

# EFEITO DE PARÂMETROS DE EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICAS DE EXTRUSADOS DE BANANA E MANDIOCA

## THE EFFECT OF EXTRUSION PARAMETERS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF BANANA AND CASSAVA EXTRUDED EDIBLES

**Magali Leonel<sup>1</sup>, Martha Maria Mischan<sup>3</sup>, Jaime Duarte Filho<sup>2</sup>, Sarita Leonel<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Autor para contato: Centro de Raízes e Amidos Tropicais/UNESP - Fazenda Experimental Lageado s/n, C.P. 237, CEP 18603-970 Botucatu-SP. e-mail: mleonel@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Departamento de Bioestatística- IB/UNESP, Botucatu-SP

<sup>3</sup> FECD/EPAMIG, Caldas-MG

<sup>4</sup> Departamento de Produção Vegetal- FCA/UNESP, Botucatu-SP

*Recebido para publicação em 14/03/2007*

*Aceito para publicação em 22/10/2007*

### RESUMO

Neste trabalho, foi avaliado o efeito de parâmetros operacionais de extrusão sobre o índice de expansão, de volume específico, de absorção de água e de solubilidade em água, de produtos expandidos de banana e de mandioca. O delineamento central composto rotacional foi utilizado para avaliar o efeito dos parâmetros do processo sobre as características dos produtos. Foram avaliados três níveis de temperatura de extrusão (90°C, 110°C e 130°C), porcentagem de farinha de banana na mistura (30%, 50% e 70%) e umidade (13%, 15% e 17%). Os resultados obtidos mostraram efeito significativo da umidade sobre as propriedades físicas dos extrusados, sendo que a porcentagem de farinha de banana afetou o volume específico e o índice de solubilidade em água dos extrusados, não se observando efeito significativo da temperatura de extrusão sobre as características analisadas. Além disso, as melhores condições observadas, para produzir alimentos expandidos foram: 110°C de temperatura de extrusão, 15% de umidade e 15% de farinha de banana.

Palavras-chave: Extrusão. Expansão. Farinha. Amido.

### ABSTRACT

This work studied the effect of the extrusion parameters on the expansion, the specific volume, the water absorption and the water solubility indexes of extruded edibles of mixed banana and cassava flours. The central composite design was used to study the effect of the parameters on the characteristics of the products. Three levels of temperature in the barrel (90°C, 110°C and 130°C), the percentage

of banana flour in the blends (30%, 50% and 70%) and three moisture levels of the flours (13%, 15% e 17%) were evaluated. The results showed a significant effect of the moisture on the physical properties of the mixture, and the percentage of banana flour affected the specific volume and the water solubility index. No significant effects of the extrusion temperature on the physical properties of the blend were observed. The best conditions to produce mixed cassava and banana flour snacks were: 110°C temperature, 15% moisture, and 15% of banana flour.

Keywords: Extrusion. Expansion. Flour. Starch.

## 1 Introdução

As mudanças econômicas, os níveis de industrialização, a disponibilidade de alimentos, os tipos de trabalho e as maiores receitas vêm transformando os estilos tradicionais de vida, incluindo-se aqui os hábitos alimentares. Assim, estressados pela variedade de opções e pressionados pela falta de tempo, os consumidores estão deixando aos produtores de alimentos, a tarefa de encontrar soluções simples, para se alimentar de modo mais fácil, mais rápido e mais prazeroso. Nesta linha, os alimentos, do tipo *snacks*, têm se tornado parte integral do hábito alimentar da maior parte da população mundial. E a tecnologia da extrusão, nos últimos tempos, apresenta-se com um dos principais processos, para desenvolver produtos alimentícios. Trata-se de processo contínuo, em que a matéria-prima é comprimida, através de uma matriz ou de um molde, em condições de mistura e de aquecimento, submetendo-se à pressão e à fricção, gelatinizando o amido, desnaturando proteínas e promovendo ruptura de pontes de hidrogênio (FELLOWS, 2006). O controle do processo de extrusão permite obter produtos, com características variadas, melhorando a eficiência e a economia da operação; e, mesmo sendo processo tecnológico, simples, apresenta controle complicado, pois devido ao grande número de variáveis, mostra certa complexidade.

Nesse sentido, a farinha constitui um dos principais produtos da mandioca, no Brasil, com uso muito difundido, em todo o país, fazendo parte da refeição diária da maioria dos brasileiros, especialmente das regiões Norte e Nordeste. Caracteriza-se por ser alimento de alto valor energético, devido ao elevado teor de carboidratos

(principalmente amido), contendo alguns minerais, como potássio, cálcio, fósforo, sódio e ferro (CEREDA; VILPOUX, 2003). Explorada quase que, exclusivamente, por pequenos agricultores, a cultura da banana exerce importante papel sócio-econômico em muitos países, contribuindo não só para gerar renda, mas também para fixar mão-de-obra no meio rural. Colhem-se, em todo o mundo, cerca de 69 milhões de toneladas de bananas / ano. No Brasil, produz-se banana em todos os estados, com uma produção anual em torno de 6,5 milhões de toneladas (VIEIRA, 2005). Já a banana é um alimento energético com cerca de 85 kcal/100g, em base úmida, e cerca de 340 kcal/100g para a farinha integral. Apresenta, em sua composição, considerável teor de carboidratos (22,2 %), sendo rica em sais minerais, destacando-se o potássio (350 a 400 mg/g), o fósforo (25 a 30 mg/g), o cálcio (8 a 10 mg/g), o sódio (40 a 50 mg/g) e o magnésio (25 a 35 mg/g) (CARVALHO et al., 2002). Aliada à cultura da mandioca, apresenta grande apelo cultural e social, pois são parte integrante da alimentação das populações mais carentes, justificando estudos para utilizá-las, em maior escala, em produtos, como os alimentos de conveniência, obtidos por extrusão, que podem ser inseridos em programas públicos de alimentação. Nesse sentido, este trabalho busca estudar os efeitos de parâmetros de processo, nas características físicas de extrusados, de misturas de farinhas de mandioca e de banana.

## 2 Material e métodos

As bananas, cv Nanicão, colhidas ainda verdes (36 mm de diâmetro), foram descascadas, fatiadas

e secas, em estufa de circulação de ar, a 45 °C, por 24 horas. As fatias desidratadas foram moídas em moinho de facas, obtendo-se a farinha integral de banana. Já a farinha de mandioca, crua, grossa, tipo I, foi doada pela empresa PLAZA S/A, localizada no município de Santa Maria da Serra, SP.

As farinhas foram caracterizadas quanto à composição química: umidade, cinzas, fibras, açúcares totais, proteína, matéria graxa (AOAC, 1980) e amido (RICKARD; BEHN, 1987). A extrusão foi efetuada em uma linha completa de extrusão, IMBRA RX, da Imbramaq S/A, com motor de 10 HP, acoplado a redutor de velocidade, com sistema de extrusão através de fricção mecânica, de rosca simples de extrusão, com sistema de refrigeração hidráulica, para controlar temperatura na camisa de extrusão; sendo a velocidade variável e a capacidade de produção, de 45 kg / h.

Os parâmetros de processamento foram divididos em parâmetros fixos e em parâmetros variáveis, sendo os fixos:

- Taxa de compressão da rosca: 3:1;
- Taxa de alimentação: 200 g/min;
- Abertura da matriz: 3 mm;
- Rotação da rosca :272 rpm;
- Temperatura na 1ª zona de aquecimento do extrusor: 20 °C;
- Temperatura na 2ª zona de aquecimento do extrusor: 70 °C;

Os parâmetros variáveis foram: temperatura na 3ª zona de aquecimento do extrusor, umidade das misturas de farinhas e proporção de farinha

avaliado, no material, após serem extrusados e antes de secarem. O cálculo foi obtido pela relação entre o diâmetro da amostra e o diâmetro da matriz. O valor considerado foi obtido, pela média aritmética das medidas de 15 diferentes produtos, expandidos dentro de cada tratamento (FAUBION; HOSENEY, 1982).

O volume específico dos produtos expandidos foi determinado pelo método de deslocar a massa ocupada (semente de painço), e o seu volume, determinado em uma proveta graduada. Os índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) foram determinados segundo metodologia de Anderson et al. (1969). Para analisar o efeito combinado, das variáveis independentes, nas características tecnológicas dos extrusados, de farinhas de mandioca e de banana, utilizou-se o delineamento 'central composto rotacional', para três fatores, segundo Cochran e Cox (1957), com um total de 15 tratamentos, a saber:

- 8 tratamentos correspondentes ao fatorial  $2^3$ , onde os três fatores são:
  - FB = farinha de banana (%), T = temperatura (°C), U = umidade (%),
  - cada qual, em dois níveis, codificados como -1 e +1;
- 6 tratamentos, com níveis mínimo e máximo de cada fator, codificados como  $-\alpha$  e  $+\alpha$ , respectivamente, sendo  $\alpha = 2^{3/4} = 1,682$  ;
- Um tratamento central, repetido 6 vezes, com os fatores, todos, em um nível médio, codificado como zero.

**Tabela 1-** Níveis dos fatores temperatura (T), umidade (U) e farinha de banana (FB) e os correspondentes níveis codificados (X).

X	- $\alpha = -1,682$	-1	0	1	$\alpha = 1,682$
T (°C)	76	90	110	130	144
U (%)	11	13	15	17	19
FB(%)	15	30	50	70	85

de banana, avaliados em três níveis (Tabela 1). Os extrusados obtidos foram analisados quanto ao índice de expansão (IE), quanto ao volume específico (VE), quanto ao índice de solubilidade em água (ISA) e quanto ao índice de absorção de água (IAA). O índice de expansão dos extrusados foi

Para a análise estatística dos resultados experimentais utilizou-se o modelo

$$y_k = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_{ik} + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=i}^3 b_{ij} x_{ik} x_{jk} + e_k,$$

onde

$y_k$  = valor observado da variável dependente

no nível  $k$ ,  $k = 1, \dots, 20$ ;

$x_{ik}$  =  $i$ -ésima variável independente, no nível  $k$ ,  $i = 1, 2, 3$ ;

$b_0$  = parâmetro do modelo, independente de  $x$ ;

$b_i$  = parâmetros correspondentes aos efeitos lineares de  $x_i$ ;

$b_{ij}$  = parâmetros correspondentes aos efeitos de 2ª ordem de  $x_i x_j$ ,  $i = 1, 2, 3$ ,  $j = i, \dots, 3$ ;

$e_k$  = erro experimental associado à  $k$ -ésima parcela.

### 3 Resultados e discussão

Dentre os fatores que interferem na qualidade de produtos extrusados, a composição da matéria-prima e as condições de operação do extrusor estão entre os de maior influência.

De acordo com Fellows (2006), diferentes tipos de matérias-primas podem levar a produtos completamente diferentes, quando as mesmas condições são usadas no mesmo extrusor. Isso se deve às diferenças, no tipo e na quantidade de amidos, de proteínas, de umidade e de outros ingredientes adicionados (óleo, emulsificantes), resultando em viscosidades diferentes e, desse modo, características de fluxo diferentes. Diferenças no teor de açúcares ou de pH também podem produzir variações na cor, devido a diferentes graus de escurecimento,

por reações de Maillard. Os resultados, obtidos ao se caracterizar a farinha de banana, mostraram elevado teor de amido, consideráveis teores de fibras, de proteínas, de açúcares e de cinzas; e baixo conteúdo de lipídeos. Já a análise da composição química da farinha de mandioca, crua, mostrou elevado teor de amido e de fibras, com baixas quantidades de lipídeos, de açúcares e de proteínas (Tabela 2).

Conforme as condições utilizadas para processar as misturas de farinhas de mandioca e de banana, o índice de expansão dos produtos extrusados variou de 3,01 a 5,20. Através dos resultados, foi possível determinar os coeficientes de regressão, realizando a ANOVA, para determinar o índice de expansão dos extrusados (Tabela 3); sendo que os resultados indicaram efeito da umidade sobre o índice de expansão dos produtos, não ocorrendo

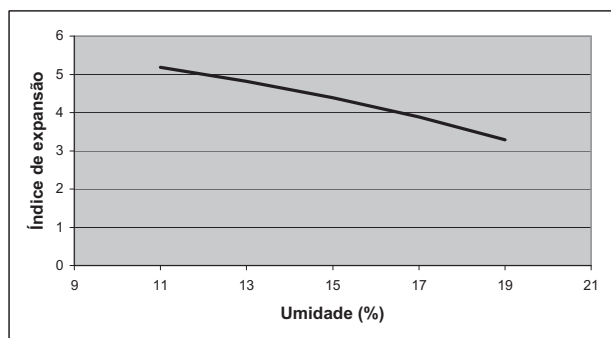
**Tabela 3** - Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o índice de expansão dos extrusados.

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	GL	P valor
Média	4.1634	0.3753		
T	0.01556	0.0089	1	0.1130
U	0.1812	0.0671	1	0.0223
FB	0.0212	0.0240	1	0.3972
T*T	-0.00008	0.00006	1	0.2420
U*U	-0.01014	0.0037	1	0.0206
FB*FB	-0.0002	0.0003	1	0.5230
T*U	-0.0003	0.0005	1	0.5974
T*FB	0.00002	0.0001	1	0.8829
U*FB	-0.0017	0.0010	1	0.1103
R <sup>2</sup>	0.7870			
ANOVA				
	GL	SQ	QM	F valor
Regressão	9	4.2352	0.4706	4.10
Resíduo	10	1.1465	0.1146	
Total	19	5.3817		Pr>F
				0,0190

**Tabela 2**- Caracterização das farinhas de banana e de mandioca.

Composição (g/100g)	Farinha de Banana	Farinha de mandioca
Umidade	4,51 ± 0,10	14,08 ± 0,07
Cinzas	2,84 ± 0,04	0,77 ± 0,02
Amido	80,05 ± 0,05	72,49 ± 1,72
Fibras	3,05 ± 0,13	4,75 ± 0,03
Proteína	3,46 ± 0,01	1,29 ± 0,04
Lipídios	0,31 ± 0,01	0,36 ± 0,02
Açúcares totais	5,19 ± 0,06	1,91 ± 0,11

efeito significativo dos demais fatores. Com o aumento da umidade, ocorreu uma diminuição significativa do índice de expansão, dos produtos extrusados, mantendo-se, no ponto central, os fatores temperatura e porcentagem de farinha de banana na mistura (Figura 1). Segundo Ding et al. (2005), o aumento da quantidade de água, durante a extrusão, poderia mudar a estrutura molecular da amilopectina do material, reduzindo a viscosidade elástica, diminuindo assim a expansão.



**Figura 1-** Efeito da umidade, no índice de expansão dos produtos extrusados, com a temperatura e a porcentagem de farinha de banana mantidos no ponto central (110 °C e 50 %).

Hashimoto e Grossmann (2003), analisando o efeito das condições de extrusão sobre a qualidade de extrusados, de misturas de farelo e de amido de mandioca, obtiveram índice de expansão, variando de 1,6 a 3,2, valores estes, inferiores aos obtidos neste experimento.

O volume específico de produtos expandidos é uma característica física importante, pois interfere diretamente na embalagem, e por conseqüência, no custo do produto. Pelo volume específico, assim como o índice de expansão, busca-se descrever, de forma indireta, o grau de transformação do grânulo de amido e as variações de peso e de volume que a massa amilácea sofreu, ao sair do extrusor (CARVALHO, 2000). O volume específico dos extrusados variou de 1,5 a 8,5 mL / g, de acordo com as condições de extrusão empregadas. A

análise dos resultados mostrou efeito significativo da porcentagem de farinha de banana, da umidade e da interação temperatura / umidade sobre o volume específico dos produtos extrusados. O coeficiente de determinação foi de 83,61 %, indicando bom ajuste do modelo aos dados (Tabela 4).

Os maiores valores de volume específico foram observados nas condições de alta umidade e de baixa porcentagem de farinha de banana, mantendo-se a temperatura na condição central (110 °C) (Figura 2).

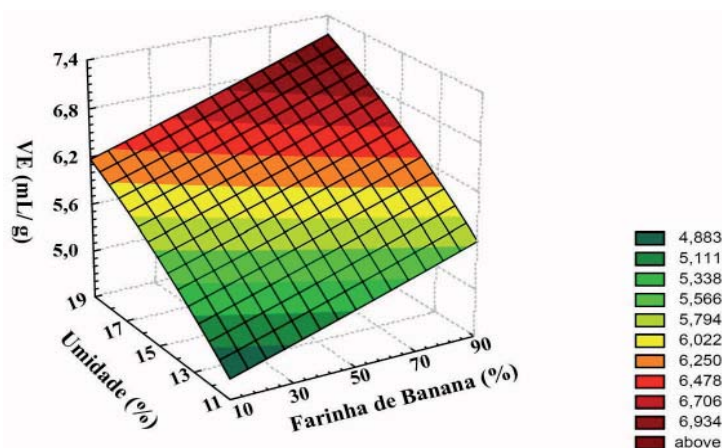
Alves e Grossmann (2002) observaram que, nas condições de 16% de umidade, temperatura de 170 °C e diâmetro de matriz de 3mm, em extrusor mono-roscas, obteve-se produtos expandidos, a partir de farinha de *Dioscorea alata*, com maior volume específico (6,3 mL / g), sendo inferior ao obtido em produtos comerciais de milho (8,7 mL/g). Assim, o índice de solubilidade em água, é um parâmetro que reflete o grau de degradação total do grânulo de amido, sendo a somatória dos efeitos de gelatinização, de dextrinização e de conseqüente solubilização.

Os resultados obtidos para os produtos extrusados, nas diferentes condições de processamento, variaram de 11,60 % a 59,98 %. Assim sendo, através dos resultados do planejamento, foi possível

**Tabela 4 -** Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o volume específico dos extrusados.

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	GL	P valor	
Média	5.9980	1.1545			
T	-0.0030	0.0275	1	0.9156	
U	0.4430	0.2064	1	0.0574	
FB	-0.2488	0.0739	1	0.0072	
T*T	-0.000016	0.00019	1	0.9341	
U*U	-0.03690	0.0113	1	0.0087	
FB*FB	0.0031	0.0008	1	0.0031	
T*U	0.0052	0.0014	1	0.0040	
T*FB	-0.000005	0.0004	1	0.9903	
U*FB	-0.0033	0.003	1	0.2958	
R <sup>2</sup>	0.8361				
ANOVA					
	GL	SQ	QM	F valor	Pr>F
Regressão	9	55.3744	6.1527	5.67	0.0061
Resíduo	10	10.8505	1.0851		
Total	19	66.2249			





**Figura 2-** Efeito da umidade e da porcentagem de farinha de banana sobre o volume específico, dos produtos extrusados, com temperatura de extrusão no ponto central (110 °C).

determinar os coeficientes de regressão, e calcular a ANOVA (Tabela 5); sendo que o modelo de regressão adotado foi significativo, com coeficiente de determinação de 76,64 %. Dentre os fatores que compõem o modelo, a umidade e a porcentagem de farinha de banana, seguidas da interação da temperatura e da umidade, mostraram efeito significativo sobre o índice de solubilidade, em água, dos produtos. Os resultados mostraram que, nas condições de baixa umidade e de alta porcentagem de farinha de banana, o índice de solubilidade, em água, é menor. Nas condições de elevada umidade e de baixa concentração de farinha de banana, na

**Tabela 5-** Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o índice de solubilidade em água dos extrusados.

	Coefficiente	Erro padrão	GL	P valor	
Média	41,7894	8.0488			
T	-0.24634	0.1921	1	0.2285	
U	5.07564	1.4389	1	0.0055	
FB	-1.24325	0.51523	1	0.0365	
T*T	0.00071	0.00071	1	0.6139	
U*U	-0.34395	-0.34395	1	0.0015	
FB*FB	0.01424	0.01424	1	0.0295	
T*U	0.03061	0.03061	1	0.0106	
T*FB	-0.00121	-0.0042	1	0.1628	
U*FB	0.00075	0.00075	1	0.9722	
R <sup>2</sup>	0.7664				
ANOVA					
	GL	SQ	QM	F valor	Pr>F
Regressão	9	1732.4439	192.4938	3.65	0.0280
Resíduo	10	527.3351	52.7335		
Total	19	2259.7790			

mistura, ocorreu elevada porcentagem de solubilidade, em água, dos produtos, mantendo-se a temperatura na condição central (110 °C) (Figura 3).

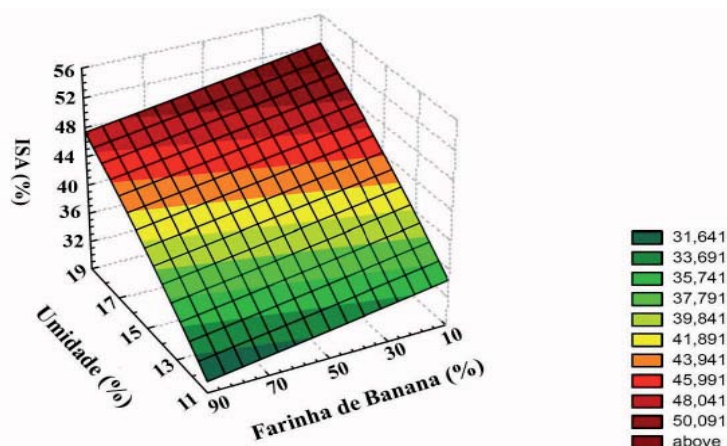
Carvalho et al. (2002), avaliando o efeito de parâmetros de extrusão, em misturas de farinhas de trigo, de arroz e de banana, temperatura variando de 60 a 80 °C; e teores de umidade, de 30 a 40 %, rotação de 100 rpm, concluíram que, nas condições de alta temperatura e de umidade, o ISA foi maior, indicando maior degradação dos grânulos de amido.

O índice de absorção de água (IAA) está relacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água, e com a capacidade das moléculas de amido para formar gel; sendo que somente os grânulos de amido, gelatinizados, absorvem água em temperatura ambiente e incham (GUHA et al., 1998).

Deste modo, de acordo com as condições de extrusão, o índice de absorção de água dos produtos extrusados variou de 5,2 a 11,3 g gel/g, sendo que o modelo de regressão adotado não foi significativo. Assim sendo, dentre os fatores que compõem o modelo, a umidade, seguida pela interação da temperatura e da umidade, mostraram efeito significativo sobre este parâmetro, sendo o coeficiente de determinação, de 65,14 % (Tabela 6).

Ao aumentar a umidade, o índice de absorção de água, dos produtos extrusados, foi menor (temperatura em 110 °C e 50 % de farinha de banana), indicando degradação da estrutura amilácea, hipótese esta corroborada pelo elevado índice de solubilidade, observado nas condições de alta umidade. Já o IAA está relacionado com a viscosidade da pasta, a frio, pois somente os grânulos de amido, danificados, absorvem água a temperatura ambiente, e incham, resultando em incremento da viscosidade. Depois de os grânulos de amido alcançarem um máximo de absorção, o IAA decresce com o começo da dextrinização (LINKO et al., 1980).

Leonel et al. (2006), estudando o efeito das condições operacionais, para produzir extrusados de farinha de inhame, observaram índices



**Figura 3-** Efeito da umidade e porcentagem de farinha de banana sobre o índice de solubilidade em água dos produtos extrusados, com a temperatura de extrusão no ponto central (110 °C).

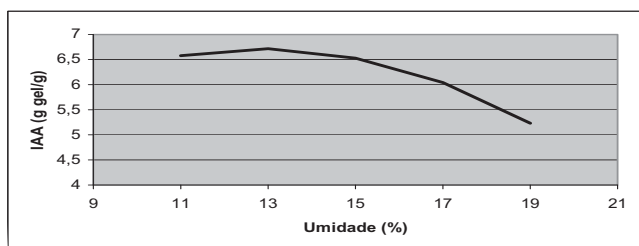
**Tabela 6-** Coeficientes de regressão estimados e ANOVA para o índice de absorção de água dos extrusados.

	Coeficiente de regressão	Erro padrão	GL	P valor
Média	9.27688	1.1981		
T	-0.039763	0.0286	1	0.1945
U	0.54133	0.2142	1	0.0300
FB	-0.1520	0.0767	1	0.0756
T*T	0.000098	0.00020	1	0.6362
U*U	-0.03942	0.01178	1	0.0074
FB*FB	0.00153	0.00083	1	0.0971
T*U	0.00365	0.00145	1	0.0307
T*FB	-0.000383	0.00042	1	0.3784
U*FB	0.0014	0.00312	1	0.6636
R <sup>2</sup>	0.6514			

ANOVA					
	GL	SQ	QM	F valor	Pr>F
Regressão	9	21.8368	2.4263	2.08	0.1352
Resíduo	10	11.6855	1.1685		
Total	19	33.5229			

de absorção de água, de 6,5 a 16,4, g/g gel, com a umidade, variando de 10 a 20 %; e a temperatura de extrusão, de 90 a 140 °C; tendo sido os menores valores observados em condições de umidade e de temperatura altas.



A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que ocorreu efeito significativo da umidade e da porcentagem de farinha de banana nas características físicas dos extrusados, não sendo observada influência da temperatura de extrusão.

Assim sendo, considerando que, para produtos expandidos, é desejável trabalhar com elevado índice de expansão e com volume específico. Com valores intermediários, de solubilidade e de absorção de água, as condições de 110 °C de temperatura de extrusão, 15 % de umidade e 15 % de farinha de banana, conforme os modelos de regressão, constatamos que se pode obter produtos com estas características.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E. Parâmetros de extrusão para produção de “snacks” de farinha de cará (*Dioscorea alata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, p.32-38, jan/abr., 2002.
- ANDERSON, R. A. et. al. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.4-11, 1969.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13. ed. Washington, AOAC, 1980. 109p.
- CARVALHO, R. V. **Formulações de snacks de terceira geração por extrusão**: caracterização texturométrica e microestrutural. Lavras-MG, 2000. Dissertação (Título de Mestre em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. 89p.
- CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p.1006-1018, 2002.
- CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**, v.3. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, 711p.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental designs**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1957, 611 p.
- DING, Q., et. al. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p.283-289, 2005.

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. High temperature and short time. Extrusion-cooking of wheat starch and flour. I- Effect of moisture and flour type on extrudate properties. *Cereal Chemistry*, v. 59, n. 6, p.529-533, 1982.

FELLOWS, P. J. Extrusão. In: \_\_\_\_\_. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p.305-320.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behavior of rice extrudated. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 33, p.259-266, 1998.

HASHIMOTO, J. M.; GROSSMANN, M.V. E. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. ***International Journal of Food Science and Technology***, v.38, p.511-517, 2003.

LEONEL, M. et. al. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. ***Ciência e Tecnologia de Alimentos***, Campinas, v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.

LINKO, Y.Y. et. al. The effect of HTST on retention of cereal alfa-amylase activity and on enzymatic hydrolysis of barley starch. In: LINKO, P.; LARINKARI, J. ***Food processing engineering***. London: Elsevier Applied Science, 1980. v.2, p.210-223.

RICKARD, J. E.; BEHN, K. R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for determination of cassava starch. ***Journal Science Food and Agriculture***, v. 41, p.373-379, 1987.

VIEIRA, D. P. Esperam-se progressos na bananicultura. ***Agrianual***, p.221, 2005.