

DIGESTIBILIDADE E ÍNDICE GLICÊMICO DE AMIDO DE ARROZ MODIFICADO POR TRATAMENTO TÉRMICO DE BAIXA UMIDADE E COMPLEXADO COM ÓLEO DE ABACATE VIA MICRO-ONDAS

SABRINA FEKSA FRASSON¹; ROSANA COLUSSI²; CARLA ROSANE BARBOZA MENDONÇA³

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

²Universidade Federal de Pelotas – *rosana_colussi@yahoo.com.br*

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

1. INTRODUÇÃO

A modificação do amido é empregada para superar limitações e melhorar as características funcionais e nutricionais, ampliando as possibilidades de aplicação na indústria de alimentos (ZIA-UD-DIN et al., 2017). A modificação física denominada tratamento térmico de baixa umidade (TTBU) ocorre quando o amido é submetido a temperaturas acima da temperatura de gelatinização com umidade insuficiente para completa gelatinização dos grânulos, preservando a estrutura granular. A modificação via micro-ondas provoca o aquecimento rápido e uniforme de todo o material (DAS; SIT, 2021).

Através da modificação do amido por TTBU pode ocorrer a formação do complexo de inclusão entre lipídio e amilose (CHEN et al., 2017). Alguns pontos positivos que se destacam na formação desses complexos de inclusão é a redução da digestibilidade, melhora na qualidade e no valor nutricional dos alimentos à base de amido, e a potencial aplicação como substituto da gordura no desenvolvimento de alimentos com baixas calorias (WANG et al., 2020).

O óleo de abacate (OA) tem despertado crescente interesse na indústria alimentícia, principalmente pelo conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados, que está associado a benefícios ao sistema cardiovascular e efeitos anti-inflamatórios. Assim, a utilização desse óleo para produção de complexos de inclusão com o amido e o OA via TTBU pode ser uma alternativa interessante, resultando em melhores características do amido e enriquecimento nutricional do produto. Considera-se que os amidos modificados abrem o leque de possibilidades e aplicabilidades na elaboração de produtos alimentícios e ainda promovem benefícios à saúde. O objetivo deste estudo foi modificar amido de arroz pelo emprego de TTBU com diferentes concentrações de OA para formação de complexos de inclusão, através de micro-ondas, e avaliar os parâmetros nutricionais dos amidos modificados.

2. METODOLOGIA

2.1 Amostra

Para a realização do presente estudo foi utilizada farinha de arroz, cedida pela Empresa Cerealle (Pelotas/RS). Óleo de abacate, da variedade Breda, extraído por centrifugação da polpa, doado por um produtor de São Sebastião do Paraíso/MG. Reagentes de grau de pureza analítica. Amido de arroz extraído com solução de NaOH 0,18%, de conforme descrito por (WANG, L.; WANG, 2004).

2.2 Modificação do amido de arroz por TTBU

A modificação do amido por TTBU foi realizada segundo o método descrito por HORMDOK e NOOMHORM (2007) com modificações. No amido de arroz (30% umidade) foi adicionada a quantidade de OA para cada concentração desejada (2,

4 e 8% p/p, respectivamente), procedida a homogeneização por 5 min. No microondas (*Discover Proteomics*, CEM Corporation®, EUA), o amido foi acondicionado e aquecido a 50 °C por 3 min, 150 W, 100 mPa. Todas as amostras foram secas em estufa de circulação de ar a 40 °C por 24 h, moídas com auxílio de gral e pistilo, acondicionadas em embalagem plástica com fechamento *ziplock* e identificadas.

2.3 Digestibilidade *in vitro*

A digestão *in vitro* foi simulada de acordo com método proposto por DARTOIS et al. (2010), utilizando modelo simulado de digestão de duas fases, em condições gástricas e do intestino delgado. Alíquotas de 0,5 mL foram retiradas nos tempos 0, 15 e 30 min de digestão durante a fase gástrica e a 0, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 min de digestão durante fase intestinal. As amostras foram incubadas com 1 mL da solução de amiloglicosidase/invertase como descrito por BORDOLOI et al. (2012); DARTOIS et al. (2010) e GOÑI et al. (1997), antes de analisar o teor de glicose, utilizando o ensaio *D-glucose assay* (*D-glucose*, Megazyme International Ireland Ltd). Os resultados foram expressos como % hidrólise do amido.

2.4 Índice glicêmico estimado

O índice glicêmico estimado (IGe) foi calculado de acordo com método proposto por GOÑI et al., (1997), utilizando a cinética da hidrólise do amido, a curva de liberação da glicose obtida na digestibilidade *in vitro*, e o índice de hidrólise.

2.5 Análise estatística

Os resultados foram expressos em médias e desvio padrão, sendo a comparação entre as amostras realizada por meio de análise de variância, e teste de Tukey, ao nível de 5% de significância pelo programa *Statística 7.1*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A digestibilidade é dividida em duas fases: primeiramente a fase gástrica (G) que dura 30 min, e após a fase intestinal (I) com duração de 180 min. Na Fig. 1 estão apresentados os percentuais de hidrólise dos amidos modificados com três teores diferentes de OA, comparativamente ao amido de arroz nativo. O amido não foi digerido, independente da via de modificação, durante os 30 primeiros min de digestão gástrica, devido à ausência de enzimas que o hidrolisasse. Quando adicionado o suco intestinal ao sistema (I0), imediatamente, obteve-se o início da hidrólise das amostras ($p > 0,05$).

Nos 5 min da digestão intestinal (I5) observou-se que o amido Nativo e o M0% produziram os maiores percentuais de hidrólise, não diferindo significativamente entre si. Com o aumento do tempo de digestão nas condições intestinais, pode-se observar que o Nativo foi hidrolisado mais rapidamente, enquanto nas amostras modificadas o processo foi mais lento. No tempo final sob condições intestinais simuladas (I120), o amido Nativo mostrou maior percentual de hidrólise, 92,49% ($p < 0,05$), já o tratamento M8% foi o que resultou em menor hidrólise no tempo final, 62,75% ($p < 0,05$), as demais amostras mostraram resultados semelhantes, não diferindo estatisticamente ($p < 0,05$).

A amostra do tratamento M8% apresentou redução de aproximadamente 29,74% na hidrólise final, quando comparada com o amido Nativo. Essa baixa liberação de glicose sugere que o processo de modificação por TTBU com a presença de OA promove a formação de amido resistente e amido de digestão lenta. HE et al. (2020), após a adição dos ácidos oleico e linoleico ao amido de arroz também observaram redução na digestibilidade.

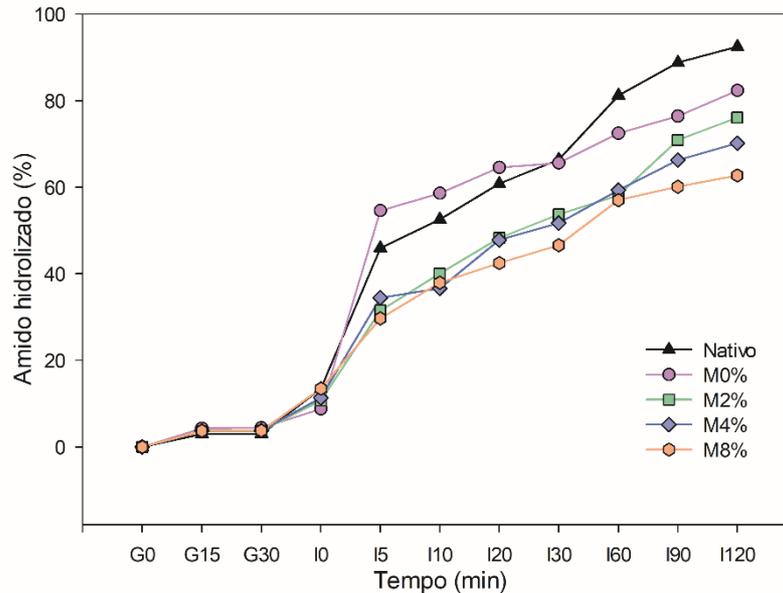


Figura 1. Digestibilidade de amido de arroz nativo e modificado com TTBU via micro-ondas, contendo diferentes teores de OA; G = tempo sob condições gástricas simuladas; I = tempo sob condições intestinais simuladas.

De acordo com a Tab. 1, pode-se observar que a modificação do amido por TTBU em micro-ondas com adição de OA influenciou significativamente nos resultados do índice glicêmico estimado (IGe). O teor de amido hidrolisado (C^∞) em 180 min foi de 92,49% para o Nativo, diminuindo gradativamente com o aumento do conteúdo de OA, sendo 62,75% para M8%, estes resultados indicam uma significativa redução da digestibilidade dos amidos modificados com TTBU com maiores teores de OA. A redução da digestibilidade torna-se bastante interessante pois terá menor resposta insulínica do organismo, condição ideal para prevenir doenças crônicas não transmissíveis e para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

Os valores das constantes cinéticas (k) refletem na taxa de hidrólise do amido. Os valores de k mostraram-se inversamente proporcionais ao IGe. À medida que a concentração de OA foi aumentando os valores de IGe foram reduzindo gradativamente, e os valores de k mostraram o comportamento oposto. O índice de hidrólise (IH) seguiu o mesmo padrão de IGe, reduzindo no tratamento M8% para 60,62. Os amidos Nativo e M0% mostraram os maiores IGe, 84,50 e 82,78 respectivamente. Foi possível observar a redução do IGe no tratamento por micro-ondas, com o aumento do conteúdo de OA.

Tabela 1. Resultados da digestibilidade do amido de arroz nativo e modificado por TTBU via micro-ondas, contendo diferentes teores de OA, em condições simuladas.

Amostra	C^∞ (%) ¹	k (min ⁻¹)	IH	Ige
Nativo	92,494 ± 1,85 a	0,032 ± 0,01 c	81,578 ± 1,63 a	84,496 ± 0,89 a
M0%	82,365 ± 0,70 b	0,051 ± 0,00 ab	78,460 ± 0,66 a	82,784 ± 0,37 a
M2%	76,093 ± 0,02 c	0,047 ± 0,00 b	71,597 ± 0,02 b	79,038 ± 0,01 b
M4%	70,224 ± 0,88 d	0,052 ± 0,00 ab	67,035 ± 0,84 c	76,512 ± 0,46 c
M8%	62,749 ± 0,83 e	0,058 ± 0,00 a	60,618 ± 0,80 d	72,989 ± 0,44 d

¹em 180 min. Valores acompanhados por letra diferente na mesma coluna para cada propriedade diferem estatisticamente (p < 0,05).

O amido modificado neste estudo continuou com o IGe alto, porém apresentou redução estatisticamente significativa. Provavelmente, a adição do óleo de abacate no TTBU do amido de arroz, restringiu o inchaço do grânulo e, conseqüentemente, diminuiu a digestibilidade e o IGe. FAROOQ et al. (2018) também identificaram redução na digestibilidade e IG de quatro amidos de arroz com teores de amilose diferentes, homogêneos com 10% de óleo de palma e posteriormente gelatinizados. A redução do IGe de um alimento é muito benéfica para alimentação humana, ajudando a prevenir e tratar doenças crônicas não transmissíveis.

4. CONCLUSÕES

O amido modificado via micro-ondas com 8% de OA apresentou menor digestibilidade *in vitro*. Houve uma redução significativa do IGe em todos os tratamentos, comparativamente ao amido nativo, alcançando 30% de redução na amostra M8%. Assim, a modificação física e química executada permitiu a produção de amido com características diferenciadas, que após cozimento proporciona tanto uma menor digestibilidade *in vitro*, quanto uma menor taxa de liberação de glicose ao longo da digestão, podendo ser uma técnica de processamento de alimentos para consumidores que necessitam de uma menor e mais lenta digestão do amido.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORDOLOI, A.; KAUR, L.; SINGH, J. Parenchyma cell microstructure and textural characteristics of raw and cooked potatoes. **Food Chemistry**, v.133, n.4, p.1092–1100, 2012.
- CHEN, X.; HE, X.; FU, X.; ZHANG, B.; HUANG, Q. Complexation of rice starch/flour and maize oil through heat moisture treatment: Structural, *in vitro* digestion and physicochemical properties. **Int. J. Biol. Macromol**, v. 98, p. 557–564, 2017.
- DARTOIS, A.; SINGH, J.; KAUR, L.; SINGH, H. Influence of guar gum on the *in vitro* starch digestibility - rheological and microstructural characteristics. **Food Biophysics**, v. 5, n. 3, p. 149–160, 2010.
- DAS, A.; SIT, N. Modification of taro starch and starch nanoparticles by various physical methods and their characterization. **Starch**, v. 73, n. 5–6, p. 1–8, 2021.
- FAROOQ, A.M.; DHITAL, S.; LI, C.; ZHANG, B.; HUANG, Q. Effects of palm oil on structural and *in vitro* digestion properties of cooked rice starches. **Int. J. Biol. Macromol**, v. 107, p. 1080–1085, 2018.
- GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nut. Research**, v. 17, n. 3, p. 427–437, 1997.
- HE, H.; ZHENG, B.; WANG, H.; LI, X.; CHEN, L. Insights into the multi-scale structure and *in vitro* digestibility changes of rice starch-oleic acid/linoleic acid complex induced by heat-moisture treatment. **Food Research Int.**, v.137, 2020.
- HORMDOK, R.; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT**, v. 40, n. 10, p. 1723–1731, 2007.
- WANG, L.; WANG, Y. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 291–296, 2004.
- WANG, S.; CHAO, C.; CAI, J.; NIU, B.; COPELAND, L.; WANG, S. Starch–lipid and starch–lipid–protein complexes: A comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2020.
- ZIA-UD-DIN, X.H.; FEI, P. Physical and chemical modification of starches: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 12, p. 2691–2705, 2017.