

# AVALIAÇÃO DO EFEITO DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM EM SPRAY DRYER NA UMIDADE, ATIVIDADE DE ÁGUA E COR DE FARINHA DE BANANA VERDE ATRAVÉS DA TÉCNICA DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

ANA LETÍCIA P. **BIAZZI**<sup>1</sup>; RITA DE CÁSSIA S. C. **ORMENESE**<sup>2</sup>; LUCIANO **ARMILIATO**<sup>3</sup>; CLÁUDIA A. S. **ALMEIDA**<sup>4</sup>; ALFREDO A. **VITALI**<sup>3</sup>; FERNANDA P. C. **QUEIROZ**<sup>5</sup>

Nº 0801006

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito das condições de secagem em *spray dryer* nas características de umidade, atividade de água e cor de farinha de banana verde através da técnica de planejamento experimental, avaliando-se a influência das variáveis: temperatura do ar de secagem, vazão de alimentação (medida através da rotação da bomba) e da velocidade do atomizador (medida através da pressão do ar). Devido às respostas observadas no intervalo de trabalho estudado não terem apresentado grande variabilidade entre si, não foi possível estabelecer modelos matemáticos para essas respostas em função das variáveis estudadas. As respostas obtidas nestes ensaios apresentaram resultados dentro do esperado para um produto final de boa qualidade (umidade: de 7,57% a 12,58%, atividade de água: de 0,282 a 0,566, L\*: de 74,27 a 80,16, a\*: 3,57 a 6,89 e b\*: 14,09 a 17,88). Ainda serão conduzidas análises de amido resistente nas amostras obtidas. Esses resultados serão avaliados como resposta do planejamento experimental para se verificar a influência das condições de operação de secagem na preservação do amido resistente na farinha.

## ABSTRACT

The aim of this work was to study the effect of the variables air temperature, feed flow (measured by the rotation of the pump) and the speed of the atomizer (measured by air

---

<sup>1</sup> Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, FEA/UNICAMP, Campinas-SP, [✉ analeticia\\_biazzi@yahoo.com.br](mailto:analeticia_biazzi@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> ORIENTADOR: Pesquisador, CCQA/ITAL, Campinas - SP

<sup>3</sup> COLABORADOR: Pesquisador, GEPC/ITAL, Campinas - SP

<sup>4</sup> COLABORADOR: Assistente de apoio à pesquisa, CCQA/ITAL, Campinas – SP

<sup>5</sup> COLABORADOR: Professor visitante, FEA/UNICAMP, Campinas - SP

pressure) under drying conditions in spray dryer to moisture, water activity and color characteristics of green banana flour through Experimental Design Technique. It was not possible to establish any mathematical model because the answers had no significant variance in the ranges the variables were studied. The answers obtained in these tests showed results within the expected ranges for a final product of good quality (moisture: from 7.57% to 12.58%, water activity: from 0.282 to 0.566, L\*: from 74.27 to 80.16, a\*: from 3.57 to 6.89 e b\*: from 14.09 to 17.88). Analyses of resistant starch will be made on the flours obtained. These results will be studied as a response from the Experimental Design to check the influence of drying conditions in the preservation of resistant starch in flour.

## **INTRODUÇÃO**

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de banana sendo que a bananicultura se encontra entre as 10 culturas mais importantes do país. Do total produzido, aproximadamente 40% são perdidos somente na fase pós-colheita (EMBRAPA, 2006). Portanto, apesar de ser um grande produtor mundial do fruto, o Brasil apresenta um índice de desperdício bastante elevado.

A banana no estágio verde apresenta amido resistente, fisiologicamente definido como o amido e produtos da degradação do amido que não são digeridos/absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis, podendo, no entanto, ser fermentado no intestino grosso (EERLINGER et al., 1995). Desta forma, o amido resistente age no organismo como as fibras alimentares. De acordo com Silva (1999), a partir da maioria das variedades de banana no estágio verde, pode-se produzir uma farinha extremamente nutritiva e com inúmeras aplicações na alimentação.

Masters (1979) define a secagem por atomização (*spray drying*) como a transformação de um produto no estado fluido para o estado sólido em forma de pó, pela dispersão de gotículas do material dentro de uma câmara, que entra em contato com ar aquecido. Esse processo é limitado aos alimentos que podem ser atomizados, como líquidos, pastas e purês de baixa viscosidade (POTTER & HOTCHKISS, 1998). Dada sua versatilidade e o pequeno tempo de residência do produto na câmara de secagem, o *spray dryer* tornou-se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor (ROSA; TSUKADA; FREITAS, s.d.).

## OBJETIVOS

Esse estudo teve como objetivo avaliar a secagem da banana verde em *spray dryer* e definir as condições de processo com base nas características de umidade, atividade de água e cor das farinhas obtidas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As bananas utilizadas nos processamentos foram coletadas em uma fazenda de plantação de bananas no município de Palmital – SP e utilizadas no estágio totalmente verde - grau 1 da Escala de Maturação de Von Loesecke (FAEP, 2006). Para a remoção das cascas e para a inativação enzimática, foram empregados os processos definidos na fase inicial deste trabalho (D'ANGIOLI et al.; 2007). Na seqüência, as bananas foram trituradas em liquidificador basculante Skymesen modelo LAR-15, com água na proporção de 1:1½ (banana:água) e a pasta obtida foi passada por despoldador de escovas Sterling modelo 17 *Indiana Laboratory Finisher* com peneira número 033 e submetida à secagem em equipamento *Mobile Minor Spray Dryer*, Niro Atomizer, com capacidade de 1 kg de água evaporada/hora.

Empregou-se um planejamento fatorial completo  $2^3$ , tendo sido realizados 18 experimentos sendo 8 pontos fatoriais, 6 pontos axiais e 4 repetições no ponto central. As três variáveis independentes estudadas foram: (i) temperatura do ar de secagem ( $^{\circ}\text{C}$ ), (ii) velocidade de rotação do atomizador controlada através da pressão do ar ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ ) e (iii) vazão de alimentação do produto controlada através da rotação da bomba (RPM), conforme mostrado na Tabela 1. As velocidades de rotação do atomizador correspondentes aos valores de pressão do ar e as vazões de alimentação correspondentes à rotação da bomba são mostradas na Tabela 2. As variáveis respostas foram o teor de umidade, a atividade de água e a cor pelo sistema CIELab (parâmetros  $L^*$  - luminosidade,  $a^*$  e  $b^*$  - coordenadas de cromaticidade).

Foram empregados os seguintes métodos de análise: Teor de umidade: pela dessecação de 2 g de amostra em estufa a  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 1 hora – método 413/IV do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005); Atividade de água ( $A_w$ ): medida diretamente em higrômetro Decagon modelo CX-2 à temperatura constante ( $25,0\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); Cor: em

colorímetro Color-Eye da MacBeth (Newburgh, EUA) com *software* Comcor 1500Plus, a 25 °C, utilizando iluminante D65 (luz do dia) e ângulo de observação de 10°.

**TABELA 1.** Ensaios com valores codificados e reais.

ENSAIO	Temp. (°C)	Pressão do ar (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rotação bomba (RPM)	Temp. (°C)	Pressão do ar (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rotação bomba (RPM)
1	-1	-1	-1	148	4,3	12
2	1	-1	-1	172	4,3	12
3	-1	1	-1	148	5,3	12
4	1	1	-1	172	5,3	12
5	-1	-1	1	148	4,3	16
6	1	-1	1	172	4,3	16
7	-1	1	1	148	5,3	16
8	1	1	1	172	5,3	16
9	-1,68	0	0	140	4,8	14
10	1,68	0	0	180	4,8	14
11	0	-1,68	0	160	4,0	14
12	0	1,68	0	160	5,6	14
13	0	0	-1,68	160	4,8	11
14	0	0	1,68	160	4,8	17
15	0	0	0	160	4,8	14
16	0	0	0	160	4,8	14
17	0	0	0	160	4,8	14
18	0	0	0	160	4,8	14

**TABELA 2.** Correspondência entre as variáveis independentes: pressão do ar e rotação da bomba com velocidade de rotação do atomizador e vazão de alimentação, respectivamente.

Velocidade de rotação do atomizador		Vazão de alimentação	
Pressão ar (kgf/cm <sup>2</sup> )	Veloc. atomiz. (RPM)	Rotação bomba (RPM)	Vazão (mL/min)
4,0	30.800	11	12,9
4,3	32.260	12	14,7
4,8	34.355	14	18,4
5,3	36.130	16	22,0
5,6	37.020	17	23,9

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e desvios-padrão dos resultados de umidade, atividade de água e cor (parâmetros L\*, a\* e b\*) são mostrados na Tabela 3.

O programa Statistica® 5.5 da Statsoft (Tulsa, USA) foi usado para calcular as análises de variância (ANOVA) do planejamento experimental. As análises dos efeitos para as

variáveis respostas em modelo de 2ª ordem mostraram que somente o efeito de rotação foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para umidade e atividade de água e não houve nenhum efeito significativo para os parâmetros de cor. As porcentagens de variação explicadas pelas regressões foram muito baixas (61% para umidade e atividade de água, 47% para  $L^*$ , 53% para  $a^*$  e 31% para  $b^*$ ). Foram estudados então os modelos de 1ª ordem. Em modelo linear, para a atividade de água e umidade, somente o efeito da rotação apresentou significância ( $p \leq 0,10$ ). Os outros coeficientes não foram estatisticamente significativos, sendo que seus erros-padrão são próximos ou até mesmo maiores que os próprios coeficientes do modelo. Assim, as porcentagens de variação explicadas pelas regressões são muito baixas (67,8% para atividade de água e 68,7% para umidade), mostrando que não é possível estabelecer modelos para essas respostas em função das variáveis estudadas.

Também para os parâmetros de cor  $L^*$  e  $a^*$ , embora maiores (79,6% e 70,9%, respectivamente), as porcentagens de variação explicadas pelas regressões ainda são consideradas baixas. Para o parâmetro  $b^*$ , a porcentagem da variação explicada pela regressão foi de apenas 40,5%, não sendo possível estabelecer modelos para essas variáveis respostas. Os efeitos significativos foram pressão do ar, rotação da bomba de alimentação e a interação entre eles para  $L^*$ , somente a rotação da bomba para  $a^*$  e nenhum efeito significativo para  $b^*$ . A pouca variabilidade das respostas indica que a faixa de estudo empregada no planejamento experimental não altera significativamente as respostas, sendo a variabilidade das mesmas explicada majoritariamente pelo erro puro.

Comparando-se os resultados com os obtidos para as farinhas secas em *drum dryer* (D'ANGIOLI et al.; 2007), verifica-se que a secagem por atomização nas condições estudadas deu origem a farinhas com teor de umidade (7,57% a 12,58%) e atividade de água (0,282 a 0,566) em faixas mais estreitas que as amostras obtidas anteriormente (umidade entre 3,34% e 15,99% e atividade de água entre 0,137 e 0,843). Mota et al. (2000) obtiveram farinhas de banana verde de 7 diferentes variedades com teores de umidade variando de 3,91 a 6,17%, enquanto que Daramola & Osanyinlusi (2006), estudando a composição centesimal de farinhas de banana verde obtidas de 6 diferentes variedades, encontraram teores de umidade na faixa de 10,8% a 12,1%. Após secagem de banana verde ao sol por 18 horas, Neto et al. (1998) obtiveram farinha com teor de umidade de 7,2%. De acordo com Bobbio & Bobbio (2001), atividade de água abaixo de 0,60 evita a proliferação de microrganismos deteriorantes, especialmente as leveduras osmofílicas e os fungos xerofílicos.

Quanto à cor, as farinhas obtidas em *spray dryer* apresentaram-se tão ou mais claras e com os tons amarelo e vermelho menos intensos que as farinhas produzidas no *drum dryer* ( $L^*$  entre 61,81 e 78,39;  $a^*$  entre 4,48 e 9,15 e  $b^*$  entre 22,80 e 27,77).

## CONCLUSÃO

- Através da análise dos resultados, conclui-se que, praticamente todos os ensaios deram origem a farinhas com cor, teor de umidade e atividade de água adequados a esse tipo de produto;
- As farinhas obtidas através da secagem por atomização, na faixa de trabalho estudada, apresentaram-se similares umas à outras e com menor alteração da cor original da matéria-prima, quando comparadas às obtidas pelo processo de secagem em tambor rotativo (*drum dryer*);
- Não foi possível a otimização do processo devido à faixa de estudo do planejamento experimental;
- Após determinados os teores de amido resistente de cada amostra obtida, nova avaliação estatística será conduzida visando verificar se há efeito das condições de processo estudadas no teor de amido resistente presente na banana usada como matéria-prima.

**TABELA 3.** Teor de umidade, atividade de água e parâmetros de cor das amostras de farinha de banana verde obtidas\*.

Ensaio	Temperatura do ar (°C)	Pressão do ar (kgf/cm <sup>2</sup> )	Rotação bomba (RPM)	Umidade (%)	Aw	Cor		
						L*	a*	b*
1	148	4,3	12	9,67 ± 0,07	0,422 ± 0,004	77,73 ± 0,02	4,11 ± 0,01	15,25 ± 0,03
2	172	4,3	12	10,60 ± 0,01	0,444 ± 0,001	77,37 ± 0,14	5,94 ± 0,05	16,52 ± 0,12
3	148	5,3	12	10,96 ± 0,06	0,480 ± 0,001	77,45 ± 0,14	5,09 ± 0,04	16,48 ± 0,09
4	172	5,3	12	8,96 ± 0,03	0,420 ± 0,001	77,05 ± 0,70	4,89 ± 0,10	14,47 ± 0,34
5	148	4,3	16	11,90 ± 0,01	0,491 ± 0,002	75,56 ± 0,10	5,83 ± 0,04	17,18 ± 0,12
6	172	4,3	16	12,25 ± 0,10	0,566 ± 0,002	74,27 ± 0,07	6,89 ± 0,06	17,11 ± 0,06
7	148	5,3	16	11,91 ± 0,05	0,513 ± 0,004	77,87 ± 0,16	4,81 ± 0,06	16,77 ± 0,21
8	172	5,3	16	10,54 ± 0,06	0,453 ± 0,001	77,08 ± 0,20	5,73 ± 0,12	17,88 ± 0,28
9	140	4,8	14	9,02 ± 0,06	0,415 ± 0,001	80,16 ± 0,07	3,57 ± 0,02	14,46 ± 0,08
10	180	4,8	14	8,98 ± 0,02	0,376 ± 0,002	75,77 ± 0,14	5,23 ± 0,03	15,98 ± 0,07
11	160	4,0	14	9,51 ± 0,04	0,402 ± 0,001	78,28 ± 0,06	4,28 ± 0,02	15,09 ± 0,10
12	160	5,6	14	11,66 ± 0,13	0,564 ± 0,002	79,38 ± 0,29	4,08 ± 0,03	14,33 ± 0,08
13	160	4,8	11	7,57 ± 0,02	0,282 ± 0,001	77,85 ± 0,28	3,72 ± 0,06	15,00 ± 0,18
14	160	4,8	17	11,22 ± 0,03	0,466 ± 0,001	79,39 ± 0,07	4,21 ± 0,02	14,42 ± 0,10
15	160	4,8	14	10,75 ± 0,22	0,510 ± 0,001	77,77 ± 0,04	4,28 ± 0,06	15,32 ± 0,23
16	160	4,8	14	12,04 ± 0,01	0,511 ± 0,002	76,93 ± 0,16	4,40 ± 0,04	14,09 ± 0,08
17	160	4,8	14	10,53 ± 0,03	0,439 ± 0,000	76,53 ± 0,03	5,06 ± 0,04	16,48 ± 0,11
18	160	4,8	14	12,58 ± 0,05	0,543 ± 0,001	78,25 ± 0,02	4,99 ± 0,03	16,86 ± 0,07

\* Resultados expressos como média ± desvio padrão de 3 repetições.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3<sup>a</sup>. edição, Livraria Varela, São Paulo, 2001.

D'ANGIOLI, M. M.; ORMENESE, R. C. S. C.; VICENTE, E.; PACHECO, M. T. B.; VITALI, A. A.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Estudo Sobre a obtenção de farinha de banana verde. Anais do Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica 2007, CD-ROM.

DARAMOLA, B.; OSANYINLUSI, S.A. Production, characterization and application of banana (*Musa spp*) flour in whole maize. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n.10, p. 992 – 995, 2006.

EERLINGER, R.C.; JACOBS, H.; DELCOUR, J.A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, v.22, p. 129-138, 1995.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **500 Perguntas 500 Respostas: Banana**. Brasília: Embrapa, [s.d.], 182p. Disponível em: <[www.sct.embrapa.br/500p500r/](http://www.sct.embrapa.br/500p500r/)>. Acesso em: 13/out. 2006.

FAEP. Federação da Agricultura do Estado do Paraná. Cartilhas de classificação. Disponível em: <<http://www.faep.com.br/comissoes/frutas/cartilhas/frutas/banana.htm>>. Acesso em 16 out. 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília (DF): Ministério da Saúde / ANVISA, 2005. 1018 p.

MASTERS, K.; **Spray Drying Handbook**. 3<sup>rd</sup> ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 1979. 687p.

MOTA, R.V.; LAJOLO, F.M.; CIACCO, C.; CORDENUNSI, B.R. Composition and functional properties of banana flour from different varieties. **Starch**, v.52, n. 2-3, p.63 – 68, 2000.

NETO, J.M. de M.; CIRNE, L.E. da M.R.; PEDROZA, J.P.; SILVA, M.G. da. **Componentes químicos da farinha de banana (*Musa sp.*) obtida por meio de secagem natural**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.316-318, Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, 1998.

POTTER, N.N.; HOTCHKISS, J.H.; **Food Science**. 5<sup>th</sup> ed. Maryland: Aspen Publishers, Inc. 1998. 608p.

ROSA, E.D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L.A.P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações**. Disponível em: <http://www.fazu.br/novo/jornada2006/PALESTRAS/ENGE/palestra2.pdf>. Acesso em 11/09/07.

SILVA, E.M.F. **Estudos sobre o mercado de frutas**. São Paulo: FIPE, 1999. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em 16/07/05.