

Caracterização das propriedades de pasta e térmicas de amidos de feijão Branco, Carioca, Fradinho e Preto.

Figuerola A. M^{1*}, Lacerda L. G^{1,2}, Schnitzler E¹, Demiate I. M¹

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, Av. Carlos Cavalcanti, 4748, CEP 84030-900 - Ponta Grossa, PR, Brasil.

²Universidade Positivo – UP, Rua Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300, CEP 81280-330 - Curitiba, PR, Brasil.

Received: 21/08/2015; accepted: 10/09/2015

Available online: 30/10/2015

Resumo

O amido é um carboidrato encontrado em abundância na natureza, podendo ser extraído de diversas fontes botânicas. Este polímero natural possui potencial aplicação em diversos ramos da indústria com destaque para o ramo alimentício. O feijão é altamente consumido e produzido no Brasil, porém existem muitas perdas devido às condições de armazenamento inadequadas. Devido a isso a extração do amido dos feijões que tiveram sua qualidade prejudicada é uma opção encontrada para reduzir o desperdício. O amido de feijão pode ser aplicado em diversos processos tecnológicos. Para isso seu comportamento deve ser estudado e conhecido, por meio de técnicas que determinam suas propriedades de pasta, térmica e de degradação quando submetido ao calor.

Palavras-chave: feijão, *Phaseolus vulgaris*, *Vigna unguiculata*

Abstract

Starch is an abundant carbohydrate in nature and can be extracted from several botanical sources. This natural bio-polymer has many industrial applications, mainly in the food sector. Beans are highly consumed and produced in Brazil, but there are many losses due to inadequate storage conditions. One option to reduce losses is to isolate the bean starch, which can then be applied in many technological processes. For that its behavior must be studied and known, by techniques that determine the paste property and the thermal degradation.

Keywords: beans, *Phaseolus vulgaris*, *Vigna unguiculata*

1. Introdução

O feijão é altamente empregado na alimentação humana devido a sua composição nutricional. Muitas vezes ele tem função de fornecer proteína, uma vez que a fonte protéica animal seja escassa ou auto-imposta por questões culturais e religiosas [1]. No Brasil, os feijões mais produzidos e consumidos são classificados como *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata*. O primeiro é referente aos feijões comuns, dentre os quais aqueles conhecidos como Carioca, Preto e o Branco, enquanto o segundo corresponde ao feijão Fradinho, também conhecido como feijão Macassar, Caupi ou de Corda conforme a região do país. A produção ocorre o ano todo, porém existem grandes perdas de produção devido às condições inadequadas de armazenamento e ao ataque de insetos e roedores [2, 3].

O amido é a principal substância de reserva das leguminosas, como o feijão, e seu conteúdo podem variar de 22 a 45%, em base seca. Os grânulos de amido são formados por configurações químicas distintas de amilose e amilopectina, polissacarídeos essencialmente lineares e ramificados respectivamente, e suas proporções variam conforme a fonte botânica. A demanda crescente da indústria infere enorme pressão sobre as fontes comerciais

de amido, daí a necessidade da busca contínua por outras fontes economicamente viáveis [4-6].

O amido de feijão apresenta elevados teores de amilose em relação a outros amidos como o de cereais e de tuberosas. Devido a isso, ele tende a apresentar alta temperatura de gelatinização, resistência ao cisalhamento, rápida retrogradação e elevada sinérese, o que torna sua aplicação interessante em alguns processos [6, 7].

Desta forma, há grande interesse em pesquisas que visam minimizar perdas, encontrando possíveis aplicações tecnológicas para os grãos que sofreram alterações devido às condições de estocagem, como exemplos a produção de isolados proteicos, processos de descascamento e maceração, e a extração do amido [1, 3]. Este trabalho objetivou caracterizar as propriedades de pasta, térmicas e de degradação térmica dos amidos extraídos do feijão Branco, Carioca, Fradinho e Preto.

2. Experimental

Os amidos foram obtidos a partir dos feijões Branco, Carioca e Fradinho adquirido no comércio local de Ponta Grossa – PR, e do feijão Preto cultivar IPR Tuiuiú que foi doado por um produtor local de Ponta Grossa – PR.

* Corresponding author: Tel.: +55 16-3301-9617

E-mail address: amfig92@hotmail.com (Amanda Mileo Figuerola)

As propriedades de pasta dos amidos foram determinadas utilizando o RVA-4, um analisador rápido de viscosidade (Newport Scientific, Austrália). O equipamento possibilita obter os perfis de viscosidade aparente de uma suspensão aquosa de amido (massa total de 28g), contendo 8 % da amostra em base seca, que foi submetida sob agitação rotacional a 160 rpm e aquecimento contínuo de 50 a 95 °C a uma razão de 6 °C min⁻¹. A temperatura foi mantida a 95 °C por cinco min., e então passou a ser resfriada até 50 °C novamente [8, 9].

Na análise calorimétrica diferencial (DSC) foram pesados aproximadamente 2 mg de amostra em um cadinho de alumínio e adicionado água destilada na proporção 1:4 (amido:água) em massa. A suspensão ficou em repouso por 1 h para equilibrar a umidade. O equipamento utilizado foi o DSC Q-200 (TA Instruments, New Castle, EUA), previamente calibrado com um padrão de Índio 99,99%. Os cadinhos selados foram submetidos a uma faixa de aquecimento de 30 a 100 °C, a uma razão de 10 °C min⁻¹ sendo obtidas as curvas com as temperaturas iniciais (T₀), de pico (T_p) e de conclusão (T_c) do evento. A da entalpia de transição (ΔH), do evento ocorrido foi obtida com o auxílio do software Universal Analysis (TA Instruments) [9].

A avaliação decomposição térmica dos amidos de feijão foi conduzida com o sistema de análise térmica DTG-60 System (Shimadzu, Japão). Aproximadamente 5 mg de amostra foram pesados em cadinho de alumina, que então foi submetido ao aquecimento de 30 a 650 °C, a uma razão de 10 °C min⁻¹. O experimento foi conduzido em ar sintético em uma vazão de 100 mL min⁻¹. O equipamento foi previamente calibrado com um padrão de oxalato de cálcio monoidratado. Todas as perdas de massa foram determinadas utilizando-se o software TA-60 WS [8].

A avaliação das propriedades de pasta e térmicas foi realizada em triplicata e os resultados expressos como médias seguidas pelo desvio padrão. A análise de variância ANOVA One-way foi utilizada para avaliar as diferenças intrínsecas entre as amostras de amido dos feijões, e as médias foram comparadas utilizando o teste LSD de Fisher, com o nível de confiança de 95% (p-Anova <0,05) [10].

3. Resultados e Discussão

As propriedades de pasta das amostras estão ilustradas na Figura 1 e seus resultados na Tabela 1, os quais são de grande importância na determinação do comportamento funcional do amido durante períodos de aquecimento e resfriamento [5].

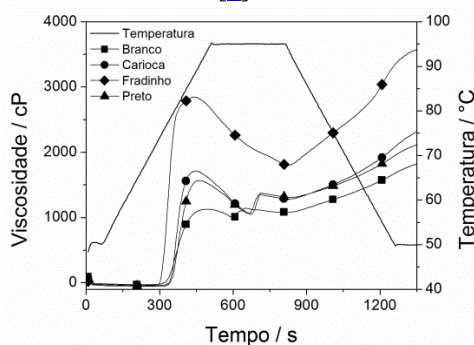


Figura 1: Perfil das propriedades de pasta referente a cada amostra de amido de feijão.

Tabela 1: Resultados das propriedades de pasta analisadas no RVA-4.

Amostra	Viscosidade (cP)				Retro-gradação	t (pico) (min)	Tpasta (°C)
	Máx.	Mín.	Quebra	Final			
Branco	1162 ± 18 ^d	1067 ± 5 ^c	95 ± 17 ^d	1849 ± 28 ^d	782 ± 25 ^c	10,5 ± 0,2 ^a	77,8 ± 0,0 ^b
Carioca	1714 ± 48 ^b	1280 ± 68 ^b	434 ± 21 ^b	2360 ± 93 ^b	1080 ± 26 ^b	7,4 ± 0,0 ^c	78,0 ± 0,1 ^a
IPR Tuiuiú	1570 ± 22 ^c	1305 ± 3 ^b	264 ± 19 ^c	2144 ± 32 ^c	839 ± 30 ^c	7,7 ± 0,0 ^b	78,1 ± 0,2 ^a
Fradinho	2864 ± 21 ^a	1782 ± 48 ^a	1082 ± 56 ^a	3627 ± 35 ^a	1845 ± 71 ^a	7,4 ± 0,1 ^c	75,1 ± 0,2 ^c
p-valor *	0,871	0,409	0,678	0,617	0,818	0,338	0,619
p-valor **	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Dados com as mesmas letras na mesma coluna não são significativamente diferentes (p <0,05) pelo teste de Fisher. *p-valor obtido pelo teste de homogeneidade de variâncias por Brown-Forsythe. **p-valor obtido por ANOVA One-Way.

Por meio das curvas obtidas no RVA-4, é possível obter parâmetros como viscosidade máxima, mínima e final, a temperatura e o tempo para atingir o pico máximo de viscosidade, e também a ocorrência de retrogradação. Durante a análise, o aquecimento da suspensão de amido até 95 °C e agitação constante proporcionam o inchamento dos grânulos e o empastamento em determinada temperatura (T_{pasta}). O empastamento é caracterizado pela pasta viscosa formada pelos grânulos de amido intumescidos e pela amilose lixiviada, sendo determinada também a viscosidade máxima. Com a temperatura e agitação constantes em 95°C, os grânulos começam a se romper, acarretando decréscimo da viscosidade até um valor mínimo. A partir do momento em que o equipamento começa a etapa de resfriamento, as frações poliméricas lineares começam a se reorganizar, em um fenômeno conhecido por retrogradação [7, 8].

As amostras apresentaram diferenças significativas (p <0,001) em todos os parâmetros avaliados. O amido de feijão Fradinho foi o que teve as maiores viscosidades, enquanto o amido de feijão Branco apresentou os menores, inclusive de quebra. De um modo geral, os amidos de leguminosas costumam apresentar ausência de pico de viscosidade, com um aumento gradual durante o período em que a temperatura fica constante a 95 °C [7]. Isto pode ser observado para o amido de feijão Branco, enquanto os amidos de feijão Carioca, Fradinho e IPR Tuiuiú apresentaram um pico de viscosidade, seguidos de quebra.

Para ambas as amostras foram constatadas a ocorrência de retrogradação elevada, que é dada pela diferença entre a viscosidade final e a mínima. Os grânulos de amido de feijão contêm maior proporção de amilose, que tende a se reorganizar mais rapidamente devido a sua estrutura linear, ocasionando maior tendência a retrogradar [7, 11].

As curvas obtidas no DSC estão ilustradas na Figura 2 e os principais resultados listados na Tabela 2. A análise fornece medidas quantitativas do fluxo de calor associado

com a gelatinização, que é representado por meio de picos endotérmicos em uma faixa característica para cada fonte botânica [11]. As temperaturas iniciais (T_0), de pico (T_p) e de conclusão do evento (T_c) de gelatinização apresentaram entre as amostras diferenças de 6,37 °C, 4,04 °C e de 8,73 °C respectivamente, e são estatisticamente diferentes (p -Anova <0,05) entre todas as amostras. As entalpias de gelatinização (ΔH_{gel}) também se mostraram significativamente diferentes (p -Anova <0,05) para todas as amostras, sendo que o amido de feijão Fradinho apresentou a maior entalpia, enquanto o de feijão Preto teve a menor. O fenômeno de gelatinização ocorre em várias operações de processamento de alimentos, de forma diferente conforme a proporção de amilose e amilopectina no grânulo, fornecendo uma textura e características únicas ao produto, sendo necessário o conhecimento do comportamento do amido. A análise calorimétrica exploratória diferencial permite determinar a quantidade de energia necessária para que este fenômeno ocorra [5, 7].

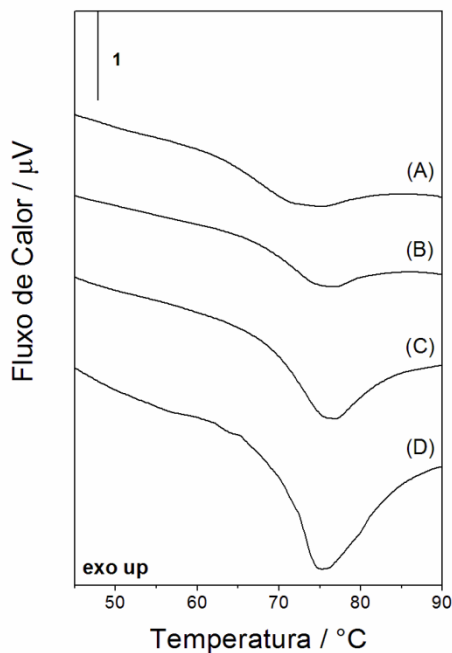


Figura 2: Curvas DSC obtidas das amostras de amidos: (A) feijão Branco, (B) feijão Carioca, (C) feijão Preto (IPR Tuiuiu), (D) feijão Fradinho.

Tabela 2: Resultados obtidos por meio da análise de DSC.

Amostra	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH_{gel} (J.g ⁻¹)
Branco	62,68 ± 0,04 ^c	71,89 ± 0,01 ^d	75,55 ± 0,05 ^d	12,13 ± 0,24 ^b
	Carioca	67,19 ± 0,02 ^b	75,21 ± 0,02 ^b	77,09 ± 0,02 ^c
IPR Tuiuiu		68,35 ± 0,04 ^a	75,93 ± 0,01 ^a	82,78 ± 0,07 ^b
	Fradinho	69,05 ± 1,16 ^a	75,12 ± 0,01 ^c	84,28 ± 0,01 ^a
<i>p</i> -valor *		0,449	0,596	0,443
<i>p</i> -valor **	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Dados com as mesmas letras na mesma coluna não são significativamente diferentes ($p < 0,05$) pelo teste de Fisher. **p*-valor obtido pelo teste de homogeneidade de variâncias por Brown-Forsythe. ***p*-valor obtido por ANOVA One-Way.

As curvas simultâneas TG-DTA estão ilustradas na Figura 3. É possível observar a ocorrência de três estágios de perda de massa. A DTA indica que primeira perda está relacionada à perda de água (teor de umidade), pois ocorre como um processo endotérmico. Os resultados da análise de decomposição térmica são encontrados na Tabela 3.

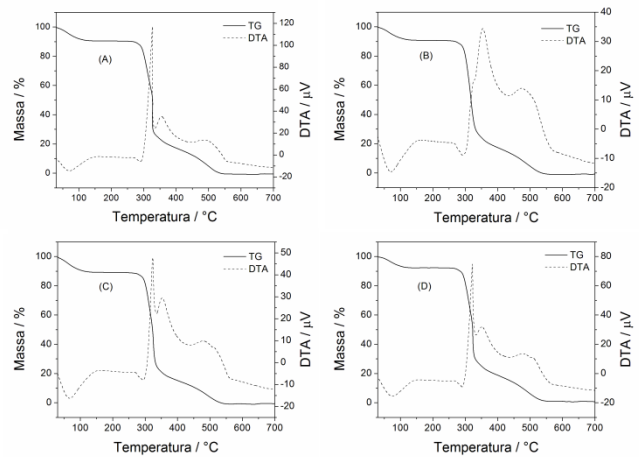


Figura 3: Curvas TG-DTA das amostras de amidos: (A) feijão Branco, (B) feijão Carioca, (C) feijão Preto (IPR Tuiuiu), (D) feijão Fradinho.

Tabela 1: Resultados da decomposição térmica dos amidos obtida por meio do TG-DTA.

Branco	TG		DTA
	Δm (%)	ΔT (°C)	Tp (°C)
1ª perda	8,94	30 – 162	71,44
Estabilidade	-	162 – 251	-
2ª perda	72,16	251 – 399	327,16
3ª perda	17,91	399 – 647	398,45
Carioca	TG		DTA
	Δm (%)	ΔT (°C)	Tp (°C)
1ª perda	8,91	30 – 140	70,28
Estabilidade	-	140 – 257	-
2ª perda	71,24	257 – 391	353,97
3ª perda	18,89	391 – 589	390,63
IPR Tuiuiu	TG		DTA
	Δm (%)	ΔT (°C)	Tp (°C)
1ª perda	10,25	30-146	67,01
Estabilidade	-	146-257	-
2ª perda	72,12	257-388	323,6
3ª perda	16,88	388-583	387,38
Fradinho	TG		DTA
	Δm (%)	ΔT (°C)	Tp (°C)
1ª perda	7,65	30 - 135	75,19
Estabilidade	-	135 - 245	-
2ª perda	74,17	245-403	322,38
3ª perda	17,5	403-585	404,05

A desidratção dos amidos ocorreu de 30 °C até aproximadamente 160 °C, e a perda de massa foram de 7,65%, 8,91%, 8,94% e 10,25% para as amostras de amido de feijão Fradinho, Carioca, Branco e IPR Tuiuiú respectivamente. Entre o primeiro e o segundo estágio, foi observado um período de estabilidade. O amido de feijão Fradinho apresentou a menor estabilidade, de até 245 °C, seguido pela de feijão Branco de 251 °C, enquanto o de feijão Carioca e IPR Tuiuiú se mostraram estáveis até 257 °C. O segundo e terceiro estágios de perda de massa observados nas curvas TG e DTA, apresentam eventos exotérmicos, sugerindo a ocorrência de degradação e oxidação da matéria orgânica da amostra, respectivamente [12]. A massa restante (residual) está relacionada ao teor de cinzas (minerais) das amostras. Foi observado um residual de 0,99% para o amido de feijão Branco, 0,96% para o feijão Carioca, 0,75% para o feijão Preto (IPR Tuiuiú) e 0,68% para o amido de feijão Fradinho [8, 13].

4. Conclusões

O estudo proposto auxiliou em uma melhor caracterização estrutural e de comportamento dos grânulos de amido de diferentes variedades de feijão. Assim, foi possível determinar as propriedades de pasta, térmicas e de decomposição para as amostras de amido dos feijões Branco, Carioca, Preto da cultivar IPR Tuiuiú e Fradinho. Foi constatado que as amostras diferenciam-se entre si em todos os parâmetros, com exceção para a viscosidade mínima e temperatura de pasta para os amidos de feijão Carioca e IPR Tuiuiú. Os resultados obtidos são tomados como parâmetros importantes no processo e desenvolvimento de novos produtos alimentícios ou tecnológicos. Trabalhos complementares estão em andamento para associar os resultados obtidos com possíveis aplicações tecnológicas distintas dos feijões e seus derivados (farinhas e amido).

Agradecimentos

A Cristina Soltovski de Oliveira e Layse Cordoba pela ajuda na obtenção das curvas do DSC. À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado à Amanda Miléo Figueroa e ao CNPq pela concessão de bolsas de Produtividade em Pesquisa a Egon Schnitzler e Ivo Mottin Demiate.

Referencias

- [1] Ruiz-Ruiz JC, Dávila-Ortiz G, Chel-Guerrero LA, Betancur-Ancona DA. Wet fraction of hard-to-cook bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds and characterization of protein, starch and fiber fractions. *Food Bioprocess Tech* 2012; 5:1531-1540. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [2] Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 28 de março de 2008. Regulamento Técnico do Feijão 2008; 12:1-16. [[Google Scholar](#)]
- [3] Brigide P, Canniati-Brazaca SG. Avaliação dos efeitos da Cocção e Irradiação na Composição do Feijão Carioca (*Phaseolus vulgaris* L). *Alim & Nutri* 2011; 22:97-102. [[Google Scholar](#)]
- [4] Builders PF, Numrum A, Mbah CC, Attama AA, Manek R. The physicochemical and binder properties of starch from *Persea americana* Miller (Lauraceae. *Starch/Staerke* 2010; 62:309-20. [[Google Scholar](#)]
- [5] Ovando-Martinez M, Bello-Pérez LA, Whitney K, Osorio-Díaz P, Simsek S. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. *Carbohydr. Polym* 2011; 85:54-64. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [6] Zeeman SC, Kossmann J, Smith AM. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. *Annu. Rev. Of Plant. Bio* 2010; 61:209-234. [[Google Scholar](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)]
- [7] Hoover R, Hughes T, Chung HJ, Liu Q. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Res Int* 2010; 43:399-413. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [8] Malucelli LC, Lacerda LG, Carvalho-Filho MAS, Fernández DER, Demiate IM, Oliveira CS, Schnitzler E. Porous waxy maize starch – Thermal, structural and viscographic properties of modified granules obtained by enzyme treatment. *J Therm Anal Calorim* 2015; 120:525-532. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [9] Granza GA, Travalini AP, Farias FO, Colman TAD, Schnitzler E, Demiate IM. Effects of acetylation and acetylato-hydroxypropylation (dual-modification) on the properties of starch from Carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L. *J Therm Anal Calorim* 2015; 119:769-777. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [10] Granato D, Calado VMA, Jarvis B. Observations on the use of statistical methods in food science and technology. *Food Res Int* 2014; 55:137-49. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [11] Rupollo G, Vanier NL, Zavareze ER, Oliveira M, Pereira JM, Paraginski RT, Guerra Dias AR, Elias MC. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. *Carbohydr Polym* 2011; 86:1403. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [12] Malucelli LC, Lemos CF, Carvalho-Filho MAS, Demiate IM, Schnitzler E, Lacerda LG. Caracterização da hidrólise parcial enzimática de amido isolado de abacate utilizando técnicas termoanalíticas e microscopia. *Braz J Therm Anal* 2014; 3:31-35. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

- [13] Lacerda LG, Colman TAD, Bauab T, Carvalho-Filho MAS, Demiate IM, Vasconcelos EC, Schnitzler E. Thermal, structural and rheological properties of starch from avocado seeds (*Persea americana*, Miller) modified with standard sodium hypochlorite solutions. *J Therm Anal Calorim* 2014; 114:1893-1899. [\[Google Scholar\]](#) [\[CrossRef\]](#)

Trabalho SiAT 24

**CARACTERIZAÇÃO
DAS PROPRIEDADES
DE PASTA E TÉRMICAS
DE AMIDOS DE FEIJÃO
BRANCO, CARIOCA,
FRADINHO E PRETO.**

Trabalho apresentado no VII SiAT – Simpósio de Análise de Térmica realizado no período de 19 a 21 de julho de 2015 em Bauru, na Faculdade de Ciências – UNESP.

