

EFEITOS DO TEMPO E DA TEMPERATURA DE AQUECIMENTO POR RADIAÇÃO INFRAVERMELHA SOBRE O TEMPO DE COCÇÃO E DIGESTIBILIDADE DE ARROZ DE COCÇÃO RÁPIDA

SILVIA NAIANE JAPPE¹; BETINA BUENO PERES²; LÁZARO DA COSTA CORRÊA CAÑIZARES³; NEWITON DA SILVA TIMM⁴; GUSTAVO HEINRICH LANG⁵; MAURÍCIO DE OLIVEIRA⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – jappesilvia@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – betinabuenop@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – lazarocoosta@hotmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – newiton.silva.timm@hotmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – gustavo.heinrich@hotmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – mauricio@labgraos.com.br*

1. 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 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). O tempo cocção é uma das principais propriedades tecnológicas que afeta a escolha e o consumo doméstico de arroz (OLIVEIRA e AMATO, 2021).

Neste sentido, o aquecimento por radiação infravermelha foi utilizado neste estudo como uma nova técnica para a produção de arroz polido e integral de cocção rápida a partir de fissuras geradas nos grãos submetidos às temperaturas de 100, 125 e 150°C por 2, 6 e 10 min. Dessa forma, este estudo objetivou avaliar o tempo de cocção e a digestibilidade do arroz polido e integral de cocção rápida produzido a partir do aquecimento por radiação infravermelha.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados grãos de arroz da cultivar Puitá e o experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) 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 Crystalmtherm, 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 e digestibilidade dos grãos de arroz cozidos.

O tempo de cocção das amostras foi determinado de acordo com o método descrito por JULIANO; BECHTEL (1985). Para a determinação da digestibilidade, foi utilizada uma amostra de 25 gramas de arroz, cozida nos tempos de cozimento previamente determinados na análise do tempo de cozimento. Em seguida, 30 g de arroz cozido foram pesados e fragmentados mecanicamente por 1s usando um liquidificador doméstico (Osterizer Blender Classic, Chicago, EUA) para simular a mastigação, conforme TAMURA et al. (2017). O modelo simulado de digestão gastrointestinal *in vitro* foi estabelecido conforme descrito por DARTOIS et al. (2010). Os resultados foram representados como uma porcentagem de hidrólise do amido e a cinética da hidrólise do amido durante a digestão simulada do intestino delgado, sendo calculada conforme descrito por GOÑI et al. (1997).

O experimento foi conduzido pelo 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.

3. 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. 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 1).

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.

Tabela 1. Tempo de cocção do arroz polido e integral submetidos à diferentes condições de aquecimento por radiação infravermelha

Tempo	Temperatura (°C)		
	100	125	150
<i>Arroz polido*</i>			
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}
<i>Arroz integral*</i>			
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}

*As letras maiúsculas compararam os tempos de aquecimento e as letras gregas compararam as temperaturas de aquecimento pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

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. 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.

As curvas de digestibilidade do amido estão apresentadas na Figura 1. Neste estudo, possivelmente o acesso das enzimas ao substrato foi favorecido pelo aumento na intensidade das fissuras que causaram uma maior desestruturação dos grãos durante a simulação da mastigação. Segundo LEHMANN; ROBIN (2007), a digestão do amido ocorre em três fases: difusão enzimática em direção ao substrato, formação do complexo enzima-substrato e o evento hidrolítico.

Em ambos os tratamentos, os grãos de arroz integral apresentaram k_e e C_{∞} do amido inferiores aos grãos polidos (Tabela 2). Estes resultados já eram esperados devido à maior presença de lipídeos, proteínas e compostos fenólicos presentes no farelo do arroz, que são capazes de reduzir a digestibilidade dos grãos por meio de complexos com o amido ou interagir diretamente com as enzimas amilases reduzindo a sua atividade durante a fase intestinal (15-180 min) (TOUTOUNJI et al., 2019).

A proposta deste estudo envolve apenas o aquecimento direto dos grãos crus por radiação infravermelha e se mostrou uma técnica promissora para a redução do tempo de cocção (Tabela 1), mas além disso, o aumento na digestibilidade (Tabela 2) pode ser aplicado em produtos destinados para grupos que apresentam dificuldades digestivas.

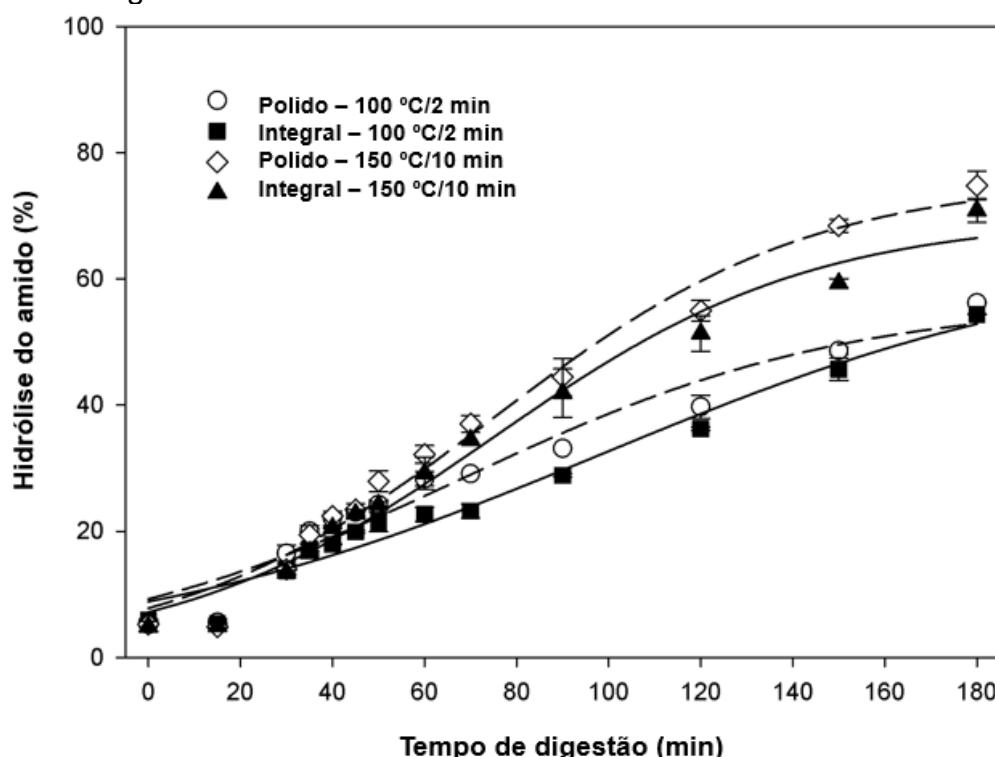


Figura 1. Curvas de digestibilidade do amido no arroz integral e polido submetidos à irradiação por 100°C/2min e 150°C/10 min

Tabela 2. Percentual de equilíbrio da hidrólise (C_{∞}) e da constante cinética (k) de arroz polido e integral submetidos à diferentes condições de aquecimento por radiação infravermelha

Tratamento	C_{∞} (%)	$k \times 10^{-3}$
<i>Arroz polido*</i>		
100°C/2 min	57,24 ± 0,58 ^{A,β}	5,17 ± 0,46 ^{A,β}
150°C/10 min	80,53 ± 3,23 ^{A,α}	8,62 ± 0,01 ^{A,α}
<i>Arroz integral*</i>		
100°C/2 min	53,16 ± 1,41 ^{B,β}	3,77 ± 0,17 ^{B,β}
150°C/10 min	70,52 ± 4,64 ^{B,α}	4,96 ± 0,27 ^{B,α}

*As letras maiúsculas compararam o tipo de arroz e as letras gregas compararam os tratamentos pelo teste t ($P < 0,05$).

4. CONCLUSÕES

A técnica proposta por este estudo na condição de 150°C/6 min demonstrou-se eficiente para a produção de arroz polido de cocção rápida com tempo de cocção de 5,79 min, com uma redução superior a 50% do tempo de cocção, sem a presença de grãos quebrados ou deformados. Por outro lado, o tempo de cocção mínimo para o arroz integral obtido na condição de 150°C/10 min foi de 16,76 min. A velocidade de digestão (k) e o amido total digerido (C_{∞}) foram maiores no polido e no integral submetidos à condição de 150°C/10 min em comparação com 100°C/2 min.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, C.S.; SANTOS, J.P.; DITTCEN, 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.
- DARTOIS, A.; SINGH, J.; KAUR, L.; SINGH, H. Influence of guar gum on the in vitro starch digestibility-rheological and microstructural characteristics. **Food Biophysics**, p.149-160, 2010.
- GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v.17, p.427-437, 1997.
- 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, p.17-57, 1985.
- LANG, G.H.; LINDEMANN, I.S.; FERREIRA, C.D.; POHDNDRF, 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.
- LEHMANN, U.; ROBIN, F. Slowly digestible starch – its structure and health implications: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, p.346-355, 2007.
- OLIVEIRA, M.; AMATO, G. W. (Org.). Arroz: tecnologia, processos e usos. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2021, v.1, 218p.
- TAMURA, M.; OKAZAKI, Y.; KUMAGAI, C.; OGAWA, Y. The importance of an oral digestion step in evaluating simulated in vitro digestibility of starch from cooked rice grain. **Food Research International**, v.94, p.6-12, 2017.
- TIMM, N.S.; LANG, G.H.; FERREIRA, C.D.; POHDNDRF, 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.
- TOUTOUNJI, M. R.; FARAHNAKY, A.; SANTHAKUMAR, A. B.; OLI, P.; BUTARDO, V. M.; BLANCHARD, C. L. Intrinsic and extrinsic factors affecting rice starch digestibility. **Trends in Food Science & Technology**, v.88, p.10-22, 2019.