

## Área: Tecnologia Alimentos

### SUSCEPTIBILIDADE ENZIMÁTICA DE AMIDO DE FEIJÃO CARIOCA NATIVO E MODIFICADO

Vânia Zanella Pinto, Mariana Dias Antunes\*, Rosana Colussi, Julia Baranzelli, Dianini Kringel, Luciana Prietto, Alvaro Renato Guerra Dias

Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

\*e-mail: [mariidiasantunes@hotmail.com](mailto:mariidiasantunes@hotmail.com)

**RESUMO** – O segmento de novos produtos e produtos inovadores é um campo estratégico na indústria de alimentos e a utilização de ingredientes tais como o amido é uma prática amplamente difundida. Além disso, o amido pode apresentar características de interesse na sua forma nativa, baixo índice glicêmico e considerável teor de amido resistente, mas também pode não se adaptar às condições de processamento. Para isso o emprego de modificações como estratégia pode ser a solução. Com isso, objetivou-se a modificação de amido de feijão Carioca através do tratamento térmico de baixa umidade sob diferentes temperaturas (100°C e 120°C). Avaliou-se as alterações promovidas pelo tratamento térmico de baixa umidade em amido de feijão carioca nas propriedades de pasta e na susceptibilidade a enzima  $\alpha$ -amilase pancreática. O tratamento térmico de baixa umidade em amido de feijão Carioca não altera a susceptibilidade deste amido à hidrólise da enzima  $\alpha$ -pancreática. Com isso, é possível inferir que o amido de feijão Carioca pode apresentar baixo índice glicêmico e teores consideráveis de amido resistente. Por outro lado, a modificação física reduz o poder inchamento e a solubilidade deste amido. Além disso, a temperaturas mais elevada, empregada na modificação, favorece a redução do poder de inchamento e da solubilidade do amido feijão Carioca.

**Palavras chaves:** hidrólise enzimática, modificação hidrotérmica, *Phaseolus vulgaris* L.

## 1 INTRODUÇÃO

O segmento de novos produtos e produtos inovadores é um campo estratégico na indústria de alimentos. Com o aumento dos desafios e tendências ligadas a saúde e nutrição, os consumidores não estão interessados unicamente nos aspectos do alimento, mas também nos benefícios do consumo regular ou a exclusão de determinados alimentos da dieta (APARICIO-SAGUILÁN et al., 2007; HOOVER, 2010). Uma vez que o amido é o carboidrato mais importante na dieta humana e serve como fonte de energia, levando-se em conta o seu valor nutricional e digestibilidade (LI; GAO, 2010). Os amidos de leguminosas, tais como os feijões, são conhecidos por exibirem baixo índice glicêmico, quando comparado com amidos de

cereais e tubérculos, pois apresentam elevado teor de amilose, grande quantidade de fibra dietética solúvel que interage entre as cadeias de amilose (HOOVER; ZHOU, 2003).

O feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente produzido e consumido no Brasil (AIDAR, 2003; CARVALHO et al., 2012). Em função da elevada produtividade e sazonalidade, os grãos de feijão são armazenados por longos períodos e tendem a perder qualidade tecnológica. Além disso, os feijões quebrados, decorrentes dos processos de colheita e pós-colheita apresentam o mesmo valor nutricional dos grãos inteiros, no entanto possuem baixo valor comercial e aceitação sensorial, bem como apresentam tendência a sofrer reações físicas e químicas, indicando assim a necessidade do seu consumo em menor tempo (CARVALHO et al., 2012). Como forma de agregar valor a estes grãos, muitas vezes considerados coprodutos, o fracionamento dos seus componentes, tais como amido e proteínas, tem se demonstrado uma alternativa plausível (VANIER, 2012) bem como a modificação deste amido (ZAVAREZE; DIAS, 2011).

No desenvolvimento de produtos, os amidos são amplamente utilizados, no entanto, amidos de leguminosas apresentam poucos registros de aplicações. Tais restrições são devido à baixa disponibilidade de amidos desta origem, bem como às suas características de restrito poder de inchamento, elevadas temperaturas de gelatinização e elevada sinérese, além da resistência a hidrólise enzimática (HOOVER et al., 2010).

O tratamento térmico em baixa umidade (TTBU) é uma técnica de modificação física, em que os grânulos de amido são condicionados a baixos níveis de umidade (15-30%) e aquecidos a temperaturas acima da transição de vitrea ( $T_g$ ) e acima da temperatura de gelatinização (85-120°C), por diferentes períodos de tempo (15 min a 16h). Esta modificação apresenta como parâmetros críticos de controle do teor de umidade, da temperatura e do tempo de aquecimento (HOOVER, 2010; ZAVAREZE; DIAS, 2011). De forma geral, o TTBU não promove alterações na estrutura molecular, mas reduz a viscosidade e a tendência a retrogradação da maioria dos amidos, bem como, o poder de inchamento e a lixiviação da amilose dos grânulos, aumento na faixa de temperatura de gelatinização, susceptibilidade enzimática e formação de amido resistente em algumas fontes botânicas.

Com isso, objetivou-se avaliar as alterações promovidas pelo tratamento térmico de baixa umidade em amido de feijão carioca nas propriedades de pasta e na susceptibilidade a enzima  $\alpha$ -amilase pancreática.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

Os grãos de feijão Carioca foram adquiridos no comércio local da Cidade de Pelotas, RS, no ano de 2012. O amido de feijão Carioca foi extraído conforme descrito por Rupollo et al. (2011), com 99% de pureza e contendo 39% de amilose, esta verificada conforme método descrito por Bertoft et al. (2008). A enzima  $\alpha$ -amilase de origem pancreática EC 3.2.1.1 com atividade superior a  $\geq 15$  units/mg (Sigma Aldrich (St Louis, MO, USA) Todos os demais reagentes empregados na pesquisa foram de grau analítico (ACS).

### 2.2 Métodos

O tratamento térmico de baixa umidade foi realizado conforme descrito por (PINTO et al., 2015). O poder de inchamento e a solubilidade dos amidos foram realizados conforme descrito por Leach, Mcwen, Schoch, (1959) e realizados em triplicata.

A susceptibilidade enzimática dos amidos nativo e modificados de feijão Carioca foi realizada segundo o método descrito por Foresti et al. (2014) com modificações. Uma amostra de amido (1 g) foi pesada e dispersa em 50 mL de tampão fosfato de sódio 0,1 M pH 6,9 contendo 25 nM de NaCl e 5 nM de CaCl<sub>2</sub>, e  $\alpha$ -amilase pancreática, seguidas de incubação à 37 °C sob agitação magnética constante. A cada intervalo de tempo de reação (30, 60, 180, 360, 1440 min) foram retiradas alíquotas (1 mL), centrifugadas durante 5 min a 5000 rpm e adequadamente diluída de modo a verificar o comportamento da hidrólise, através da determinação de açúcares redutores (método de DNS) usando glicose como padrão. A extensão da hidrólise do amido (%) em cada intervalo de reação foi calculada como a quantidade (g) de equivalentes de glicose libertada por grama de amido seco.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O poder de inchamento e a solubilidade dos amidos nativo e modificados de feijão Carioca estão apresentados na Tabela 1. O TTBU reduziu o poder de inchamento dos grânulos de amido, sendo que o tratamento mais intenso resultou no menor poder de inchamento. Estes resultados estão de acordo com o verificado por Li; Gao (2010) que estudaram amido de feijão Mung modificado por TTBU utilizando diferentes umidades durante o tratamento e Sun et al. (2013) que estudaram diferentes tempos e temperaturas do TTBU em amido de arroz.

As principais atribuições para este fenômeno são a organização cristalina dos grânulos na forma radial e conteúdo de amilose, os quais não favorecem a absorção, bem como interações amilose-amilose e amilose-amilopectina (HOOVER; VASANTHAN, 1994), redução da mobilidade das cadeias e a formação de complexos amilose-lipídio (HOOVER, 2010; VARATHARAJAN et al., 2010; ZAVAREZE; DIAS, 2011). Com isso, estes parâmetros fornecem uma evidência da magnitude de interação entre as cadeias do amido no interior das regiões amorfa e cristalina (KAUR; SANDHU; LIM, 2010).

**Tabela 1** Poder de inchamento e solubilidade de amido de feijão Carioca nativo e modificados com tratamento térmico de baixa umidade

Tratamento*	Poder de inchamento (g/g)	Solubilidade (%)
Amido Nativo	11,03 <sup>a</sup>	3,50 <sup>a</sup>
Amido TTBU 100	10,08 <sup>b</sup>	2,57 <sup>b</sup>
Amido TTBU 120	9,58 <sup>c</sup>	2,78 <sup>b</sup>

\*Os resultados são a média de três determinações. Letras minúsculas diferentes, na mesma diferem estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

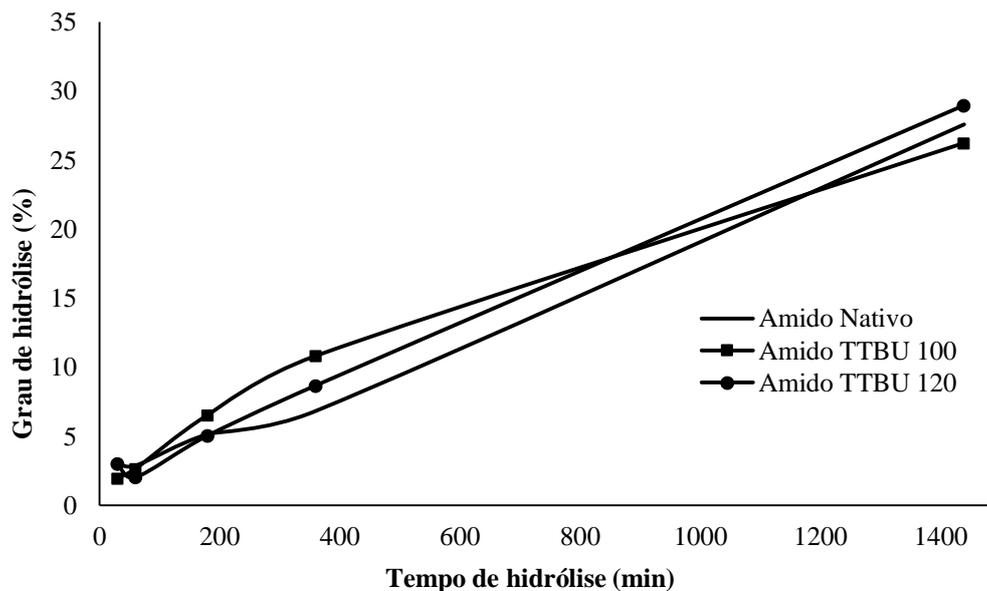
A solubilidade do amido a 90°C é o resultado da dissociação de amilose do grânulo e difusão para fora do mesmo durante o intumescimento do grânulo. Esta lixiviação resulta na transição da estrutura

organizacional do interior do grânulo, passando de uma fase organizada para uma fase não organizada (TESTER e MORRISON, 1990). Houve redução na solubilidade do amido de feijão modificado por TTBU em relação ao amido nativo. No entanto, as diferentes temperaturas não influenciaram a solubilidade dos grânulos (Tabela 2).

O tratamento térmico em baixa umidade proporcionou pequeno aumento no grau de hidrólise dos amidos de feijão Carioca, (Figura 1).

Alguns estudos demonstram que o TTBU provoca alterações nas propriedades do amido, inclusive na susceptibilidade enzimática à  $\alpha$ -amilase, devido a interações de alguns fatores como o teor de amilose, interações entre as cadeias de amido, arranjo das cadeias de amilose nos domínios amorfos e complexos de lipídeo-amilose (HOOVER, et al., 2010). Porém, o amido de feijão apresenta baixa susceptibilidade enzimática

A estrutura granular do amido e mais especificamente a sua superfície tem sido apresentado como sendo um dos principais fatores na determinação do grau de hidrólise. Assim, a redução da ordem molecular que ocorre na superfície do grânulo de amido no TTBU, aumenta a hidrólise na mesma ordem. No entanto interações entre as cadeias de amido podem ser mais prevalentes em alguns casos, dificultando o ataque enzimático, influenciando o grau de hidrólise. Neste estudo o grau de hidrólise foi mais intenso no amido de feijão com TTBU a 100°C do que no com TTBU a 120°C, sugerindo que as interações entre as cadeias de amido foi o fator determinante na suscetibilidade enzimática (VARATHARAJAN, et al., 2011). Com base nestes resultados é possível inferir que o amido de feijão Carioca pode apresentar baixo índice glicêmico e teores consideráveis de amido resistente, sendo que o TTBU, nas condições estudadas não altera estas características.



**Figura 1** Perfil de hidrólise ( $\alpha$ -amilase pancreática) dos amidos de feijão Carioca nativo e modificados por tratamento térmico de baixa umidade a 100°C (TTBU 100) e 120°C (TTBU 120) por 1440 minutos.

#### 4 CONCLUSÃO

O tratamento térmico de baixa umidade em amido de feijão Carioca não altera a susceptibilidade deste amido à hidrólise da enzima  $\alpha$ -pancreática. Com isso, é possível inferir que o amido de feijão Carioca pode apresentar baixo índice glicêmico e teores consideráveis de amido resistente. Por outro lado, a modificação física reduz o poder inchamento e a solubilidade deste amido. Além disso, a temperaturas mais elevada, empregada na modificação, favorece a redução do poder de inchamento e da solubilidade do amido feijão Carioca.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) ao programa Ciências sem Fronteiras (CsF), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) a Secretaria de Ciência e Tecnologia (SCT-RS) e Polos Tecnológicos pelo apoio financeiro e a concessão de bolsas de estudos e à University of Guelph, Ontário, Canadá pelo apoio científico.

#### 6 REFERÊNCIAS

- AIDAR, H. **Cultivo do Feijoeiro Comum**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/index.htm>>. Acesso em: 16 ago. 2015.
- APARICIO-SAGUILÁN, A. et al. Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 175–181, 2007.
- BERTOFT, E. et al. Internal unit chain composition in amylopectins. **Carbohydrate Polymers**, v. 74, n. 3, p. 527–543, nov. 2008.
- CARVALHO, A. V. et al. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 72–83, 2012.
- FORESTI, M. L., WILLIAMS, M. P., MARTÍNEZ-GARCÍA, R., AZQUEZ, A. V. Analysis of a preferential action of  $\alpha$ -amylase from *B. licheniformis* towards amorphous regions of waxy maize starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 104, p. 80-87, 2014.
- HOOVER, R. The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 50, n. 9, p. 835–847, 2010.
- HOOVER, R. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. **Food Research International**, v. 43, n. 2, p. 399–413, 2010.
- HOOVER, R.; VASANTHAN, T. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches. **Carbohydrate research**, v. 252, p. 33–53, 15 jan. 1994.
- HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes - A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 54, n. 4, p. 401–417, 2003.

- KAUR, M.; SANDHU, K. S.; LIM, S. T. Microstructure, physicochemical properties and in vitro digestibility of starches from different Indian lentil (*Lens culinaris*) cultivars. **Carbohydrate Polymers**, v. 79, n. 2, p. 349–355, 2010.
- LEACH, H. W., MCWEN, L. D., SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, n. 36, p. 534–544, 1959.
- LI, S.; GAO, Q. Effect of Heat-Moisture Treatment on the Formation and Properties of Resistant Starches From Mung Bean (*Phaseolus radiatus*). p. 812–819, 2010.
- PINTO, V. Z. et al. Effects of single and dual physical modifications on pinhão starch. **Food Chemistry**, v. 187, n. 1, p. 98–105, 2015.
- RUPOLLO, G. et al. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 3, p. 1403–1409, 2011.
- SUN, Q. et al. The effect of heat moisture treatment on physicochemical properties of early indica rice. **Food chemistry**, v. 141, n. 2, p. 853–7, 2013.
- VANIER, N. L. **Armazenamento de cultivares de feijão e seus efeitos na qualidade tecnológica dos grãos e nas propriedades do amido** (Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Pelotas, 2012.
- VARATHARAJAN, V. et al. The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physicochemical properties of normal and waxy potato starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, n. 2, p. 466–475, 2010.
- ZAVAREZE, E. D. R.; DIAS, A. R. G. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 2, p. 317–328, 2011.