

## ESTUDO CINÉTICO DE SECAGEM PARA PRODUÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE

MOISE DOSSOUS<sup>1,2\*</sup>, GUSTAVO HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS<sup>3</sup>

### 1 Introdução

A banana é o fruto da bananeira, uma planta herbácea da família Musaceae, consumida em todo o mundo (SOUSA, 2003). As frutas desempenham um papel de grande importância, em que se destaca os aspectos social, econômico e alimentar. A falta de técnicas adequadas de pós-colheita, transporte e armazenamento das frutas, que são alimentos altamente perecíveis, ocasiona grandes perdas, sendo que em países emergentes, estas perdas são estimadas em aproximadamente 50% (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A exigência dos consumidores tem aumentado e produtos que preservam ao máximo suas características originais estão sendo preferidos. Em nível industrial, isto significa o desenvolvimento de operações que minimizem efeitos adversos do processamento. Estudos sobre secagem e atividade de água têm sido realizados devido à sua influência na qualidade do produto seco. A secagem é uma das operações de transferência de massa mais antigas utilizadas na conservação dos alimentos. A remoção parcial ou total de água de um alimento implicará na inibição do crescimento microbiano, na prevenção de reações bioquímicas responsáveis pela deterioração, em menores custos de transporte, embalagem e estocagem, constituindo um método importante para prolongar a vida útil de diversos produtos (PARK et al., 2002).

### 2 Objetivos

Estudar o processo de secagem da banana verde para elaboração de farinha, por meio da avaliação da cinética de secagem, análises químicas e tecnológicas das farinhas obtidas.

### 3 Metodologia

Os procedimentos foram desenvolvidos no laboratório de Análise de Alimentos da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras do Sul. Como matéria prima foi utilizado frutos de banana da terra verde, adquiridos comercialmente em estabelecimento comercial do município.

Os frutos utilizados foram preparados no dia da aquisição, sendo padronizados, com e sem a casca, totalmente verde, excluindo-se aqueles fora do padrão e que apresentassem man-

1 Graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus Laranjeiras do Sul*, contato:dossusmoise@gmail.com

2 Grupo de Pesquisa: Produção, Transformação e armazenamento, *campus Laranjeiras do Sul*

3 Doutor Engenharia Química, Universidade Federal da Fronteira Sul, **Orientador.**

chas e injúrias físicas. Foram lavados em água corrente e organizados em quatro diferentes amostras: (1) frutos descascados e fatiados longitudinalmente com espessura de 3 mm; (2) frutos descascados e cortados em rodelas de 3 mm; (3) frutos com casca e cortados em rodelas de 3 mm; (4) casca do fruto. Em seguida foram armazenados em ultrafreezer a  $-80^{\circ}\text{C}$  até o momento de realizar a secagem de acordo com cada experimento.

O ensaio de secagem consistiu em levar as quatro amostras à estufa com circulação de ar forçado a  $65^{\circ}\text{C}$ . Em intervalos de 30 min, a massa das amostras foi aferida para se acompanhar a perda de massa de água durante o processo. Este procedimento foi realizado até massa constante. Em seguida, o material foi moído em moinho de facas, peneirado e armazenado.

A cinética de secagem foi estudada mediante curvas da razão de umidade (RX) em função do tempo. Quando as amostras atingiram massa constante, foi determinado o teor de água de equilíbrio em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  por 24 h (IAL, 2008). Para o cálculo da razão de umidade para cada ensaio foi utilizado a equação abaixo:

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

Em que:  $X_t$ : teor de água do produto em função do tempo (b.s.);  $X_i$ : teor de água inicial do produto (b.s.);  $X_e$ : teor de água de equilíbrio do produto (b.s.).

Os modelos matemáticos empíricos que foram testados e ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem dos diferentes ensaios foram os modelos:

Newton: 
$$\frac{R_x}{X_i} = 1 - e^{-kt} \quad (2)$$

Page: 
$$\frac{R_x}{X_i} = 1 - e^{-k_1 t} - k_2 t \quad (3)$$

Em que:  $t$ : tempo de secagem (min);  $k$ : coeficientes cinéticos de secagem;  $n$ : constante do modelo. Os ajustes foram realizados por meio de análise de regressão não linear.

A avaliação da composição centesimal das farinhas produzidas foi realizada em triplicata, expressa em média  $\pm$  desvio padrão. As análises dos teores de umidade, cinzas, lipídio, proteína e carboidrato foram realizadas de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

O cálculo do rendimento de secagem foi feito seguindo a seguinte equação:

$$\text{Rendimento} = \frac{M_f}{M_i} \times 100 \quad (4)$$

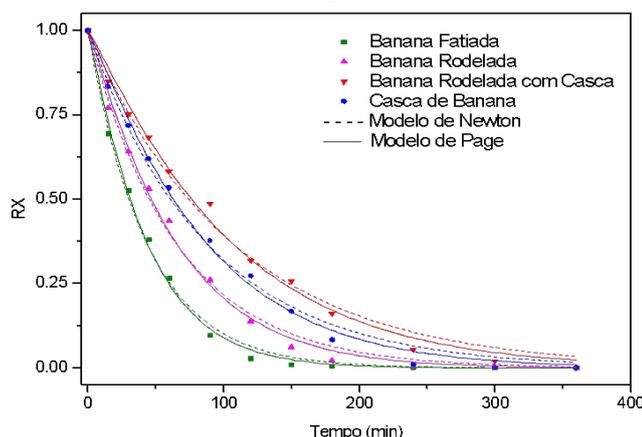
Em que:  $M_f$  massa final das amostras secas (g) e  $M_i$  massa inicial das amostras (antes da secagem) (g).

#### 4 Resultados e Discussão

Inicialmente foi realizado o processo de secagem do fruto, testando diferentes formas de preparo da amostra para secagem. A Figura 1 apresenta os dados experimentais da cinética

de secagem das quatro amostras testadas expressos em termos de RX na temperatura de 65°C, com os ajustes dos modelos cinéticos de Newton e de Page. A Tabela 1 apresenta os coeficientes cinéticos de secagem dos dois modelos matemáticos testados.

**Figura 1.** Ajustes dos modelos matemáticos de Newton e de Page para a cinética de secagem das quatro amostras de banana na temperatura de 65°C.



**Tabela 1.** Parâmetros da cinética de secagem da banana em diferentes formas com seus respectivos coeficientes de secagem e coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Ensaio	Modelos	Parâmetros		
		k (min <sup>-1</sup> )	N	R <sup>2</sup>
Banana Fatiada	Newton	0,0229	-	0,9964
	Page	0,0174	1,071	0,9969
Banana Rodelada	Newton	0,0153	-	0,9945
	Page	0,0109	1,079	0,9954
Banana Rodelada com Casca	Newton	0,0094	-	0,9918
	Page	0,0061	1,099	0,9934
Casca de Banana	Newton	0,0114	-	0,9937
	Page	0,0073	1,093	0,9956

A partir dos dados dos coeficientes cinéticos de secagem (k) (Tabela 1), que indicam a velocidade de secagem, além das curvas experimentais de secagem (Figura 1), foi possível observar que a amostra da banana fatiada foi a que apresentou maior velocidade de secagem, seguida da banana rodelada sem casca. Este resultado pode ter ocorrido devido à maior superfície exposta na banana fatiada em relação a banana rodelada. A amostra da banana rodelada com casca apresentou a cinética de secagem mais lenta, ou seja, a secagem da casca se apresentou mais rápida do que a banana com casca. Neste caso, a presença da casca aumentou a resistência à transferência de umidade, resultando em coeficientes de secagem menores.

A Tabela 2 apresenta os dados experimentais da composição centesimal da farinha de banana verde fatiada, rodelada sem casca, rodelada com casca e da casca da banana.

**Tabela 2.** Valores médios da composição centesimal da farinha de banana verde fatiada, rodada sem casca, rodada com casca e da casca da banana.

Farinhas	Composição centesimal (%)				
	Umidade	Cinzas	Lipídio	Proteína	Carboidrato
<b>Banana fatiada</b>	4,71 ± 0,05 <sup>c</sup>	2,12 ± 0,40 <sup>b</sup>	0,52 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>c</sup>	92,60 ± 0,50 <sup>a</sup>
<b>Banana rodada sem casca</b>	4,93 ± 0,06 <sup>b</sup>	2,18 ± 0,30 <sup>b</sup>	0,50 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,05 ± 0,01 <sup>c</sup>	92,34 ± 0,50 <sup>b</sup>
<b>Banana rodada com casca</b>	5,43 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,88 ± 0,50 <sup>b</sup>	1,06 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>b</sup>	90,56 ± 0,60 <sup>c</sup>
<b>Casca da banana</b>	1,98 ± 0,03 <sup>d</sup>	9,63 ± 0,50 <sup>a</sup>	4,70 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,11 ± 0,01 <sup>a</sup>	83,58 ± 0,50 <sup>d</sup>

\*Médias que não compartilham a mesma letra são significativamente diferentes pelo teste de Tukey,  $p < 0,05$ .

A composição centesimal (Tabela 2), mostrou que as farinhas sem casca (fatiada e rodada), de forma geral, apresentaram resultados estatisticamente iguais. Estas duas farinhas apresentaram maiores teores de carboidratos, destacando-se para aplicações ricas em amido. A casca da banana apresentou maiores teores de cinzas, lipídios e proteína. Observa-se que para a banana rodada com casca, os teores de cinzas, lipídios e proteínas tiveram um aumento em comparação da banana sem casca, pelo efeito da presença da casca. O teor de carboidrato da banana rodada com casca diminuiu em comparação a banana sem casca, novamente pelo efeito da presença da casca. No entanto, esta variação no teor de cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e umidade para a banana rodada com casca não foi muito elevada em comparação com a banana rodada sem casca e com a banana fatiada.

A Tabela 3 apresenta os valores médios do rendimento de secagem da farinha de banana verde fatiada, rodada sem casca, rodada com casca e da casca da banana

**Tabela 3.** Valores médios do rendimento de secagem da farinha de banana verde fatiada, rodada sem casca, rodada com casca e da casca da banana.

Farinhas	Rendimento (%)
<b>Banana fatiada</b>	37,4
<b>Banana rodada sem casca</b>	36,9
<b>Banana rodada com casca</b>	28,4
<b>Casca da banana</b>	12,4

O rendimento de secagem (Tabela 3) foi maior para banana fatiada (37,4%) e rodada sem casca (36,9%), enquanto a presença da casca reduziu o rendimento, sobretudo quando seca isoladamente (12,4%). De forma geral, a secagem da casca apresentou menor rendimento de secagem, inclusive influenciando na queda do rendimento da banana rodada quando contou com a presença da casca.

## 5 Conclusão

Os resultados de secagem mostraram que tanto o preparo e formato da banana quanto a temperatura de secagem tiveram impacto significativo na taxa de secagem. O modelo de Newton e de Page forneceram uma compreensão detalhada do processo de secagem, permitindo otimizações do processo para diferentes formas de processamento e condições operacionais. O preparo da banana verde influencia a composição e o rendimento das farinhas. As amostras sem casca apresentaram maior rendimento e teor carboidratos, enquanto as com casca, embora menos eficientes, tiveram aumento pouco significativo no teor de cinzas, lipídios e proteínas. Estes resultados indicam uma possibilidade de produção da farinha de banana verde com a casca, no sentido de facilitar a operação da produção de farinha ao não precisar remover a casca, e por consequência minimizar o desperdício como resíduo da casca de banana.

## Referências Bibliográficas

- CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. Pós colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e manuseio. Lavras, MG: FAEPE – ESAL, 1990. 320p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Núcleo de Informação e Tecnologia - NIT /IAL, IV edição, 1ª Edição Digital, São Paulo, 2008.
- PARK, K. J., BIN, A., BROD, F.P.R. Drying of pear d'Anjou with and without Preservation, v.11, p.183-195, 2002.
- SOUSA, P. H. M. Influência da concentração e da proporção fruto: xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. Ciência e Tecnologia Alimentos, v. 23, p. 126-130, 2003.

**Palavras-chave:** Farinha de banana; Cinética de secagem, Modelos matemáticos, Banana com casca; Composição centesimal.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES 2024 - 0333

**Financiamento:** CNPq