luminosidade e b^*), dureza e adesividade do arroz polido

submetido a diferentes condições de aquecimento por radiação infravermelha.

Tempo de cocção (min)	Arroz Polido*		
	100°C	125°C	150°C
2 min	13,50 ± 0,23 ^{A,α}	12,48 ± 0,04 ^{A,α}	10,33 ± 0,47 ^{A,β}
6 min	10,73 ± 0,15 ^{B,α}	8,42 ± 0,12 ^{B,β}	5,79 ± 0,18 ^{B,γ}
10 min	9,04 ± 0,06 ^{C,α}	6,46 ± 0,06 ^{C,β}	5,17 ± 0,00 ^{B,γ}
Luminosidade			
2 min	64,43 ± 0,33 ^{C,β}	66,95 ± 1,29 ^{B,αβ}	68,95 ± 1,08 ^{B,α}
6 min	68,47 ± 0,67 ^{B,β}	73,99 ± 1,50 ^{A,α}	75,97 ± 0,50 ^{A,α}
10 min	71,82 ± 0,73 ^{A,β}	75,18 ± 0,39 ^{A,α}	76,43 ± 0,64 ^{A,α}
b*			
2 min	8,54 ± 0,00 ^{B,β}	9,23 ± 0,22 ^{A,α}	9,21 ± 0,12 ^{B,α}
6 min	8,90 ± 0,32 ^{AB,α}	9,51 ± 0,04 ^{A,α}	9,68 ± 0,15 ^{AB,α}
10 min	9,60 ± 0,22 ^{A,α}	9,67 ± 0,42 ^{A,α}	10,39 ± 0,48 ^{A,α}
Dureza (N)			
2 min	51,42 ± 0,35 ^{A,α}	52,06 ± 2,68 ^{A,α}	55,87 ± 0,93 ^{A,α}
6 min	52,38 ± 0,69 ^{A,α}	52,88 ± 3,95 ^{A,α}	54,41 ± 4,40 ^{A,α}
10 min	50,52 ± 2,45 ^{A,α}	50,36 ± 2,43 ^{A,α}	52,04 ± 3,57 ^{A,α}
Adesividade (g/seg)			
2 min	-52,73 ± 3,38 ^β	-61,25 ± 2,48 ^β	-87,27 ± 0,10 ^α
6 min	-51,62 ± 3,15 ^β	-73,07 ± 4,06 ^α	-73,40 ± 2,11 ^α
10 min	-56,45 ± 3,00 ^β	-65,86 ± 2,64 ^α	-69,86 ± 1,90 ^α

*As letras maiúsculas comparam os tempos de aquecimento e as letras gregas comparam as temperaturas de aquecimento pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Tempo de cocção, parâmetros cor (Luminosidade e b*), dureza e adesividade do arroz integral submetido a diferentes condições de aquecimento por radiação infravermelha.

Tempo de cocção (min)	Arroz Integral*		
	100°C	125°C	150°C
2 min	21,75 ± 0,35 ^{AB,α}	20,81 ± 0,11 ^{A,α}	18,83 ± 0,24 ^{A,β}
6 min	22,80 ± 0,28 ^{A,α}	20,42 ± 0,59 ^{A,β}	17,97 ± 0,52 ^{AB,γ}
10 min	21,13 ± 0,18 ^{B,α}	18,25 ± 0,35 ^{B,β}	16,76 ± 0,34 ^{B,γ}
Luminosidade			
2 min	61,43 ± 0,60 ^{B,α}	61,42 ± 1,06 ^{B,α}	62,40 ± 1,21 ^{B,α}
6 min	60,03 ± 1,17 ^{B,β}	63,76 ± 0,77 ^{AB,αβ}	67,07 ± 0,56 ^{A,α}
10 min	64,93 ± 0,03 ^{A,α}	65,45 ± 0,41 ^{A,α}	66,94 ± 1,57 ^{A,α}
b*			
2 min	18,22 ± 0,30 ^{B,β}	18,48 ± 0,05 ^{B,αβ}	19,26 ± 0,21 ^{B,α}
6 min	18,83 ± 0,19 ^{AB,γ}	19,87 ± 0,27 ^{A,β}	20,79 ± 0,19 ^{AB,α}
10 min	20,26 ± 0,61 ^{A,α}	19,84 ± 0,23 ^{A,α}	21,25 ± 0,62 ^{A,α}
Dureza (N)			
2 min	94,65 ± 1,78 ^{B,β}	101,28 ± 6,89 ^{B,αβ}	106,84 ± 3,15 ^{A,α}
6 min	99,68 ± 4,23 ^{AB,β}	105,99 ± 4,54 ^{AB,αβ}	109,22 ± 0,79 ^{A,α}
10 min	107,79 ± 0,82 ^{A,α}	108,51 ± 1,35 ^{A,α}	109,89 ± 3,07 ^{A,α}
Adesividade (g/seg)			
2 min	-18,91 ± 1,27 ^α	-16,96 ± 4,88 ^α	-13,43 ± 2,13 ^α
6 min	-18,04 ± 1,98 ^α	-14,26 ± 1,22 ^α	-13,43 ± 4,58 ^α
10 min	-20,64 ± 0,54 ^α	-19,48 ± 5,47 ^α	-15,97 ± 3,54 ^α

*As letras maiúsculas comparam os tempos de aquecimento e as letras gregas comparam as temperaturas de aquecimento pelo teste de Tukey.

O aquecimento por radiação infravermelha formou fissuras nos grãos crus de arroz polido e

integral, que aumentaram de intensidade conforme o aumento da temperatura de aquecimento e do tempo de irradiação. Consequentemente, o aumento da intensidade das fissuras favoreceu a absorção de água, reduzindo o tempo de cocção. No entanto, o aumento da temperatura e do tempo de exposição aumentou os grãos gessados e o amarelecimento dos grãos crus, sendo que após a cocção o ACR polido apresentou maior adesividade e o ACR integral apresentou maior dureza. A proposta deste estudo envolve apenas o aquecimento direto dos grãos crus por radiação infravermelha e se mostrou uma técnica interessante para a redução do tempo de cocção.

CONCLUSÃO

A técnica proposta por este estudo na condição de 150°C/6 min demonstrou ser promissora para a produção de ACR polido com tempo de cocção de 5,79 min, sem a presença de grãos quebrados ou deformados. Por outro lado, o tempo de cocção mínimo do ACR integral obtido na condição de 150°C/10 min foi de 16,16 min.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Unidade EMBRAPII InovaAgro-UFPEL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, C.S.; SANTOS, J.P.; DITTCGEN, C.L.; COLUSSI, R.; BASSINELLO, P.Z.; ELIAS, M.C.; VANIER, N.L. Impact of cooking temperature on the quality of quick cooking brown rice. *Food Chemistry*, v. 286, p. 98-105, 2019.
- BUI, L.T.T.; COAD, R.A.; STANLEY, R.A. Properties of rehydrated freeze dried rice as a function of processing treatments. *LWT - Food Science and Technology*, v. 91, p. 143-150, 2018.
- DEVRAJ, L.; NATARAJAN, V.; RAMACHANDRAN, S.V.; MINACAKAM, L.; SARVANAN, S. Influence of microwave heating as accelerated aging on physicochemical, texture, pasting properties, and microstructure in brown rice of selected Indian rice varieties. *Journal of Texture Studies*, p. 1-17, 2019.
- JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: CHAMPAGNE, E.T. (Org.). *Rice: Chemistry and Technology*. New Orleans, MN, USA: American Association of Cereal Chemistry, 1985. p. 17-57.
- LANG, G.H.; LINDEMANN, I.S.; FERREIRA, C.D.; POHNDORF, R.S.; VANIER, N.L.; OLIVEIRA, M. Influence of drying temperature on the structural and cooking quality properties of black rice. *Cereal Chemistry*, v. 95, p. 564-574, 2018.
- LANG, G.H.; LINDEMANN, I.S.; GOEBEL, J.T.; FERREIRA, C.D.; ACUNHA, T.S.; OLIVEIRA, M. Fluidized-bed drying of black rice grains: Impact on cooking properties, in vitro starch digestibility, and bioaccessibility of phenolic compounds. *Journal of Food Science*, v. 85, p. 1717-1724, 2020.
- LE, T.Q.; JITTANIT, W. Optimization of operating process parameters for instant brown rice production with microwave-followed by convective hot air drying. *Journal of Stored Products Research*, v. 61, p. 1-8, 2015.
- OGAWA, Y.; GLENN, G.M.; ORTS, W.J.; WOOD, D.F. Histological structures of cooked rice grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, p. 7019–7023, 2003.
- TIMM, N.S.; LANG, G.H.; FERREIRA, C.D.; POHNDORF, R.S.; OLIVEIRA, M. Infrared radiation drying of parboiled rice: Influence of temperature and grain bed depth in quality aspects. *Journal of Food Process Engineering*, v. 43, p. e13375, 2020.