



SECAGEM DE BANANA VERDE COM CASCA EM LEITO FLUIDIZADO PULSADO

LILIAN C. S. VICTORINO^{1*}, CAMILLA P. FERNANDES¹, KACIANE ANDREOLA¹,
LUCIANE F. G. SOUZA¹, MARCELLO NITZ¹, CARMEN C. TADINI².

¹CEUN-IMT, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

²Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Depto. de Engenharia Química. FoRC/NAPAN
Food Research Center

*e-mail: lilian.cassia@maua.br

RESUMO - A banana verde é rica em amido resistente, minerais e outros nutrientes, caracterizando-a como um ingrediente de considerável relevância nutricional. A secagem em leito fluidizado pulsado (LFP) possibilita a secagem de partículas grandes e densas, preservando boa parte das propriedades nutricionais, além de reduzir custos de armazenamento e transporte. As bananas verdes, em seu primeiro estágio de maturação, com casca, trituradas e tratadas com ácido cítrico foram submetidas à secagem em leito fluidizado pulsado em duas condições de temperatura (55 °C e 75 °C) e frequência de pulsação igual a 500 rpm. A farinha de banana verde com casca foi avaliada quanto ao teor de amido resistente, teor de amido total, umidade, atividade de água, pH e cor instrumental (L^* , a^* , b^*). O teor de amido resistente encontrado foi de $35,8 \pm 5,1$ e $37,9 \pm 5,0$ (g/100 g, b.s.) para as condições de secagem a 55 °C e 75 °C, respectivamente. A farinha obtida do processo de secagem a 75 °C, apresentou maiores valores de L^* e b^* e menores valores de umidade e a_w ($p < 0,05$). A secagem da banana verde com casca em LFP, demonstrou ser viável e as condições empregadas proporcionaram a preservação de boa parte do amido resistente.

INTRODUÇÃO

A banana é o nome geral dado a uma série de espécies do gênero *Musa*. O cultivo da fruta apresenta grande importância para a população de regiões tropicais e subtropicais, uma vez que faz parte do rendimento anual e, além disso, é uma fonte de alimento. A produção mundial de *Musa*, em 2020, foi estimada em 131,7 milhões de toneladas. A Índia ocupa a primeira posição (31,5 milhões de toneladas), seguida pela China (23,4 milhões de toneladas) e Indonésia (8,2 milhões de toneladas). De acordo com a FAO (2020), com uma produção de 6,6 milhões de toneladas no mesmo ano, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de banana e a variedade Nanicão (*Musa cavendishii*) é a mais cultivada no país. A bananicultura é a 9ª cultura mais importante do país, ocupando o segundo lugar em volume de frutas produzidas e perdendo apenas para as laranjas (16,0 milhões de

toneladas) (IBGE, 2021). No entanto, aproximadamente um quinto de toda a colheita da banana é descartado, além disso, bananas rejeitadas são dispostas de forma inapropriada (Rayo-Mendez *et al*, 2019).

O consumo da banana verde vem se tornando cada vez mais evidente, devido ao seu alto teor de amido resistente, fibras dietéticas, compostos polifenólicos, flavonóides e carboidratos não-digeríveis, os quais são reconhecidos pelos pesquisadores pelos seus efeitos positivos à saúde humana (La Fuente, 2017; Menezes *et al.*, 2011; Padhi e Dwivedi, 2022; Tribess, 2009).

Segundo a literatura, a banana verde é rica em amido e sua farinha pode conter de (61,3 a 76,5) g/100 g de amido e teor de fibras de (6,3 a 15,5) g/100 g. Além disso, grande parte do amido encontrado na farinha de banana verde é o amido resistente do tipo 2 (RS₂), cerca de (52,7 a 54,2) g/100 g, que tem atraído

interesse dos pesquisadores devido aos seus efeitos positivos no cólon humano e outros benefícios para a saúde. No entanto, a resistência do RS₂ pode ser vencida pela gelatinização do amido durante o cozimento (Juarez-Garcia *et al.*, 2006).

Uma forma de minimizar as perdas e preservar uma boa parte das características nutricionais é submeter a fruta ao processo de desidratação para a obtenção de farinha de banana verde.

Os secadores de leitos fluidizados são equipamentos amplamente utilizados em processos industriais devido às altas taxas de transferência de massa e calor entre o fluido e as partículas. O leito fluidizado convencional não é adequado para determinados materiais, como por exemplo, sólidos coesivos e pegajosos que aglomeram. Estudos indicam que a fluidização pode ser melhorada quando vibrações ou pulsações ocorrem no leito, impedindo a canalização do gás (Rayo-Mendez *et al.*, 2019; Wang e Rhodes, 2005).

Nitz (2006) relatou que os leitos fluidizados pulsados (LFP) representam uma alternativa não só aos equipamentos de fluidização convencional, mas também aos leitos vibrofluidizados, em que a agitação das partículas é promovida pela movimentação mecânica da estrutura do equipamento. No LFP, é possível trabalhar com partículas que apresentam maior distribuição granulométrica e irregularidade geométrica, em comparação com os leitos fluidizados convencionais. Li e Guo (2017) realizaram ensaios de secagem de trigo moído, com diâmetro médio de 3,79 mm e densidade igual a 1276 kg/m³. A aplicação de fluxo pulsado melhorou a secagem em baixas taxa de fluxos.

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a influência de duas condições de secagem de banana verde com casca, em LFP, sobre a cinética de secagem e as características físico-químicas da farinha obtida.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo da matéria-prima

A matéria-prima utilizada para realização desse estudo foi a banana verde (*Musa acuminata*), subgrupo *Cavendishii*, uma variedade conhecida no Brasil como Nanicão,

produzida no Vale do Ribeira, Estado de São Paulo. As frutas foram adquiridas na Companhia Regional de Abastecimento Integrado de Santo André (CRAISA) no primeiro estágio de maturação, sempre do mesmo fornecedor, no período entre agosto e outubro de 2021. Após a recepção, as bananas verdes foram despencadas manualmente e lavadas em água corrente. Em seguida, foram sanitizadas utilizando-se uma solução de 150 mg·L⁻¹ de hipoclorito de sódio por 10 min e, após esse período, enxaguadas novamente em lavador automático (Costr. Mecc., Nilma, ATIR II, Itália). Depois de secas e ainda com as cascas, foram levadas ao processador industrial (Compagnia Tecnica Internazionale, Nilma, Itália) onde receberam ácido cítrico (0,8 g/100 g da fruta), com o objetivo de prevenir o escurecimento enzimático (Figura 1). Na sequência, foram submetidas à etapa de trituração.

Figura 1: (a) banana verde com casca, adicionada de ácido cítrico no processador. (b) banana verde com casca, após a etapa de trituração.



O tamanho aproximado dos pedaços foi de 15×8×5 mm. Após essa etapa, as frutas trituradas foram centrifugadas (Consul, C2A05BBANA, Argentina) por 7 min, para separação do exsudato.

Sistema Experimental

O secador de leito fluidizado pulsado (LFP) foi projetado e construído na Instalação Piloto do Laboratório de Engenharia Química do Instituto Mauá de Tecnologia situado em São Caetano do Sul – SP.

Inicialmente, as condições do ensaio, tais como, a vazão volumétrica de ar, a frequência de pulsação do ar e a temperatura do ar de entrada foram configuradas no LPF. O equipamento foi mantido ligado por 30 min,

sem amostra, para estabilização dessas condições.

O LFP foi alimentado com 5,0 kg de banana triturada, resultando em uma altura do leito de 4,5 cm.

A representação esquemática do LFP é ilustrada na Figura 2. O sistema de distribuição de ar é o responsável por gerar a pulsação na alimentação. Esse ar é introduzido pelo soprador a uma vazão constante. Sob a tela que suporta o material no leito existe uma câmara distribuidora do ar dividida em quatro seções. A dimensão de cada uma das 4 seções é de $0,15 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$, ou seja, $0,045 \text{ m}^2$.

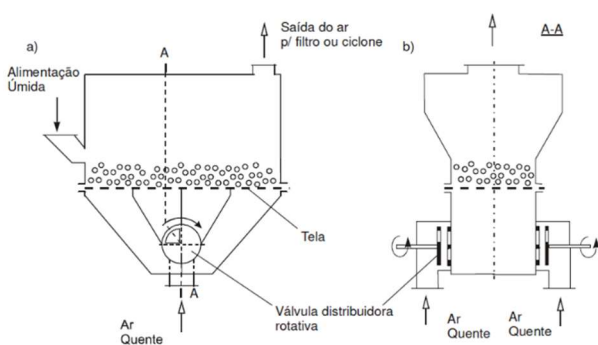


Figura 2: Representação esquemática do secador de leito fluidizado pulsado com quatro seções.

Adaptado de Nitz e Taranto (2009)

Na entrada dessa câmara o ar passa pelo disco rotativo, impulsionado por um motor elétrico de 735,5 W em um sistema composto por eixo, polias e correia.

O sistema de aquisição conectado ao secador é constituído por uma placa eletroeletrônica de aquisição de dados, módulos de entrada e saída analógicas, sensores de temperatura, de umidade, de pressão e de velocidade. Foi utilizado o *software* LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) e um instrumento virtual (VI) como interface computacional. Um sistema similar foi utilizado por Andreola (2017) no monitoramento das condições do processo de aglomeração de proteína concentrada de arroz em leito fluidizado. A partir do sistema de aquisição instalado foi possível medir a temperatura próxima à amostra dentro do leito, temperatura e umidade do ar de entrada e de saída, com aquisição de dados a cada 1 s, possibilitando o registro dos dados em planilha eletrônica.

As condições mantidas fixas no presente estudo foram a frequência de pulsação de ar $FP = 500 \text{ rpm}$ e vazão volumétrica de ar, $\dot{V}_g = (439 \pm 25) \text{ m}^3/\text{h}$ (CNTP). Os ensaios foram realizados para duas temperaturas do ar de entrada no LFP: $55 \text{ }^\circ\text{C}$ e $75 \text{ }^\circ\text{C}$, estabelecidas com base nos resultados de ensaios exploratórios anteriores e nas informações da literatura sobre a faixa de temperatura de gelatinização do amido resistente presente na banana verde, que pode variar entre 65 e $77 \text{ }^\circ\text{C}$, dependendo das condições de processo (Tribess, 2009; Waliszewski *et al.*, 2003).

Cinética de Secagem

Com a finalidade de obter a curva de secagem em todos os ensaios, foram retiradas amostras a cada 10 min no período de 0 a 40 min de processo. No intervalo entre 40 e 160 min, foram retiradas amostras a cada 20 min. As amostras, em triplicata, foram acondicionadas em embalagens plásticas seladas a vácuo mantidas em dessecador, em temperatura ambiente até o dia seguinte para análise do teor de umidade de acordo com o método descrito pela AOAC (2000).

Os dados dos teores de umidade das diferentes condições de secagem foram convertidos em razão de umidade (MR), segundo a Equação 1, em que X_t é o teor de umidade em um determinado instante t , X_e é o teor de umidade na condição de equilíbrio e X_i é o teor da umidade inicial, expressos em $\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}$ (b.s.).

$$MR_{exp} = \frac{X_t - X_e}{X_i - X_e} \quad (1)$$

O modelo matemático semi teórico estabelecido por Midilli *et al.* (2002), apresentado na Equação 2 foi ajustado aos valores de MR_{exp} , obtidos em triplicata.

$$MR_{pre} = a_M \exp \exp(-k_M t^{n_M}) + b_M t \quad (2)$$

Os parâmetros a_M , k_M , n_M e b_M foram calculados de forma iterativa utilizando a ferramenta *solver* do Excel®, de modo a minimizar o valor de χ^2 definido pela Equação 3, em que $MR_{exp,i}$ é a razão de umidade experimental em cada observação i , $MR_{pre,i}$ é a razão de umidade predita pelo

modelo em cada observação i , N é o número de observações e n é o número de constantes do modelo. A raiz quadrada do erro quadrático médio ($RMSE$, Equação 4) e o coeficiente de determinação (R^2 , Equação 5) foram calculados para verificar a qualidade do ajuste.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n} \quad (3)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{médio})^2 - \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{médio})^2} \quad (5)$$

Características físico-químicas das farinhas obtidas

O particulado obtido da secagem de banana verde com casca em cada ensaio foi submetido às etapas de moagem, em moinho de facas (SP Labor, SP-31, Brasil), e peneiramento manual (peneira granulométrica $8 \times 2''$, 60 mesh), de modo a obter uma farinha, antes de ser encaminhado às análises físico-químicas de pH (MICRONAL, modelo B-474, Brasil), cor instrumental (L^* , a^* , b^*), em espectrofotômetro (HunterLab, COLORQUEST XE, EUA), calibrado previamente, operando com iluminante D65, ângulo do observador de 10° , no modo de calibração RSEX (reflectância especular excluída) e na escala CIELAB, e atividade de água (AquaLab, Series 3TE, EUA), a 25°C . Os teores de amido resistente (RS) e amido total (TS) presentes na farinha de banana verde foram determinados de acordo com o método 2002.02 da AOAC (McCleary e Monaghan, 2002).

Microscopia eletrônica de varredura

Amostras das farinhas de banana verde com casca foram avaliadas em microscópio eletrônico de varredura (Vega 4 LMS, Tescan do Brasil Instrumentos Científicos, Brasil) para investigar a morfologia dos grânulos de amido presentes. Uma pequena quantidade de amostra foi espalhada cuidadosamente em fita adesiva dupla face apropriada e posicionada em suporte metálico. Foi realizada a metalização com ouro por 200 s.

Tratamento estatístico

Os resultados foram tratados por análise de variância (ANOVA), para verificar se as amostras diferiram estatisticamente. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey sendo a diferença mínima estabelecida ao nível de 5 % de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação do teor de umidade das amostras coletadas ao longo do processo de secagem possibilitou expressar a razão de umidade experimental MR_{exp} , de acordo com a Equação 1. A partir dos dados de MR_{exp} em função do tempo foi possível construir as curvas de secagem apresentadas na Figura 3.

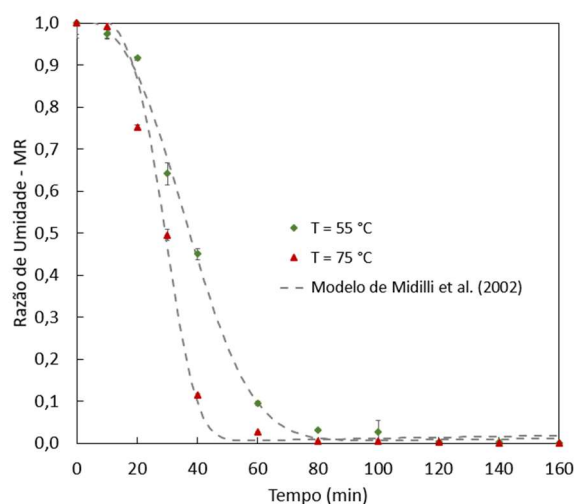


Figura 3: Razão de umidade (MR_{exp}) ao longo do tempo e os valores preditos pelo modelo de Midilli *et al.* (2002) para a secagem de banana verde triturada com casca

De acordo com as definições dos períodos de secagem estabelecidas por Strumillo e Kudra (1986), nota-se, na Figura 3, nos primeiros 10 min de secagem, um período de acomodação, de estabilização entre a temperatura do material e a temperatura de bulbo úmido do ar de secagem. A duração do período de secagem à taxa constante é relativamente pequena, de modo que o período de secagem à taxa decrescente pode ser observado entre 20 e 50 min para $T = 75^\circ\text{C}$ e, entre 20 e 80 min para $T = 55^\circ\text{C}$, aproximadamente. Nesse período, o teor de umidade presente na superfície do produto é reduzido e a velocidade de secagem diminui. A temperatura do material aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. A

partir desse período, o comportamento da curva aproxima-se assintoticamente do conteúdo de umidade de equilíbrio do material.

Os parâmetros da Equação 2 foram calculados a partir da regressão não linear do conjunto dos dados experimentais obtidos e os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Coeficientes do modelo de Midilli *et al.* (2002)

<i>Ensaio</i>	a_M	k_M	n_M	b_M
55 °C	1,019604	0,0000002	4,154726	0,000068
75 °C	1,015213	0,0000015	3,873934	0,000118
	R^2	$RMSE$	χ^2	
55 °C	0,997470	0,021859	0,000751	
75 °C	0,991311	0,037298	0,002186	

Os valores do coeficiente de determinação (R^2) e da raiz quadrada do erro quadrático médio ($RMSE$) indicam a qualidade do ajuste realizado, cujas curvas são apresentadas na Figura 3.

Para obter a estimativa do tempo de secagem em cada condição, foi estabelecido um teor de umidade de referência. A umidade de equilíbrio é a mais adequada para esse tipo de estudo. Alguns trabalhos, no entanto, têm levado em consideração um teor de umidade de referência a fim de estimar o tempo de secagem. Padhi e Dwivedi (2022), estimaram o tempo de secagem de fatias de banana verde considerando teor de umidade de referência de 6 g/100 g (b.u.), utilizando duas técnicas distintas: estufa com circulação de ar a 60 °C e janela de refractância (banho termostático a 85 °C).

Foi estabelecido um teor de umidade de referência igual a 10 g/100 g (b.u.) e estimou-se o tempo de secagem para atingir essa umidade, convertida para base seca e expressa por $X_r = 0,11 \text{ kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{kg}$ (b.s.). A partir do X_r , foi calculado o valor de MR_r , de acordo com a Equação 1, para cada ensaio.

O tempo predito para atingir a razão MR_r foi de 129,9 min à temperatura de 55 °C e 62,6 min à 75 °C, o que indica que o aumento da temperatura do ar de secagem favoreceu a redução do tempo de secagem para atingir a umidade de referência, como esperado. Tribess e colaboradores (2009) obtiveram um tempo de

secagem de, aproximadamente 360 min em secador tipo bandeja (55 °C, velocidade do ar de 1,0 m/s) utilizando bandejas perfuradas.

Características físico-químicas das farinhas obtidas

O particulado resultante de um dos processos de secagem e as farinhas obtidas após as etapas de moagem e peneiramento são ilustrados na Figura 4.

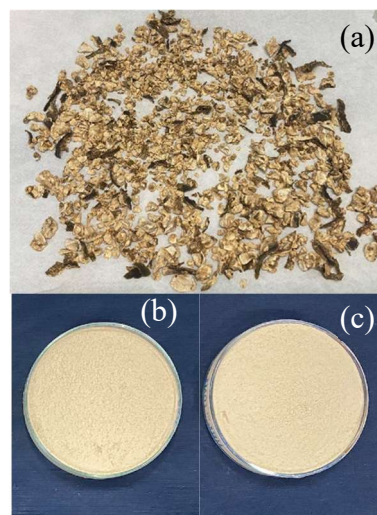


Figura 4: (a) particulado obtido após a secagem da banana verde com casca ($T = 55 \text{ °C}$) (b) FBV ($T = 55 \text{ °C}$), (c) FBV ($T = 75 \text{ °C}$).

Os teores de umidade das farinhas obtidas em cada condição de secagem por um período de 160 min, bem como os valores de outras propriedades físico-químicas, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Propriedades físico-químicas das farinhas obtidas pelo processo de secagem da banana verde com casca em LFP.

	$T = 55 \text{ °C}$	$T = 75 \text{ °C}$
$RS_{bs}(\text{g}/100 \text{ g})$	$35,8 \pm 5,1^a$	$37,9 \pm 5,0^a$
$TS_{bs}(\text{g}/100 \text{ g})$	$69,8 \pm 6,1^a$	$74,9 \pm 5,6^a$
$U_{bu}(\text{g}/100 \text{ g})$	$6,38 \pm 0,07^a$	$3,28 \pm 0,12^b$
a_w	$0,216 \pm 0,007^a$	$0,107 \pm 0,002^b$
pH	$4,25 \pm 0,01^a$	$4,27 \pm 0,02^a$
L^*	$81,27 \pm 0,11^a$	$83,62 \pm 0,25^b$
a^*	$2,48 \pm 0,03^a$	$1,31 \pm 0,03^b$
b^*	$14,17 \pm 0,08^a$	$14,66 \pm 0,14^b$

RS_{bs} : teor de amido resistente, em base seca. TS_{bs} : teor de amido total, em base seca. U_{bu} : teor de umidade, em base úmida. Médias indicadas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$).

Os resultados apresentados indicam que os teores de amido resistente das farinhas obtidas a partir das duas condições de secagem não diferiram significativamente ($p > 0,05$). Bezerra (2010) obteve um teor de amido resistente, em base seca, de $36,1 \pm 0,4$ (g/100 g) em farinha de banana verde com casca obtida a partir da secagem a 80°C em leito de jorro.

Os valores encontrados foram compatíveis com os reportados pela literatura. Khoozani *et al.* (2019) encontraram teores de umidade variando de 4,27 a 5,01 g/100 g (b.u.) e atividade de água, variando de 0,29 a 0,39. Tribess *et al.* (2009), ao secarem bananas verdes sem casca, em bandejas, obtiveram farinhas com teor de umidade entre 1,6 e 7,6 g/100 g (b.u.). Ahmed *et al.* (2020) obtiveram $L^* = 84,62 \pm 1,18$, $a^* = 1,29 \pm 0,03$ e $b^* = 11,54 \pm 0,14$ para farinhas de banana verde sem casca previamente branqueadas em água quente (85°C por 3 min), tratadas em solução de ácido cítrico (1 g/100 mL) e depois submetidas à secagem em secador de bandejas.

Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As imagens geradas a partir da MEV são apresentadas na Figura 5. Alguns grânulos de amido observados apresentaram formatos arredondados e outros alongados. A dimensão do eixo maior variou de 31 a 62 μm . Em geral, a estrutura dos grânulos de amido observada apresenta-se preservada, com contornos regulares. As membranas observadas ao redor dos grânulos são os amiloplastos, responsáveis por sintetizar e estocar amido dentro da célula do vegetal (Menezes *et al.*, 2011).

Bezerra (2010) obteve imagens da MEV dos grânulos de amido em seu estudo de caracterização de farinha de banana verde obtida por secagem em leito de jorro. A autora descreve que os grânulos maiores são mais achatados e alongados, enquanto os grânulos pequenos são arredondados, similares aos encontrados no presente estudo. O trabalho de revisão publicado por Zhang *et al.* (2005) detalha que os grânulos de amido de banana verde podem ter formato esférico com diâmetro variando entre 15 e 40 μm . Os grânulos com formato mais alongado podem apresentar um

comprimento entre 20 e 50 μm , segundo os autores.

CONCLUSÃO

O processo de secagem de banana verde em leito fluidizado pulsado demonstrou ser viável e a temperatura apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) sobre o tempo de secagem, considerando uma umidade de referência igual a 0,11 g/100 g (b.s.).

As propriedades físico-químicas (a_w , umidade, pH e cor instrumental) da farinha obtida a partir da secagem da banana em leito fluidizado pulsado foram compatíveis com as das farinhas obtidas por outras técnicas de secagem, como por exemplo, em secador de bandejas.

A secagem de banana verde com casca (integral) possibilita um melhor aproveitamento do fruto, reduzindo o desperdício, além de poder trazer vantagens nutricionais e econômicas.

NOMENCLATURAS

a_M	Constante do modelo de Midilli <i>et al.</i> (2002)	-
a_w	Atividade de água	-
b_M	Constante do modelo de Midilli <i>et al.</i> (2002)	-
CNTP	Condições normais de temperatura e pressão	-
FBV	Farinha de banana verde	-
FP	Frequência de pulsação do ar	rpm
k_M	Constante do modelo de Midilli <i>et al.</i> (2002)	-
LPF	Leito fluidizado pulsado	-
MR	Razão de umidade	-
MR_{exp}	Razão de umidade experimental	-
$MR_{exp,i}$	Razão de umidade experimental em cada observação i	-
$MR_{exp,r}$	Razão de umidade de referência	-
MR_{pre}	Razão de umidade experimental predito pelo modelo	-
n	Número de constantes do modelo	-
n_M	Constante do modelo de Midilli <i>et al.</i> (2002)	-
N	Número de observações	-
R^2	Coefficiente de determinação	-
RMSE	Raiz quadrada do erro quadrático médio	-
RS	Amido resistente	g/100 g
T	temperatura	$^\circ\text{C}$
t	tempo	min
TS	Amido total	g/100 g
U_{bu}	Teor de umidade em base úmida	g/100 g
\dot{V}_g	Vazão volumétrica de ar	m^3/h
X_e	Teor de umidade na condição de equilíbrio	$\text{kg H}_2\text{O}/\text{kg}$
X_i	Teor da umidade inicial	$\text{kg H}_2\text{O}/\text{kg}$
X_r	Teor de umidade de referência	$\text{kg H}_2\text{O}/\text{kg}$
X_t	Teor de umidade em um determinado instante t	$\text{kg H}_2\text{O}/\text{kg}$

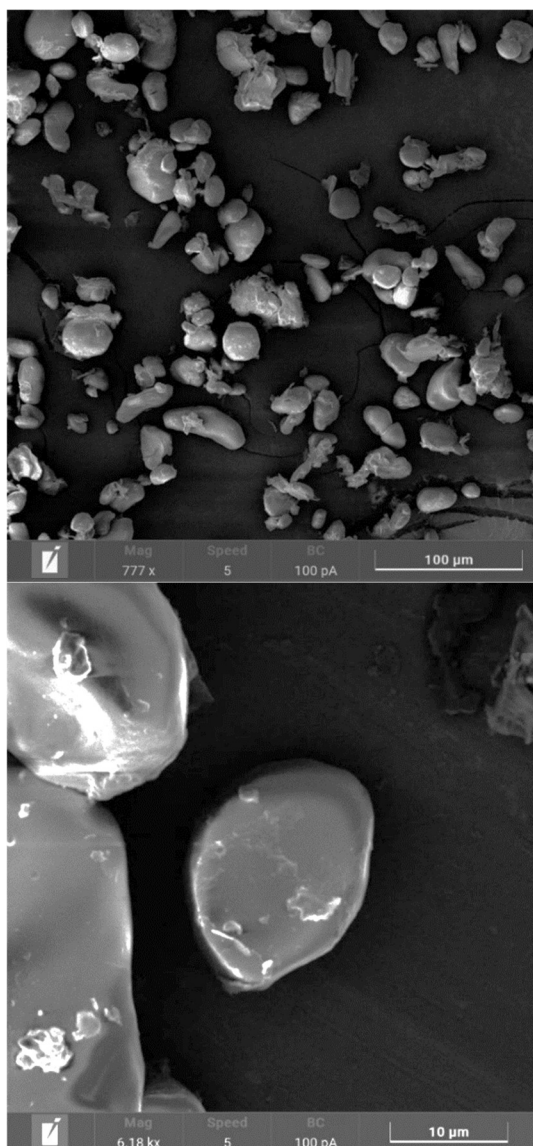


Figura 5. (a) grânulos de amido presentes na FBV com casca, obtida a partir da secagem a 55 °C

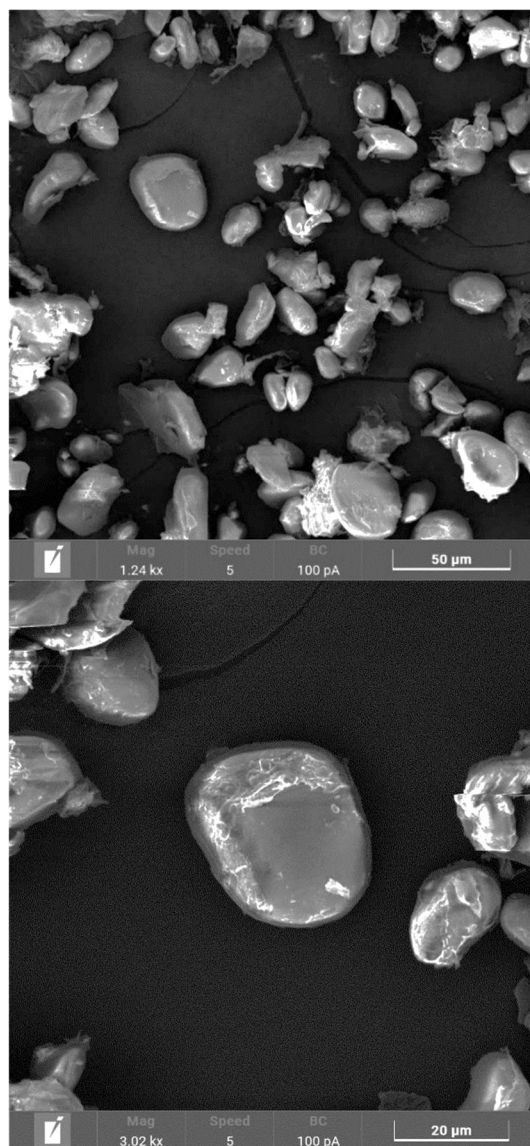


Figura 5. (b) grânulos de amido presentes na FBV com casca, obtida a partir da secagem a 75 °C

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Mauá de Tecnologia pela infraestrutura oferecida na realização desse trabalho (IMT 13897/24/20) e pela concessão da bolsa de Iniciação Científica, à FAPESP (EMU 2021/04848-0, EMU 2019/25707-6), e ao Food Reserach Center (FoRC 2013/07914-8).

REFERÊNCIAS

- AHMED, J.; THOMAS, L.; KHASHAWI, R. (2020), Influence of hot-air drying and freeze-drying on functional, rheological, structural and dielectric properties of green banana flour and dispersions. *Food Hydrocolloids*, v. 99.
- ANDREOLA, K. (2017), Aglomeração de proteína concentrada de arroz em leite fluidizado: Monitoramento in-line do tamanho das partículas. Universidade Estadual de Campinas. Campinas.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. (2000), *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Arlington, n. 17th.
- BEZERRA, C. V. (2010). Caracterização e avaliação das propriedades funcionais tecnológicas da farinha de banana verde obtidas por secagem em leito de jorro. Universidade Federal do Pará. 89p. (dissertação de mestrado).
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020). Disponível em:

- <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
L. Acesso em: 03 Agosto 2022.
- GIRALDO-GÓMEZ, G. I.; RODRÍGUEZ-BARONA, S.; SANABRIA-GONZÁLEZ, N. R. (2019), Preparation of instant green banana flour powders by an extrusion process. *Powder Technology, Manizales*, p.437-443.
- IBGE. (2021), Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 28 de fevereiro 2022.
- JUAREZ-GARCIA, E.; AGAMA, E.; SAYAGO-AYERDI, S. G.; RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L.; BELLO-PÉREZ, L. A. (2006) Composition, Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. *Plant Foods for Human Nutrition*, p. 61(3):131-7.
- KHOOZANI, A.; BEKHIT, E.-D. A.; BIRCH, J. (2019) 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.
- LA FUENTE, C. I. A. (2017), Efeito Combinado do Ultrassom e do Pulso de Vácuo Sobre a Cinética De Secagem Da Banana Verde (*Musa cavendishii*). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- LI, H.-W.; GUO, H. (2017), Analysis of drying characteristics in mixed pulsed rectangle fluidized beds. *Powder Technology*, 308, February 2017. 451-460.
- MCCLEARY, B. V.; MONAGHAN, D. A. (2002), Measurement of resistant starch. *Journal of AOAC International*, 85, p.665-675.
- MENEZES, E. ; TADINI, C. C.; TRIBESS, B.; ZULETA, ; BINAGHI, J.; PAK, N.; VERA, G.; DAN, M. C. T.; BERTOLINI, A. C.; CORDENUNSI, R.; LAJOLO, F. M. (2011), Chemical composition and nutritional value of unripe banana flour (*Musa acuminata*, var. Nanicão). *Plant Foods Hum Nutrition*. p.231-237.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. (2002), New model for single layer drying. *Drying Technology*, 20, n. 7, p.1503-1513.
- NITZ, M. (2006), Fluidodinâmica, secagem e recobrimento em leito pulso-fluidizado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. Campinas (tese de doutorado).
- NITZ, M.; TARANTO, O. P. (2009), Drying of a Porous Material in a Pulsed Fluid Bed Dryer: The Influences of Temperature, Frequency of Pulsation, and Air Flow Rate. *Drying Technology*, p. 212-219.
- ORMENESE, R. (2010) Obtenção de farinha verde por diferentes processos de secagem e aplicação em produtos alimentícios. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas (tese de doutorado).
- PADHI, S.; DWIVEDI, M. (2022) Physico-chemical, structural, functional and powder flow properties of unripe green banana flour after the application of Refractance window drying. *Future Foods*, Odisha, India.
- RAYO-MENDEZ, L. M.; GÓMEZ, A. V.; TADINI, C. C. (2019) Extraction of soluble sugars from banana puree to obtain a matrix rich in non-starch polysaccharides. *Food Chemistry*, v. 294, p. 539-546.
- TRIBESS, T. B. (2009) Processo de obtenção de farinha de banana verde com alto conteúdo de amido resistente. Universidade de São Paulo. São Paulo. (tese de doutorado).
- TRIBESS, T. B.; HERNÁNDEZ-URIBE, J. P.; MÉNDEZ-MONTEALVO, M. G. C.; MENEZES, E. W.; BELLO-PÉREZ, L. A.; TADINI, C. C. (2009), Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 42, p. 1022-1025.
- STRUMILLO, C.; KUDRA, T. (1986), *Drying: principles, applications and design*. New

York: Gordon and Breach Science Publishers, 448p.

WALISZEWSKI, K. N.; APARICIO, M. A.; BELLO, L. A.; MONROY, J. A. (2003) Changes of banana starch by chemical and physical modification. *Carbohydrate Polymers*, v. 52.

WANG, X. S.; RHODES, M. (2005), Using pulsed flow to overcome defluidization. *Chemical Engineering Science*, v. 60, p. 5177-5181.

ZANG, P.; WHISTLER, R. L.; BeMILLER, J. N.; HAMAKER, B. R. (2005), Banana starch: production, physicochemical properties and digestibility - a review. *Carbohydrate Polymers*, 59, p. 443-458.