

Propriedades Tecnológicas de Amidos Isolados de Plátanos e Bananas da Coleção de Germoplasma da Embrapa



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
36**

**Propriedades Tecnológicas de Amidos
Isolados de Plátanos e Bananas da
Coleção de Germoplasma da Embrapa**

*Cristina Yoshie Takeiti
Ronielli Cardoso Reis
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho
Eliseth de Souza Viana
Naiara Almeida de Oliveira
Palmira de Jesus Neta
Luciana Alves de Oliveira*

**Embrapa Agroindústria de Alimentos
Rio de Janeiro, RJ
2020**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
Embrapa Agroindústria de Alimentos
Avenida das Americas, 29501, Guaratiba
CEP: 23020-470, Rio de Janeiro, RJ
Fone: +55 (21) 3622-9600
Fax: +55 (21) 3622-9713
www.embrapa.br/agroindustria-de-alimentos
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Esdras Sundfeld

Secretária-executiva
Virginia Martins da Matta

Membros
André Luis do Nascimento Gomes, Celma Rivanda Machado de Araujo, Daniela De Grandi Castro Freitas de Sá, Elizabete Alves de Almeida Soares, Janice Ribeiro Lima, Janine Passos Lima da Silva, Leda Maria Fortes Gottschalk, Marcos de Oliveira Moulin, Melicia Cintia Galdeano, Otniel Freitas Silva e Rogério Germani

Supervisão editorial
Melicia Cintia Galdeano

Revisão de texto
Renata Valeriano Tonon

Normalização bibliográfica
Celma Rivanda Machado de Araújo

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
André Luis do Nascimento Gomes

Foto da capa
Lea Angela Assis Cunha

1ª edição
Publicação em PDF (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria de Alimentos

Propriedades tecnológicas de amidos isolados de plátanos e bananas da coleção de germoplasma da Embrapa / Cristina Yoshie Takeiti... [et al.]. – Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2020.

26 p. : il. color. 21 cm. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agroindústria de Alimentos, ISSN 0101-630X ; 36).

1. Amilose. 2. Viscosidade de pasta. 3. Retrogradação. 4. Ingrediente alimentício. I. Takeiti, Cristina Yoshie. II. Reis, Ronielli Cardoso. III. Carvalho, Carlos Wanderlei Piler de. IV. Viana, Eliseth de Souza. V. Oliveira, Naiara Almeida de. VI. Jesus Neta, Palmira de. VII. Oliveira, Luciana Alves de. VIII. Embrapa Agroindústria de Alimentos. IX. Título. X. Série.

CDD 664 (23. ed.)

© Embrapa, 2020

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução.....	7
Material e Métodos	8
Resultados e Discussão	12
Conclusões.....	23
Referências	23

Propriedades Tecnológicas de Amidos Isolados de Plátanos e Bananas da Coleção de Germoplasma da Embrapa

Cristina Yoshie Takeiti¹
Ronielli Cardoso Reis²
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho³
Eliseth de Souza Viana⁴
Naiara Almeida de Oliveira⁵
Palmira de Jesus Neta⁶
Luciana Alves de Oliveira⁷

Resumo – A banana assume grande destaque na produção mundial, sendo que o Brasil ocupa a terceira posição da produção. As bananas podem ser consumidas cruas, enquanto os plátanos são consumidos necessariamente cozidos ou na forma de farinhas devido ao seu elevado teor de amido, constituindo assim uma oportunidade interessante para uso como ingrediente na indústria alimentícia. O objetivo deste trabalho foi caracterizar o amido extraído de 12 genótipos, dentre plátanos e bananas, pertencentes ao banco ativo de germoplasma da Embrapa. Os amidos apresentaram teor considerável de amilose (29,7% a 37,8%), baixos teores de fósforo (0,01% a 0,03%) e de lipídios (< 0,1%), larga faixa de temperatura de gelatinização (66,9 °C a 90,8 °C), estrutura granular heterogênea com padrão de cristalinidade do tipo C e, microscopicamente, uma mistura de grânulos ovalados e/ou alongados. Especialmente, os amidos originários dos plátanos Pinha e Terra Sem Nome, juntamente com a banana comercial BRS Platina, apresentaram elevada viscosidade, menor temperatura de formação de pasta, menor quebra e reduzida tendência à retrogradação. Assim, estes amidos apresentam potencial de uso como ingrediente alimentício comparável aos amidos comerciais convencionais, sendo mais uma alternativa de valoração da cadeia da bananeira.

Termos para indexação: amilose, viscosidade de pasta, retrogradação, ingrediente alimentício.

¹ Engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

² Engenheira de alimentos, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

³ Engenheiro agrônomo, doutor em Ciência dos Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ.

⁴ Economista doméstica, doutora em Microbiologia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

⁵ Graduanda em Engenharia Florestal, bolsista da Fapesb, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

⁶ Bióloga, bolsista da Fapesb, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

⁷ Engenheira química, doutora em Engenharia Química, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

Technological Properties of Isolated Starches of Plantains and Bananas from Embrapa Germplasm Collection

Abstract – Banana is a particularly important world crop production and Brazil occupies the third position in this rank. Bananas can be consumed as raw, whereas plantains are eaten necessarily cooked or in the form of flour due to their high starch content, thus providing an interesting opportunity for use as an ingredient in the food industry. The objective of this work was to characterize the starch extracted from 12 genotypes, among plantains and bananas, belonging to the active germplasm bank of Embrapa. Starches presented a considerable content of amylose (29.7% to 37.8%), low levels of phosphorus (0.01% to 0.03%) and lipids (<0.1%), with a wide gelatinization temperature (66.9 °C to 90.8 °C), heterogeneous granular structure with type C crystallinity pattern and, microscopically, a mixture of oval and/or elongated granules. Especially, the starches from the Pinha and Terra Sem Nome plantains, together with the commercial banana variety BRS Platina, showed high paste viscosity, lower temperature of paste formation and breakdown, with reduced retrogradation viscosity. Thus, these starches have the potential to be used as a food ingredient comparable to conventional commercial starches, being yet another alternative for adding value to banana chain.

Index terms: amylose, pasting viscosity, retrogradation, food ingredient.

Introdução

A banana assume grande destaque na produção mundial, figurando entre os dez alimentos mais importantes do mundo e o quarto quando se considera apenas o continente africano (Ploetz, 2015). A produção mundial em 2018 foi de aproximadamente 116 milhões de toneladas e o Brasil ocupa a quarta posição, com aproximadamente 6,8 milhões de toneladas produzidas em 450 mil hectares (FAO, 2020).

“Banana” é o termo genérico usado para espécies e híbridos do gênero *Musa*, pertencentes à família Musaceae, derivadas das espécies selvagens *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*. Os frutos comestíveis são classificados de acordo com o seu grupo genômico em diploides (AA, AB), triploides (AAA, AAB, ABB) ou tetraploides (AAAA, AAAB, AABB) (Dufour et al., 2009).

As bananas, denominadas como frutos de sobremesa, podem ser consumidas cruas e em vários estádios de maturação, geralmente entre os estádios 5 a 7, enquanto que os plátanos, conhecidos como bananas do tipo “Terra”, se diferenciam das bananas pelo maior tamanho de frutos, maior firmeza e maior conteúdo de amido (Pereira; Maraschin, 2015). São popularmente consumidos cozidos ou na forma de farinhas, pois devido ao elevado teor de amido, mesmo quando maduros, não são palatáveis para serem consumidos *in natura*.

Os frutos verdes de bananas e plátanos apresentam em sua polpa cerca de 70% a 80% de amido, em base seca (b.s.), proporção comparável ao presente na batata inglesa e no milho (Zhang et al., 2005). Devido a essa elevada concentração, a extração do amido desses frutos é uma oportunidade interessante para uso como ingrediente na indústria alimentícia ou para outros propósitos industriais, como a formação de filmes comestíveis ou outros fins (Reddy et al., 2015a; Orsuwan; Sothornvit, 2017).

Para conhecer o potencial de uso de amidos nativos e modificados nos diversos setores industriais, é necessário o estudo das suas características tecnológicas. O amido é constituído de dois principais polímeros de glicose: amilose e amilopectina. A proporção e a organização física desses polímeros dentro dos grânulos são responsáveis pelas propriedades físico-químicas e funcionais dos amidos e podem variar de acordo com a espécie botânica (Núñez-Santiago et al., 2004). Em termos de aplicação do amido na indústria

alimentícia, a sua funcionalidade está relacionada à sua capacidade de gelatinização e às suas características de formação de pasta (Zhang et al., 2005).

Tendo em vista a importância da cultura da bananeira no Brasil e a possibilidade de se obter amidos com diferentes propriedades, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os amidos extraídos de genótipos de plátanos e bananas pertencentes ao banco ativo de germoplasma da Embrapa.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas, BA (12°67S e 39°15'W, 199 m de altitude) e os frutos foram colhidos entre outubro de 2013 e fevereiro de 2015, totalizando um ciclo de produção. O clima da região é designado como tropical quente e úmido e no período apresentou temperatura média de 25 °C, umidade relativa média de 70% e precipitação média de 1343,27 mm anuais (Agritempo, 2020). Foram avaliados sete genótipos de plátanos (grupo genômico AAB) da coleção do banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura (Chifre de Vaca, Pinha, Red Yade, Samura B., Terra Anã Branca, Terra Sem Nome e Tipo Velhaca), o plátano comercial Terra Maranhão, mais quatro bananas comerciais, sendo duas do subgrupo Prata (Pacovan, AAB; BRS Platina, AAAB), uma do subgrupo Cavendish (Grande Naine, AAA) e uma em grupo indefinido (BRS SCS Belluna, AAA). Os frutos foram colhidos no estágio 1 de maturação e os amidos foram extraídos da 2ª ou 3ª penca, de três plantas distintas, onde cada planta correspondeu a uma repetição experimental.

Extração do amido

A extração do amido da banana e do plátano verdes foi feita segundo as metodologias propostas por Bello-Perez et al. (1998) e Izidoro et al. (2011), com modificações. Os frutos foram lavados, descascados, cortados em fatias de 2-3 cm de espessura e imediatamente imersos em solução de metabissulfito de sódio (1,0%, pH 4,5) na proporção de 1:2 (100 g de fruto para 200 mL da solução), onde permaneceram até o final do fatiamento. A

mistura foi triturada em liquidificador industrial por 10 minutos e a massa resultante foi agitada a 300 rpm em incubadora *shaker* por 4 h à temperatura de 40 °C. Após a agitação, a massa foi deixada em repouso sob refrigeração durante 24 h para decantar. Procedeu-se com sucessivas lavagens e filtrações utilizando telas com aberturas de malha de 50 e 400 *mesh* (290 µm e 37 µm, respectivamente) até que a água de lavagem se apresentasse límpida. Os materiais retidos nas duas malhas foram secos à temperatura de 40 °C/24 h em desidratador com circulação forçada de ar (PE60 Pardal, Rio de Janeiro, Brasil), com velocidade do ar de 1,5 m/s. Em seguida, o amido foi macerado com auxílio de almofariz e pistilo e armazenado à temperatura ambiente.

Caracterização química do amido

A umidade, os teores de lipídios e cinzas dos amidos isolados foram determinados segundo metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de proteína foi determinado pelo método de Kjeldahl de acordo com a metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2006) e o teor de fósforo segundo Malavolta et al. (1997), a qual se baseia na complexação do fósforo com vanadomolibdato de amônio e determinação por espectrofotometria na região do visível.

Relação amilose/amilopectina

Para determinar a relação amilose/amilopectina utilizou-se o método colorimétrico do iodo (International Organization for Standardization, 1987), que se baseia na transmissão de luz através de um complexo colorido formado pela reação entre a amilose e o iodo. Os grânulos de amido foram dispersos com etanol e gelatinizados com hidróxido de sódio. Uma alíquota foi acidificada e, após a reação com o iodo, o complexo formado de coloração azul foi quantificado por espectrofotometria a 620 nm. A curva-padrão foi elaborada com soluções diluídas e seriadas de amilose padrão (CAS: 9005-62-7, Sigma-Aldrich, St Louis, EUA) e de amilopectina (amido ceroso extraído da raiz de mandioca com 0% de amilose doado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Cali, Colômbia). Os resultados foram expressos em porcentagem.

Viscosidade de pasta

Os perfis de viscosidade foram avaliados em Analisador Rápido de Viscosidade (RVA), série S4A (RVA 4500), da Newport Scientific (Warriewood, Austrália), de acordo com o método 76-27.01 da AACCC (1999). Uma amostra de 2,5 g (b.s.) foi suspensa em água destilada ajustando-se o material para 14% de umidade, misturada em recipiente de alumínio e submetida ao teste. A amostra foi aquecida a 50 °C e agitada a 960 rpm por 10 s para dispersão completa e mantida a 160 rpm até o final da análise. O teste foi iniciado à temperatura de 50 °C, permanecendo nessa temperatura por 1 min, com elevação da temperatura para 95 °C durante 3,7 min. A temperatura foi mantida a 95 °C por 2,5 min e, então, resfriou-se até 50 °C, por um período de 3,7 min, mantendo-se esta temperatura por 2,0 min. Avaliou-se o perfil de cozimento das pastas pela observação da temperatura de empastamento, viscosidade máxima (pico), tempo para atingir a viscosidade máxima, viscosidade mínima, viscosidade de quebra (diferença entre viscosidade máxima e viscosidade mínima), viscosidade máxima das pastas a 50 °C e *setback* ou tendência à retrogradação (diferença entre viscosidade final a 50 °C e viscosidade mínima).

Propriedades térmicas do amido

As propriedades térmicas dos amidos foram analisadas utilizando o calorímetro diferencial de varredura (DSC Q200, TA Instruments, New Castle, EUA), de acordo com a metodologia descrita por Bernardo et al. (2018), com modificações. O grau de gelatinização foi determinado usando o software Universal Analysis 2000 versão 4.5A (TA Instruments, New Castle, EUA). A amostra (~2,5 mg b.s.) foi pesada em um cadinho de alumínio de fechamento hermético e a água deionizada foi adicionada na proporção água:amido de 2:1. Os cadinhos foram selados e deixados em repouso por 18 horas à temperatura ambiente, para que ocorresse a hidratação do amido. Um cadinho hermético vazio foi utilizado como referência. Os recipientes foram submetidos à taxa de aquecimento de 10 °C/min, de 5 °C a 120 °C. O sistema foi calibrado com índio (temperatura de fusão de 156,6 °C e ΔH de 28,71 J/g) com elevada pureza (99,9%). Os valores de temperatura inicial (T_0),

temperatura de pico (T_p) e temperatura final (T_f) de gelatinização, bem como os valores de entalpia de gelatinização (ΔH), foram obtidos a partir dos termogramas utilizando o software Thermal Advantage versão 5.5.20 (TA Instruments, New Castle, EUA).

Morfologia dos grânulos de amido

A morfologia dos grânulos de amido foi analisada de acordo com Bernardo et al. (2018). As amostras previamente secas (umidade inferior a 10%) foram fixadas manualmente sobre fitas condutoras dupla face e dispostas em suporte de alumínio (*stub*) para observação em um microscópio eletrônico de varredura modelo TM 3000 (Hitachi, Tóquio, Japão), utilizando um feixe de elétrons de 15 kV. As imagens foram geradas com utilização do software Hitachi TM3000 (Hitachi TM3000, Tóquio, Japão).

Cristalinidade do amido

O perfil de difração de raios-X dos grânulos de amido foi determinado em difrator de Raios X D2 Phaser (Bruker AXS, Rheinfelden, Alemanha) equipado com tubo de cobre operando a 30 kV e 10 mA, produzindo radiação $\text{CuK}\alpha$ com 0,154 nm de comprimento de ondas. As amostras foram acondicionadas em porta amostra de acrílico e varridas de 2° a 32° (2θ) na taxa de $0,15^\circ/\text{min}$, ao passo de $0,02^\circ$, largura da janela de divergência igual a 0,6 mm, largura da janela de espalhamento igual a 0,6 mm e largura da janela do detector igual a 0,2 mm, conforme metodologia descrita por Bernardo et al. (2018). O índice de cristalinidade foi determinado utilizando-se o software *Diffraç Suite* v1 1.0.10 (Bruker AXS, Rheinfelden, Alemanha).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar (Ferreira, 2010).

Resultados e Discussão

A composição química dos diferentes amidos está apresentada na Tabela 1. Observa-se que houve diferença significativa quanto ao rendimento e ao teor de proteína. Os plátanos Red Yade, Samura B., Terra Sem Nome, Tipo Velhaca Terra Maranhão apresentaram maiores rendimentos em amido, com valor médio de 9,63%. O teor de proteína foi maior nos amidos das bananas BRS SCS Belluna (0,43%) e BRS Platina (0,28%). Não houve diferença significativa quanto aos teores de fósforo, cinzas e lipídios, com valores médios de 0,02%, 0,05% e 0,06%, respectivamente. No estudo conduzido por Utrilla-Coello et al. (2014) foram avaliados amidos de quatro genótipos de bananeira e os teores de cinzas, proteína e lipídios encontrados em base seca variaram de 1,11% a 1,43%, 0,83% a 0,98% e 0,73% a 0,82%, respectivamente. Reddy et al. (2015a) também avaliaram amidos oriundos de quatro genótipos de bananas e encontraram valores superiores aos do presente estudo, sendo que os teores de cinzas variaram de 0,78% a 2,08%, os de proteína de 0,67% a 1,17% e os de gordura de 0,22% a 0,28%. As diferenças entre os resultados desse estudo e os dos autores supracitados indicam que o processo de extração empregado no presente estudo foi mais eficiente, pois foram encontrados menores teores de impurezas. O teor médio de fósforo foi de 0,02%, valor superior ao observado por Mesquita et al. (2016), que reportaram valores entre 0,003% (Nanicão) e 0,010% (Prata Anã) ao avaliarem amidos de cinco genótipos de bananeira. Segundo esses autores, o fósforo, quando covalentemente ligado ao grânulo de amido, é capaz de auxiliar a incorporação de moléculas de água devido à organização iônica e, assim, alterar as propriedades funcionais do amido, como gelatinização, retrogradação, viscosidade e poder de intumescimento. Assim, os valores de fósforo obtidos podem ser de grande importância para a aplicabilidade desses amidos.

Tabela 1. Rendimento e composição química dos amidos extraídos dos genótipos de plátanos e bananas verdes (em base seca).

Genótipos	Rendimento (%)	Umidade (%)	Proteína (%)	Fósforo ^{ns} (%)	Cinzas ^{ns} (%)	Lipídios ^{ns} (%)
Chifre de Vaca	6,20 ^b	6,11 ^b	0,12 ^c	0,02	0,05	0,06
Pinha	7,74 ^b	5,57 ^b	0,13 ^c	0,02	0,07	0,06
Red Yade	9,66 ^a	6,07 ^b	0,12 ^c	0,02	0,06	0,07
Samura B.	11,35 ^a	5,90 ^b	0,14 ^c	0,02	0,04	0,05
Terra Anã Branca	7,76 ^b	5,76 ^b	0,14 ^c	0,02	0,05	0,06
Terra Sem Nome	9,61 ^a	6,70 ^b	0,12 ^c	0,02	0,06	0,06
Tipo Velhaca	8,70 ^a	5,31 ^b	0,14 ^c	0,02	0,02	0,09
Terra Maranhão	8,81 ^a	5,76 ^b	0,15 ^c	0,02	0,04	0,05
BRS SCS Belluna	3,81 ^b	5,12 ^b	0,43 ^a	0,03	0,04	0,10
BRS Platina	4,11 ^b	9,06 ^a	0,28 ^b	0,02	0,05	0,09
Grande Naine	6,18 ^b	5,66 ^b	0,18 ^c	0,01	0,07	0,06
Pacovan	6,27 ^b	8,75 ^a	0,13 ^c	0,02	0,05	0,04
Média	8,21	6,31	0,16	0,02	0,05	0,06
CVe	31,13	11,66	34,30	14,44	43,80	38,56

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott a 5% de significância. ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. CVe = coeficiente de variação experimental.

Propriedades tecnológicas e teor de amilose dos amidos

As propriedades da pasta do amido são afetadas pelo conteúdo de amilose, lipídios e fósforo, bem como pela distribuição do comprimento das cadeias ramificadas de amilopectina (Mesquita et al., 2016), lixiviação das moléculas de amilose e intumescimento dos grânulos (Reddy et al., 2015a).

Quando o amido é aquecido na presença de excesso de água ocorre o processo de gelatinização, que é a expansão e hidratação dos seus grânulos (Oliveira, 2011) e que ocorre em uma faixa de temperatura que é típica para cada fonte de amido (Mesquita et al., 2016). Estes grânulos intumescidos são responsáveis pelo aumento da viscosidade da pasta (Marcon et al., 2007), que aumenta progressivamente com o aquecimento das suspensões de amido até atingir a viscosidade de pico, que é a viscosidade máxima obtida no aquecimento. Após a viscosidade máxima, ocorre abrupta fragmentação ou ruptura dos grânulos (Freitas; Tavares, 2005).

Os genótipos apresentaram diferença quanto aos perfis de viscosidade de seus amidos (Figura 1 e Tabela 2).

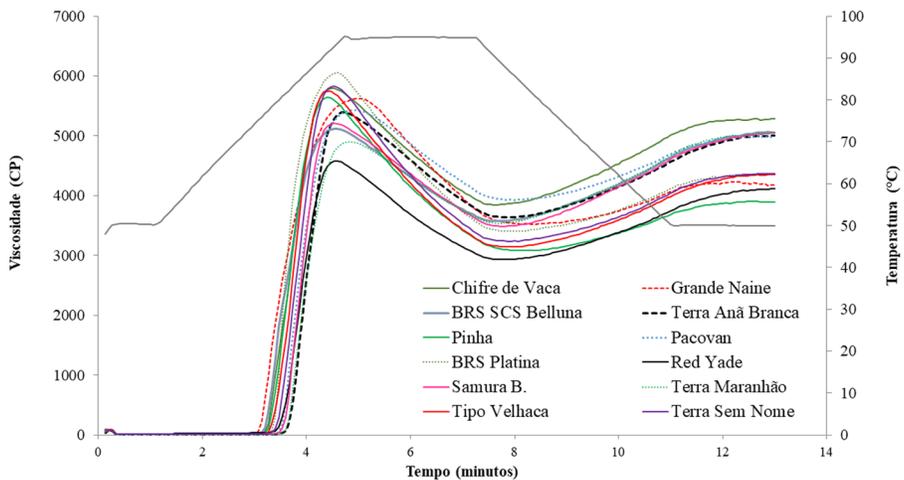


Figura 1. Perfis de viscosidade obtidos por analisador rápido de viscosidade (RVA) dos amidos extraídos de plátanos e bananas verdes.

Tabela 2. Propriedades de pasta dos amidos extraídos de plátanos e de bananas verdes.

Genótipos	Propriedades da pasta dos amidos ¹						
	Tempast (°C)	Tempo pico (min.)	Pico de viscosidade (cP)	Vmin. (cP)	Quebra (cP)	Vfinal (cP)	Retrogradação (cP)
Chifre de Vaca	77,24 ^b	4,48 ^b	5841,22 ^a	3824,17 ^a	2017,06 ^b	5284,94 ^a	1460,78 ^a
Pinha	77,28 ^b	4,40 ^b	5717,17 ^a	3104,17 ^b	2613,00 ^a	4154,00 ^b	1049,83 ^b
Red Yade	79,15 ^a	4,56 ^b	5322,83 ^b	3341,17 ^b	1981,67 ^b	4667,83 ^b	1326,67 ^a
Samura B.	79,97 ^a	4,53 ^b	5207,33 ^b	3476,50 ^a	1730,83 ^b	5044,00 ^a	1567,50 ^a
Terra Anã Branca	80,84 ^a	4,71 ^a	5395,67 ^b	3632,50 ^a	1763,17 ^b	5006,83 ^a	1374,33 ^a
Terra Sem Nome	77,93 ^b	4,50 ^b	5846,33 ^a	3233,33 ^b	2613,00 ^a	4365,00 ^b	1131,67 ^b
Tipo Velhaca	78,24 ^b	4,40 ^b	5783,67 ^a	3140,50 ^b	2643,17 ^a	4356,17 ^b	1215,67 ^a
Terra Maranhão	80,95 ^a	4,86 ^a	4926,00 ^b	3599,50 ^a	1326,50 ^b	5142,50 ^a	1543,00 ^a
BRS SCS Belluna	77,59 ^b	4,48 ^b	5179,83 ^b	3568,67 ^a	1611,17 ^b	5055,33 ^a	1486,67 ^a
BRS Platina	77,78 ^b	4,56 ^b	5991,67 ^a	3408,67 ^b	2583,00 ^a	4355,17 ^b	946,50 ^b
Grande Naine	74,93 ^b	5,01 ^a	5641,00 ^a	3497,50 ^a	2143,50 ^b	4137,50 ^b	640,00 ^b
Pacovan	79,29 ^a	4,92 ^a	5428,50 ^b	3895,33 ^a	1533,17 ^b	4950,67 ^a	1055,33 ^b
Média	78,43	4,62	5523,44	3476,83	2046,60	4709,99	1233,16
CVe	1,95	2,65	4,72	6,65	20,40	9,43	19,89

¹Médias seguidas de letras iguais, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott a 5% de significância; Tempast = temperatura de empastamento; Vmin = viscosidade mínima; Vfinal = viscosidade final; Retrogradação = tendência à retrogradação (*setback*). CVe = coeficiente de variação experimental.

As maiores temperaturas de empastamento foram observadas para os amidos dos plátanos Red Yade (79,2 °C), Samura B. (80,0 °C), Terra Anã Branca (80,8 °C), Terra Maranhão (81,0 °C) e da banana Pacovan (79,3 °C), com resultados semelhantes aos relatados por Agama-Acevedo et al. (2015) ao avaliar amidos de cultivares de banana Macho (79 °C) e Enano Gigante (78 °C). Em pesquisa realizada por Mesquita et al. (2016), a temperatura de empastamento dos amidos extraídos de diferentes cultivares de banana variou entre 74,4 °C e 79,8 °C, corroborando com os resultados obtidos neste estudo. Os genótipos Chifre de Vaca, Pinha, Terra Sem Nome, Tipo Velhaca, BRS SCS Belluna, BRS Platina e Grande Naine apresentaram as menores temperaturas de empastamento (74,9 °C a 78,2 °C). Do ponto de vista energético, os amidos desses últimos genótipos são mais interessantes já que produzem pasta viscosa semelhante ao amido de milho (62 °C a 72 °C) (Silva et al., 2006). Em relação a outras fontes de amido, estes valores estão na mesma faixa que o de amido de batata doce (75,2 °C) e superior ao de amido de arroz (71,3 °C), de mandioca (67,4 °C) e de batata (67,3 °C) (Srichuwong et al., 2005).

Em relação ao tempo para atingir a viscosidade máxima (tempo de pico), os maiores valores foram observados para os amidos dos plátanos Terra Anã Branca e Terra Maranhão e das bananas Grande Naine e Pacovan, que apresentaram em média 4,9 minutos (Tabela 2). Os demais amidos (Red Yade, Samura B., Terra Sem Nome, Pinha, Chifre de Vaca, Tipo Velhaca, BRS Platina e BRS SCS Belluna) não diferiram entre si e apresentaram em média 4,5 minutos, corroborando com o resultado obtido por Fontes et al. (2017) para o amido de banana extraído da cultivar Mysore (AAB). Tecnologicamente, amidos cujo pico máximo de viscosidade ocorre em menor tempo são desejáveis para produtos como sopas instantâneas, pois são capazes de formar gel semelhante ao amido de milho.

Os amidos das bananas BRS Platina e Grande Naine e dos plátanos Chifre de Vaca, Terra Sem Nome, Tipo Velhaca e Pinha apresentaram os maiores picos de viscosidade (Figura 1) e não diferiram entre si, com valor médio de 5803,51 cP (Tabela 2). Variedades com maiores viscosidades de pico são interessantes, uma vez que quantidades menores de amido são necessárias para atingir a mesma viscosidade quando comparados a outros amidos convencionais como milho e arroz. Alta viscosidade é desejável quando o objetivo é o poder espessante, resultando em economia ao elaborar produtos que são consumidos quentes, como sopas, e aqueles que necessitam de consistência mais firme (Silva; Silva, 2005; Silva et al., 2006). Os demais amidos não diferiram entre si e apresentaram picos de viscosidade média de 5243,36 cP. Valores semelhantes para o pico de viscosidade foram relatados por Fontes et al. (2017) para o amido extraído da cultivar Mysore (5455,3 cP). Picos de viscosidade inferiores (entre 1108 cP e 1343 cP) foram relatados por

Reddy et al. (2015a) ao avaliarem quatro variedades de banana cultivadas na Índia. Maiores variações para o pico de viscosidade, entre 2220 cP e 5527 cP, foram observadas por Leonel et al. (2011) ao avaliarem sete cultivares de banana.

Os picos de viscosidade das variedades Grande Naine e Pacovan (Figura 1) ocorreram durante a manutenção da temperatura a 95 °C, o que indica a estabilidade dos grânulos desses amidos ao inchaço (Chávez-Salazar et al., 2017), no entanto a quebra seguiu o padrão dos demais amidos. Resultado semelhante foi obtido por Chávez-Salazar et al. (2017) para a variedade de sobremesa Gros Michel.

Em relação à quebra de viscosidade, foram observados maiores valores para os amidos extraídos dos plátanos Pinha, Terra Sem Nome, Tipo Velhaca e BRS Platina, em média 2613 cP (Tabela 2). Os demais genótipos não diferiram entre si e apresentaram os menores valores de quebra de viscosidade, ou seja, os amidos desses genótipos são mais resistentes à temperatura e agitação, e, portanto, são mais estáveis ao cozimento (Leonel et al., 2011). A resistência à ação mecânica durante o período de temperatura constante mostra que esse amido tem fortes ligações intermoleculares. Os grânulos com baixo poder de inchaço são mais resistentes ao aquecimento prolongado e/ou agitação mecânica, portanto, menos susceptíveis à ruptura do grânulo, o que está relacionado com a estabilidade da viscosidade. Este tipo de amido é preferido como espessante em alimentos que exigem longo tempo de tratamento térmico sob agitação, por exemplo, nos processos que envolvem tratamento com altas temperaturas e pressão, como autoclavagem, fabricação de sopas e produtos em conservas (Silva; Silva, 2005).

Todos os amidos apresentaram aumento da viscosidade no resfriamento e tendência à retrogradação (Figura 1). Os genótipos Chifre de Vaca, Samura B., Terra Anã Branca, Terra Maranhão, BRS SCS Belluna e Pacovan apresentaram os maiores valores de viscosidade final, enquanto que a menor tendência à retrogradação ocorreu nos amidos dos plátanos Pinha, Terra Sem Nome e Pacovan e nas variedades comerciais de banana BRS Platina e Grande Naine (Tabela 2). A resistência ao rompimento e a estabilidade dos grânulos de amidos são observadas pela reduzida viscosidade de quebra e não pela viscosidade final, já que esta última está associada ao resfriamento da pasta, quando ocorre gelificação do gel. Dessa forma, alta viscosidade final significa alta capacidade das moléculas de amilose de formarem ligações cruzadas e de se aproximarem por afinidade, devido à sua forma linear que permite maior mobilidade. A amilose atua aumentando a estabilidade da estrutura do grânulo, assim, os amidos com baixo teor de amilose, como o milho ceroso, possuem um pico de viscosidade estreito quando comparado ao amido de milho comum (Bahnassey; Breene, 1994).

A viscosidade de *setback* é uma medida indireta da tendência à retrogradação do amido. A retrogradação é o processo de cristalização das cadeias de amido, particularmente das moléculas de amilose, que ocorre após o resfriamento da pasta do amido gelatinizado, formando uma rede tridimensional coesa. Esta rede é formada por grânulos de amido parcialmente gelatinizados e por componentes de amido em solução. Com o tempo, este gel formado tem a tendência de liberar água, que é conhecida como sinérese (Mesquita et al., 2016; Silva et al., 2008).

O maior *setback* indica a menor estabilidade da pasta de amido a frio ou a retrogradação mais rápida (Almeida et al., 2020; Bernardo et al., 2018). A tendência à retrogradação é um parâmetro que auxilia na estimativa da estabilidade do gel de amido durante a estocagem, especialmente sob baixas temperaturas (refrigeração e congelamento). Assim, amidos com menores tendências à retrogradação são mais desejáveis pela indústria de alimentos (Bernardo et al., 2018).

O teor de amilose exerce um papel importante por influenciar diversas propriedades dos amidos, tais como gelatinização, retrogradação e suscetibilidade à ação enzimática (Chávez-Salazar et al., 2017; Mesquita et al., 2016; Reddy et al., 2015a; Utrilla-Coello et al., 2014). Observou-se variação de 29,73% (Grande Naine) a 38,01% (Pacovan) para o teor de amilose entre os amidos avaliados (Tabela 3). Não houve diferença quanto ao teor de amilose e amilopectina entre os plátanos e as variedades de banana Pacovan e BRS Platina, que apresentaram em média, 36,80% de amilose. Valores inferiores foram observados por Soares et al. (2011) para a variedade Pacovan (18,90%) e para o plátano Terra Maranhão (21,20%). Amidos com elevados teores de amilose são mais resistentes à digestão enzimática e, por isso, trazem benefícios para a saúde humana. Estes amidos também podem formar excelentes filmes, sendo interessantes do ponto de vista industrial (Mesquita et al., 2016). Entre as variedades de banana, BRS SCS Belluna e Grande Naine apresentaram os menores teores de amilose, 32,93% e 29,73%, respectivamente (Tabela 3). Mesquita et al. (2016) relataram menor teor de amilose em amidos extraídos da banana Grande Naine (26,54%). Segundo Krossmann e Lloyd (2000), a variação do teor de amilose entre as diferentes cultivares de banana pode ocorrer devido à atividade das enzimas envolvidas na biossíntese dos componentes das cadeias linear e ramificada dos amidos.

Embora se saiba que exista uma relação entre o teor de amilose e a tendência à retrogradação (Bernardo et al., 2018), essa relação não foi observada no presente trabalho. Observou-se menor tendência à retrogradação (Figura 1) para amidos com altos teores de amilose, como os plátanos Terra Sem Nome e Pinha, e para amido com baixo teor de amilose, como a banana Grande Naine. Agama-Acevedo et al. (2015) também não observaram relação entre o teor de amilose e a tendência à retrogradação em amidos obtidos de diferentes cultivares de banana.

As propriedades térmicas traduzem o quão resistente é o amido à desordem molecular de suas regiões cristalinas e, conseqüentemente, à fusão do material (Whittam et al., 1990). Os resultados do índice de cristalinidade e das propriedades térmicas dos amidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de amilose, índice de cristalinidade e propriedades térmicas dos amidos de plátanos e de bananas verdes.

Genótipos	Amilose (%)	Cristalinidade (%)	Propriedades térmicas				
			To (°C)	Tp (°C)	Tf (°C) ^{ns}	ΔT (°C) ^{ns}	ΔH (J/g) ^{ns}
Chifre de Vaca	36,99 ^a	34,10 ^a	68,85 ^b	73,63 ^a	87,19	18,34	16,15
Pinha	36,84 ^a	32,98 ^a	67,10 ^b	71,73 ^b	87,28	20,18	17,07
Red Yade	35,72 ^a	28,82 ^b	68,93 ^b	74,08 ^a	88,49	19,56	16,99
Samura B.	36,65 ^a	31,08 ^a	68,90 ^b	74,00 ^a	86,61	17,71	15,72
Terra Anã Branca	36,41 ^a	27,07 ^b	70,56 ^a	75,13 ^a	90,84	20,28	16,89
Terra Sem Nome	37,42 ^a	32,00 ^a	66,92 ^b	72,90 ^b	81,55	14,63	17,06
Tipo Velhaca	37,17 ^a	33,55 ^a	68,55 ^b	72,88 ^b	88,06	19,51	16,86
Terra Maranhão	37,85 ^a	36,03 ^a	72,76 ^a	76,57 ^a	89,03	16,27	16,74
BRS SCS Belluna	32,93 ^b	32,55 ^a	67,91 ^b	71,80 ^b	87,26	19,35	16,41
BRS Platina	34,84 ^a	30,15 ^b	71,49 ^a	74,47 ^a	83,35	11,86	15,45
Grande Naine	29,73 ^c	26,15 ^b	67,91 ^b	71,12 ^b	86,61	18,70	18,75
Pacovan	38,01 ^a	27,90 ^b	71,72 ^a	74,80 ^a	82,19	10,47	11,94
Média	35,84	31,05	69,30	73,59	86,54	17,24	16,34
CVe	4,85	12,08	1,55	1,75	5,08	28,29	24,40

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. ^{ns} não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. To = temperatura inicial, Tp = temperatura de pico, Tf = temperatura final de gelatinização, ΔT = Tf – To, ΔH = entalpia de gelatinização. CVe = coeficiente de variação experimental.

A temperatura média inicial (To), de pico (Tp) e final (Tf) da endoterma de gelatinização dos amidos estudados foram 69,30 °C, 73,59 °C e 86,54 °C, respectivamente (Tabela 3). Estes valores são próximos aos relatados para a banana Mysore (67,54 °C, 75,18 °C e 87,56 °C, respectivamente) (Fontes et al. 2017). Chávez-Salazar et al. (2017) também relataram valores

próximos ao presente estudo para a T_o (69,80 °C a 69,90 °C) e T_p (73,55 °C a 74,33 °C) para três variedades de banana. Os picos endotérmicos da gelatinização dos amidos dos diferentes genótipos de bananas e plátanos foram entre 66,92 °C e 90,84 °C (Tabela 3). Resultado semelhante foi obtido por Reddy et al. (2015a) para quatro variedades de banana (62,08 °C a 87,99 °C), enquanto Mesquita et al. (2016) reportaram uma faixa menor para cinco cultivares de bananas de sobremesa (67,79 °C a 75,36 °C). A variação nas propriedades térmicas dos amidos pode ser atribuída à variação na relação amilose/amilopectina, tamanho e forma dos grânulos e presença/ausência de lipídios (Mesquita et al., 2016).

As variedades Pinha, Terra Sem Nome, Tipo Velhaca, BRS SCS Belluna e Grand Naine apresentaram os menores valores de T_o e T_p . Estas baixas temperaturas de gelatinização mostram vantagens de aplicação, especialmente onde os amidos são utilizados como espessantes a baixas temperaturas, reduzindo assim o gasto energético na fabricação dos produtos (Reddy et al., 2015b). O ΔT ($T_f - T_o$) indica o grau de heterogeneidade dos cristais no interior dos grânulos (Fredriksson et al., 1998; Mesquita et al., 2016), podendo ser afetado pela presença da amilose na região amorfa do grânulo, que acaba por interferir na dinâmica da fusão dos cristais de amilopectina. Para os genótipos estudados não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$) para o grau de homogeneidade da área cristalina (Tabela 3).

O material do grânulo de amido está presente na forma de anéis concêntricos, conhecidos como anéis de crescimento, os quais são organizados em regiões cristalinas e amorfas alternadas. A fusão desses cristais e o rompimento dessa estrutura organizada formam a base para a gelatinização (Jenkins; Donald, 1997). A entalpia de gelatinização (ΔH) fornece uma medida geral de cristalinidade e é um indicador da perda de ordem molecular dentro do grânulo durante a gelatinização. Um gel de ΔH mais baixo sugere menor grau de organização ou menor estabilidade dos cristais (Reddy et al., 2015a). O ΔH reflete a quantidade de duplas hélices que são quebradas durante a gelatinização. As variedades não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) para a entalpia de gelatinização observada e os valores variaram entre 11,94 J g⁻¹ e 18,75 J g⁻¹ (Tabela 3). Valores similares de entalpia foram relatados por Fontes et al. (2017), Mesquita et al. (2016), Reddy et al. (2015a, b) e Utrilla-Coelho et al. (2014), ao estudarem diferentes variedades de banana.

Enquanto a entalpia de gelatinização revela o grau de ordenamento molecular, a difração de raios-X revela o arranjo formado nas áreas cristalinas, de acordo com a posição dos picos de difração detectados no difratograma.

A cristalinidade relativa do grânulo de amido pode ser determinada com base na integração das áreas sob as regiões cristalina e amorfa (Bernardo et al., 2018), em que grânulos de amido nativos contêm entre 15% e 45% de material cristalino correspondendo a duas poliformas (A ou B) ou a uma forma intermediária (C). Em relação ao padrão de cristalinidade do amido, a cristalinidade tipo A é descrita como uma unidade celular monocíclica altamente condensada e cristalina, onde 12 resíduos de glicose de duas cadeias no sentido anti-horário abrigam quatro moléculas de água entre as hélices. A estrutura de padrão tipo B é composta por uma unidade básica de cadeias que são empacotadas em um arranjo hexagonal, onde a unidade celular tem duas duplas hélices no sentido anti-horário, alinhadas e arrançadas em paralelo, com 36 moléculas de água (27%) para cada 12 resíduos de glicose. A estrutura intermediária entre os modelos A e B é denominada de padrão C (Wang et al., 2008). Amidos do tipo C não possuem poros em sua estrutura, sendo resistentes à digestão pelas enzimas e ácidos do trato gastrointestinal humano. A abundância deste tipo de amido na banana verde (Peroni-Okita et al., 2015) faz com que essa matéria prima tenha grande importância em termos nutricionais pelo seu efeito prebiótico (Zaman; Sarbini, 2016).

Os amidos analisados apresentaram padrão de cristalinidade do tipo C com difrações típicas nos picos 5,5°, 15°, 17°, 23° em 2 θ (Figura 2) e índice de cristalinidade entre 26,15% e 36,03% (Tabela 3), havendo diferenças significativas entre eles ($p < 0,05$). Os padrões de cristalinidade encontrados são os mesmos reportados por Agama-Acevedo et al. (2015), Reddy et al. (2015a, b); Utrilla-Coelho et al. (2014), Mesquita et al. (2016), Bi et al. (2017), Chávez-Salazar et al. (2017) e Khoozani et al. (2019). Segundo Agama-Acevedo et al. (2015), os padrões de cristalinidade tipo A e C detectados no amido de banana dependem das condições de crescimento da planta e da técnica de isolamento de amido (por exemplo, alcalino ou não alcalino), que pode afetar amplamente a organização interna dos grânulos. A cristalinidade depende do tamanho das cadeias de amilopectina, densidade, empacotamento e quantidade de água presente no grânulo (Bernardo et al., 2018). A cristalinidade neste estudo obedeceu à seguinte ordem: Terra Maranhão > Chifre de Vaca > Tipo Velhaca > Pinha > BRS SCS Belluna > Terra Sem Nome > Samura B. sem, entretanto, apresentar diferença estatística significativa entre elas ($p < 0,05$) (Tabela 3).

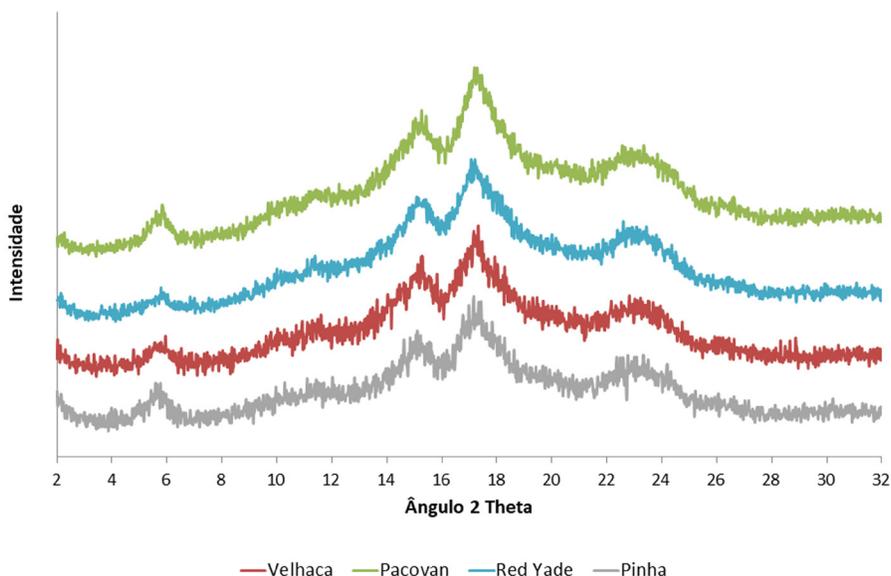


Figura 2. Perfil de cristalinidade do amido de alguns genótipos de banana verde.

A morfologia dos grânulos de amido depende da espécie botânica e da fisiologia da planta. Os grânulos de amido da banana verde apresentam superfície lisa e a característica comum a eles é que são achatados e de pequena espessura (Figura 3). Entretanto, Chifre de Vaca, Red Yade e Terra Anã Branca destacam-se por apresentar formatos mais ovalados, enquanto que Samura B., Terra Sem Nome, Tipo Velhaca e Pacovan são mais alongados. Os maiores grânulos de amidos foram observados na cultivar Terra Anã Branca. Estas diferentes morfologias também foram descritas por Bi et al. (2017), Costa et al. (2020) e Mesquita et al. (2016), que relacionaram a superfície lisa e densa à resistência da hidrólise enzimática durante a digestão. Segundo esses autores, após a cocção, o grânulo pode ser mais dificilmente acessado pelas enzimas digestivas, permitindo que o amido resistente seja convertido em amido rapidamente digerido e amido lentamente digerido. Os grânulos menores provavelmente são aqueles provenientes de estágios iniciais do desenvolvimento do grânulo, uma vez que os frutos são colhidos no estágio verde antes da degradação do amido, que ocorre durante o amadurecimento (Mesquita et al., 2016).

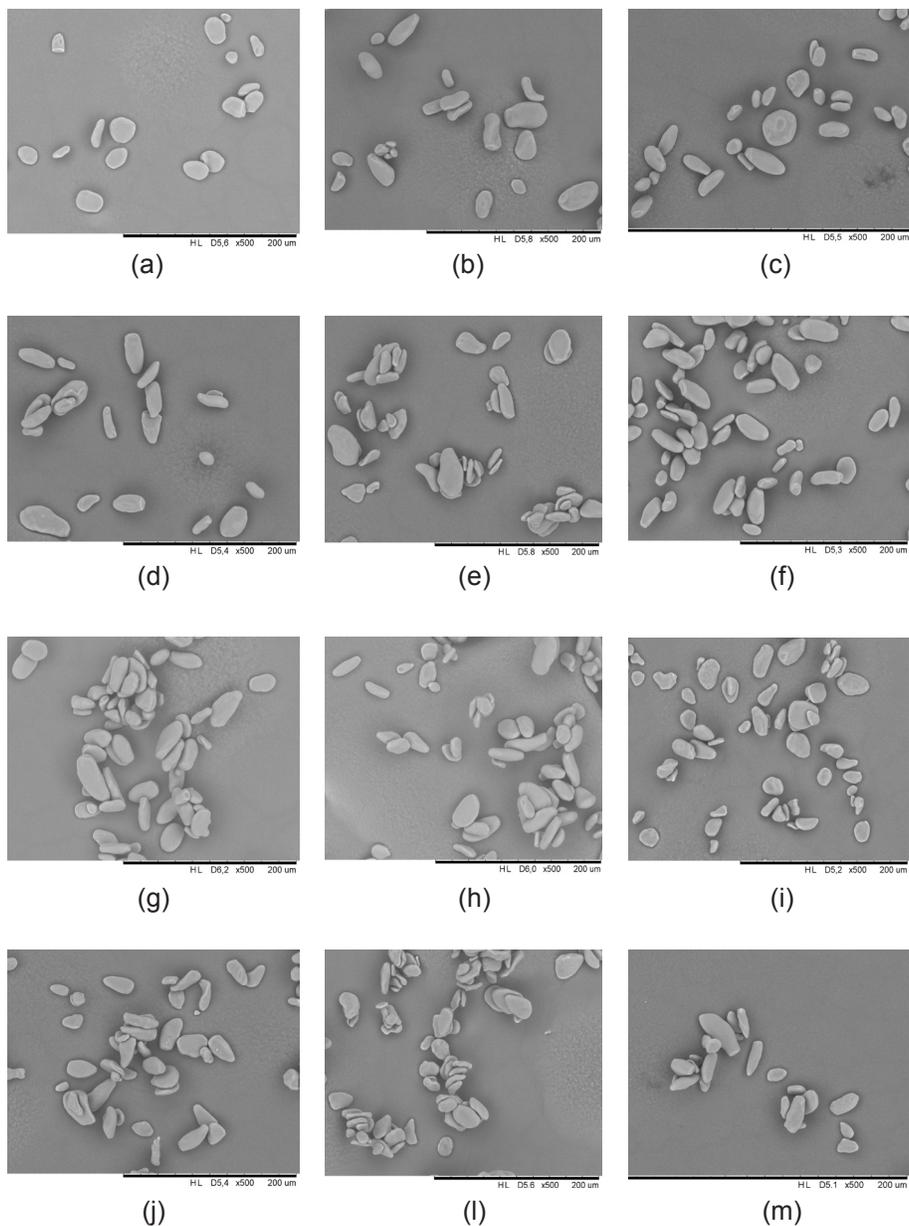


Figura 3. Micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos grânulos de amido das cultivares: (a) Chifre de Vaca; (b) Pinha; (c) Red Yade; (d) Samura B.; (e) Terra Anã Branca; (f) Terra Sem Nome; (g) Tipo Velhaca; (h) Terra Maranhão; (i) BRS SCS Belluna; (j) BRS Platina; (l) Grande Naine e (m) Pacovan.

Conclusão

Os amidos extraídos dos diferentes genótipos de banana e plátanos verdes diferem em suas características e apresentam consideráveis teores de amilose (29,73% a 37,85%), baixos teores de fósforo (0,01% a 0,03%) e lipídios (0,04% a 0,10%), faixa de gelatinização de 66,9 °C a 90,8 °C, padrão de cristalinidade do tipo C e grânulos mais ovalados ou mais alongados. Os plátanos Pinha, Terra Sem Nome e a variedade de banana comercial BRS Platina apresentam elevada viscosidade de pico (a 95 °C) e menor temperatura de empastamento e quebra reduzida, além de menor tendência à retrogradação. Os amidos obtidos a partir de bananas e de plátanos verdes mostram potencial como ingrediente alimentício de alto valor agregado e representam mais uma alternativa de uso da bananeira.

Referências

AACC International. Métodos de Análise Aprovados, 11. ed. Método 76-21.01. General Pasting Method for Wheat or Rye Flour or Starch Using the Rapid Visco Analyser. Aprovado november 3, 1999. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

AGAMA-ACEVEDO, E.; NUÑEZ-SANTIAGO, M. C.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.; BELLO-PÉREZ, L. A. Physicochemical, digestibility and structural characteristics of starch isolated from banana cultivars. **Carbohydrate Polymers**, n. 124, p. 17-24, 2015.

Agritempo. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em 6 Out. 2020.

ALMEIDA, M. C. B. DE M.; COSTA, S. DOS S.; CAVALCANTI, M. T.; ALMEIDA, E. L. Characterization of *Prata* banana (*Musa AAB-Prata*) starch: native and modified by annealing. **Starch - Stärke**, 1900137, p. 1-8, 2020.

BAHNASSEY, Y.A.; BREENE, W. M. Rapid Visco-Analyzer (RVA) Pasting Profiles of Wheat, Corn, Waxy Corn, Tapioca and Amaranth Starches (A. hypochondriacus and A. cruentus) in the Presence of Konjac Flour, Gellan, Guar, Xanthan and Locust Bean Gums. **Starch - Stärke**, v. 46, n. 4, p. 134-141, 1994.

BELLO-PÉREZ, L. A.; LEON, Y. P.; AGAMA-ACEVEDO, E. PAREDES-LÓPEZ, O. Isolation and partial characterization of amaranth and banana starches. **Starch/Stärke**, v.50, n. 10, p. 409-413, 1998.

BERNARDO, C. O.; ASCHERI, J. L. R.; CHÁVEZ, D. W. H.; CARVALHO, C. W. P. Ultrasound assisted extraction of yam (*Dioscorea bulbifera*) starch: effect on morphology and functional properties. **Starch – Stärke**, n. 70, 1700185, 2018.

BI, Y.; ZHANG, Y.; JIANG, H.; HONG, Y.; GU, Z.; CHENG, L.; LI, Z.; LI, C. Molecular structure and digestibility of banana flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 72, p. 219-227, 2017.

CHÁVEZ-SALAZAR, A.; BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; CASTELLANOS-GALEANO, F. J.; ÁLVAREZ-BARRETO, C. I.; PACHECO-VARGAS, G. Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 240-246, 2017.

DUFOUR, D.; GIBERT, O.; GIRALDO, A.; SANCHEZ, T.; REYNES, M.; PAIN, J. P.; GONZALEZ, A.; HERNANDEZ, A.; DIAZ, A. Differentiation between Cooking Bananas and Dessert Bananas. 2. Thermal and Functional Characterization of Cultivated Colombian Musaceae (*Musa* sp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 7870-7876, 2009.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 20 Out. 2020.

FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

FREDRIKSSON, H.; SILVERIO, J.; ANDERSSON, R.; ELIASSON, A.C.; AMAN, P. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 35, n. 3-4, p. 119-134, 1998.

FREITAS, M. C. J.; TAVARES, D. De Q. Caracterização do grânulo de amido de bananas (*Musa* AAA-Nanicão e *Musa* AAB-Terra). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n.2, p. 217-222, 2005.

FONTES, S. M.; CAVALCANTI, M. T.; CANDEIA, R. A.; ALMEIDA, E. L. Characterization and study of functional properties of banana starch green variety of Mysore (*Musa* AAB - Mysore). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 37, n.2, p. 224-231, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. Brasília, DF: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION **ISO 6647**: Rice-determination of amylose content. 1987. 5 p.

IZIDORO, D. A.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; SOUZA, C. F.; SCHEER, A. P. Physical and chemical properties of ultrasonically, spray-dried green banana (*Musa cavendish*) starch. **Journal of Food Engineering**, v. 104, p. 639-648, 2011.

JENKINS, P. J.; DONALD, A. M. Breakdown of crystal structure in potato starch during gelatinization. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 66, n. 2, p. 225-232, 1997.

KHOZANI, A. A.; BEKHIT, A. E. A.; BIRCH, J. Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.130, p. 938-946, 2019.

KROSSMANN, J.; LLOYD, J. Understanding and influencing starch biochemistry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 35, n. 3, p. 141-146, 2000.

LEONEL, M.; CARMO, E. L. DO, LEONEL, S.; FRANCO, C. M. L.; CAMPANHA, R. B. Extração e caracterização do amido de diferentes genótipos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n. esp. 1, p. 599-605, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Metodologia para análise de elementos em material vegetal do livro IN: Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed., ver. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. Disponível em: <http://piatv.com.br/ fosforo.pdf>. Acesso em: 6 out. 2020.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis, Editora UFC, 2007, 101 p.

MESQUITA, C. B.; LEONEL, M. FRANCO, C. M. L. LEONEL, S.; GARCIA, E. L.; SANTOS, T. P. R. Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 89, p. 632–639, 2016.

NUNEZ-SANTIAGO, M. C.; BELLO-PÉREZ, L. A.; TECANTE, A. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behavior of banana (*Musa paradisiaca*) starch. **Carbohydrate polymers**, v. 56, p.65-75, 2004.

OLIVEIRA, D. C. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2011. 141 f.

ORSUWAN, A.; SOTHORNVIT, R. Development and characterization of banana flour film incorporated with montmorillonite and banana starch nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, n. p. 235-242, 2017.

PEREIRA, A.; MARASCHIN, M. Banana (*Musa* spp) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 160, p. 149-163, 2015.

PERONI-OKITA, F. H. G.; GUNNING, A. P.; KIRBY, A.; SIMÃO, R. A.; SOARES, C. A.; CORDENUNSI, B. R. Visualization of internal structure of banana starch granule through AFM. **Carbohydrate Polymers**, v. 128, p. 32-40, 2015.

SOARES, C. A.; PERONI-OKITA, F. H. G.; CARDOSO, M. B.; SHITAKUBO, R.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Plantain and Banana Starches: Granule Structural Characteristics Explain the Differences in Their Starch Degradation Patterns. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 12, p. 6672-6681, 2011.

PLOETZ, R. C. Fusarium Wilt of Banana. **Phytopathology**, v. 105, n. 12, p. 1512-1521, 2015.

REDDY, C. K.; HARIPRIYA, S.; VIDYA, P. V. Morphology, physico-chemical and functional characteristics of starches from different banana cultivars. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 52, p. 7289-7296, 2015a.

REDDY, C. K.; VIDYA, P. V.; HARIPRIYA, S. Effect of chemical modification on molecular structure and functional properties of *Musa* AAB starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 1039-1045, 2015b.

SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, R. A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.1, p. 188-197, 2006.

SILVA, M. H. L.; SILVA, C. O. Caracterização parcial de amido de banana-nanica (*Musa sp.* AAA Cavendish). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 52, n. 303, p. 751-762, 2005.

SILVA, R. M.; FERREIRA, G. F.; SHIRAI, M. A.; HAAS, A.; SCHERER, M. L.; FRANCO, C. M. L.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados com permanganato de potássio/ácido láctico e hipoclorito de sódio/ácido láctico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.1, p. 66-77, 2008.

SRICHUWONG, S.; SUNARTI, T.C.; MISHIMA, T.; ISONO, N.; HISAMATSU, M. Starches from different botanical sources II: Contribution of starch structure to swelling and pasting properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 62, n. 1, p. 25-34, 2005.

UTRILLA-COELLO, I. R. G.; RODRÍGUEZ-HUEZO, M. E.; CARRILLO-NAVAS, H.; HERNÁNDEZ-JAIMES, C.; VERNON-CARTER, E. J.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. In vitro digestibility, physicochemical, thermal and rheological properties of banana starches. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 154-162, 2014.

WANG, S.; YU, J.; JIN, F.; YU, J. The new insight on ultrastructure of C-type starch granules revealed by acid hydrolysis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 43, n. 2, p. 216-220, 2008.

WHITTAM, M. A.; NOEL, T. R.; RING, S.G. Melting behaviour of A- and B-type crystalline starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 12, n. 6, p. 359-362, 1990.

ZAMAN, S.A.; SARBINI, S.R. The potential of resistant starch as a prebiotic. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 36, n. 3, p. 578-584, 2016.

ZHANG, P.; WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J.; HAMAKER, B. Banana starch: production physicochemical properties and digestibility - a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 4, p.443-458, 2005.



Agroindústria de Alimentos