



Ciência e Tecnologia de Alimentos

ISSN: 0101-2061

revista@sbcta.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência e
Tecnologia de Alimentos
Brasil

Fernandes de CAMARGO, Karina; LEONEL, Magali; MISCHAN, Martha Maria
Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros
operacionais sobre as propriedades físicas
Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 28, núm. 3, julio-septiembre, 2008, pp. 586-591
Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos
Campinas, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940088013>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas

Production of snacks from sour cassava starch and fiber: effect of operational parameters on physical properties

Karina Fernandes de CAMARGO¹, Magali LEONEL^{2*}, Martha Maria MISCHAN³

Resumo

Neste trabalho buscou-se avaliar o efeito de parâmetros operacionais do processo de extrusão no desenvolvimento de biscoitos de polvilho com fibras, utilizando como matérias-primas o polvilho azedo e o farelo de mandioca. O processamento foi realizado em um extrusor mono-rosca, sendo considerados parâmetros variáveis: temperatura na 3ª zona de extrusão, umidade e porcentagem de fibras na mistura. Para analisar o efeito combinado das variáveis independentes nas características tecnológicas dos extrusados, utilizou-se o delineamento 'central composto rotacional' para três fatores. Os resultados obtidos mostraram efeitos significativos da umidade e porcentagem de fibras sobre o volume específico, sendo que a temperatura afetou os índices de solubilidade e absorção de água dos produtos extrusados. Condições de baixa temperatura (65 °C), baixa umidade (12%) e baixo teor de fibras (<4%), nas condições de processo utilizadas, produzem biscoitos com boas características tecnológicas.

Palavras-chave: mandioca; extrusão; expansão; amido.

Abstract

The purpose of this work was to evaluate the effect of operational extrusion parameters on the production of cassava fiber snacks from sour cassava starch and cassava bagasse. Processing was carried out in a single-screw extruder, with temperature in the third extrusion zone, moisture and fiber percentage as independent variables. In order to evaluate the effect of the independent variables on technological characteristics of the snacks, a central composite design with three factors was used. The results showed significant effects of moisture and fiber percentage on specific volume, and extrusion temperature had effects on Water Solubility Index (WSI) and Water Absorption Index (WAI). Products with good technological characteristics can be produced at low temperature (65 °C), low fiber (<4%) and low moisture (12%) conditions.

Keywords: cassava; extrusion; expansion; starch.

1 Introdução

A mandioca é uma cultura plantada em mais de 90 países, alimentando cerca de 500 milhões de pessoas em todo o mundo. A produção da raiz continua crescendo na maioria dos países que a cultivam, passando de 97 milhões de toneladas para 203 milhões de toneladas em 30 anos. A produção brasileira de mandioca está em torno de 26,5 milhões de toneladas por ano, sendo esta cultura plantada em 87% dos municípios brasileiros (IBGE, 2006).

Na agroindustrialização da mandioca, um produto de importância e tradição é o polvilho azedo; fécula de mandioca submetida à fermentação e secagem ao sol, que tem a propriedade de expansão como principal característica. Por esse motivo, o polvilho azedo é utilizado no preparo de produtos panificáveis, sendo que na formulação dos mesmos não se inclui nenhum tipo de fermento biológico ou agente químico para a promoção do crescimento, ocorrendo a expansão durante o forneamento (PEREIRA et al., 1999; PLATA-OVIEDO; CAMARGO, 1995).

A utilização industrial da mandioca causa sérios problemas ambientais, pois mesmo as pequenas unidades fabris, como as casas de farinha e polvilheiras, podem gerar quantidades significativas de resíduos, visto ser comum a presença de várias unidades em uma mesma região. Além do aspecto da agressão ao meio ambiente, deve ser também considerado que o despejo indevido de subprodutos da mandioca constitui desperdício de rendimentos para o produtor, quando são consideradas as quantidades geradas e a composição dos subprodutos (CEREDA, 2001).

Durante o processo de extração da fécula de mandioca é gerado o farelo, resíduo sólido composto pela fécula não extraída e pelas fibras, com elevado grau de umidade (85%). O farelo, também chamado de massa ou bagaço, é um resíduo que se apresenta como um problema para as fecularias e polvilheiras, sendo seu principal uso na alimentação animal. Porém, muitas outras possibilidades de uso do farelo de mandioca já foram

Recebido para publicação em 13/3/2007

Aceito para publicação em 22/8/2007 (002382)

¹ Graduação em Nutrição, Instituto de Biociências – IB, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu – SP, Brasil

² Centro de Raízes e Amidos Tropicais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, CP 237, CEP 18603-970, Botucatu – SP, Brasil, E-mail: mleonel@fca.unesp.br

³ Departamento de Bioestatística, Instituto de Biociências de Botucatu – IBB, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu – SP, Brasil

*A quem a correspondência deve ser enviada

pesquisadas, dentre elas, o farelo como base para produtos dietéticos ricos em fibras (LEONEL, 2001).

O cozimento por extrusão ocorre sob altas temperaturas em curto tempo e é usado na indústria de alimentos para produzir produtos expandidos, assim como *snacks*, cereais matinais e rações.

Para o processo de extrusão, mudanças nos ingredientes como açúcar, sal e fibra, ou parâmetros como velocidade e temperatura, podem afetar as variáveis do sistema de extrusão e as características do produto como: textura, estrutura, grau de expansão e atributos sensoriais (MENDONÇA; GORSSMANN; VERBÉ, 2000).

As necessidades econômicas atuais levaram as indústrias a revisarem seus processos e a qualidade dos seus produtos. As empresas produtoras de polvilho azedo vêem a necessidade de buscar novos mercados para o produto, bem como formas de tornar rentáveis os resíduos, através de tecnologias de baixo custo de implantação como a extrusão.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de parâmetros operacionais de extrusão (temperatura, umidade e porcentagem de fibra na mistura de polvilho azedo e farelo de mandioca) sobre as propriedades físicas de produtos expandidos, visando à introdução da tecnologia de extrusão na produção de biscoitos de polvilho azedo com maior valor agregado.

2 Material e métodos

Foram utilizados como matérias-primas o polvilho azedo e o farelo de mandioca, doados por empresas processadoras de mandioca. Os materiais foram caracterizados quanto à umidade, cinzas, proteínas, matéria-graxa, fibras, amido e açúcares totais (AACC, 1983).

O polvilho azedo e o farelo de mandioca foram misturados para a obtenção de diferentes teores de fibras, sendo preparadas 20 amostras com 800 g nas porcentagens de fibras descritas no delineamento experimental. O teor de umidade das misturas foi ajustado para os diferentes níveis (Tabela 1).

A extrusão foi efetuada em uma linha completa de extrusão IMBRA RX, da Imbramaq S/A, com motor de 10 HP acoplado ao redutor de velocidade, sistema de extrusão através de fricção mecânica, rosca simples de extrusão, sistema de refrigeração hidráulica para controle de temperatura na camisa de extrusão, velocidade variável e capacidade de produção de 45 kg/h.

Os parâmetros fixos do processamento foram: taxa de compressão da rosca (4,5 mm profundidade e 14 mm de largura); taxa de alimentação: 200 g/minuto; abertura da matriz: 3 mm; temperatura na 1ª e 2ª zona: 20 e 40 °C, respectivamente; rotação da rosca: 276 rpm e velocidade de corte: 83 rpm.

Tabela 1. Níveis dos fatores Temperatura (T), Umidade (U) e porcentagem de Fibras na mistura (F) e os correspondentes níveis codificados (X).

X	$-\alpha = -1,682$	-1	0	1	$\alpha = 1,682$
T (°C)	40	50	65	80	90
U (%)	12,5	14	16	18	19,5
F (%)	0,5	2	4	6	7,5

O Índice de Expansão dos extrusados (IE) foi calculado pela relação entre o diâmetro da amostra e o diâmetro da matriz (FAUBION; HOSENEY, 1982). O valor considerado foi obtido pela média aritmética das medidas de 20 diferentes produtos expandidos dentro de cada tratamento.

O Volume Específico (VE) dos produtos expandidos foi determinado pelo método do deslocamento da massa ocupada (semente de painço) e determinado o seu volume em uma proveta graduada.

O Índice de Absorção de Água (IAA) foi determinado segundo metodologia de Anderson et al. (1969). Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados aproximadamente 2,5 g de amostra moída dos produtos expandidos e 30 mL de água. Os tubos foram agitados por 30 minutos em agitador mecânico e, em seguida, centrifugados a 3000 rpm por 10 minutos. Do líquido sobrenadante, foram transferidos 10 mL, cuidadosamente, para cadinho de porcelana previamente tarado e levado para estufa a 105 °C. O gel remanescente foi pesado e o IAA calculado conforme a Equação 1:

$$IAA = PRC / PA - PRE \quad (1)$$

em que:

IAA = índice de absorção de água (g gel.g⁻¹ de matéria seca);

PRC = peso do resíduo de centrifugação (g);

PA = peso da amostra (g) (base seca); e

PRE = peso do resíduo de evaporação (g) x 3.

O Índice de Solubilidade em Água (ISA) foi calculado pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso seco da amostra, conforme a Equação 2:

$$ISA = PRE/PA \times 100 \quad (2)$$

em que:

ISA = índice de solubilidade em água (%);

PA = peso da amostra (g) (base seca); e

PRE = peso do resíduo de evaporação (g) x 3.

Para analisar o efeito combinado das variáveis independentes nas características tecnológicas dos extrusados, utilizou-se o delineamento 'central composto rotacional' para três fatores, com um total de 15 tratamentos, a saber: (COCHRAN; COX, 1957)

- 8 tratamentos correspondentes ao fatorial 2³, em que os três fatores são: T = temperatura (°C); U = umidade (%); e F = % de fibras, 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 $\alpha = 2^{3/4} = 1,682$; e
- Um tratamento central repetido 6 vezes, em que os fatores estão todos em um nível médio, codificado como zero.

3 Resultados e discussão

A composição química e as propriedades físicas da matéria-prima têm importante influência na textura, expansão e coloração do produto extrusado. Os fatores mais importantes são: teor de umidade, granulometria e composição química, particularmente, a quantidade e tipo de amido, proteínas, gorduras, fibras e açúcares (FELLOWS, 2002).

A composição centesimal do polvilho azedo e do farelo de mandioca está apresentada na Tabela 2. O polvilho azedo apresentou baixo teor de outros componentes não amiláceos. O farelo de mandioca apresentou elevado teor de amido (76,32%), o que é típico de farelo obtido de indústrias de polvilho azedo, cujo processo de extração é menos otimizado que nas fecculárias. Por outro lado, apresentou considerável teor de fibras (9,9%), sendo interessante seu uso como fonte de fibras no biscoito de polvilho.

A partir dos dados obtidos na caracterização dos produtos extrusados, foram elaborados modelos matemáticos de regressão que expressam a relação entre as condições empregadas e os valores obtidos para o índice de expansão, volume específico, índice de solubilidade em água e índice de absorção de água dos extrusados após os tratamentos (Tabela 3).

Uma propriedade dos produtos extrusados é a expansão. A alta pressão existente próxima à descarga da matriz é reduzida quando o produto sai do extrusor, ocasionando a evaporação

instantânea da água e a expansão do produto amiláceo (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005).

O modelo de regressão adotado para o índice de expansão não foi significativo ($p > 0,05$). Não houve efeito significativo dos fatores temperatura, umidade e porcentagem de fibras sobre o IE. O coeficiente de determinação foi de 37,2%, indicando falta de ajuste do modelo aos dados.

O índice de expansão dos extrusados variou de 3,5 a 5,7. Estes índices foram superiores aos observados por Borba (2005) na extrusão de farinha de batata-doce, com umidade variando de 13 a 23% e temperatura de 86 a 154 °C, que foram de 1,8 a 2,6. Hashimoto e Grossmann (2003) analisando o efeito das condições de extrusão sobre a qualidade de extrusados de misturas de farelo e fécula de mandioca obtiveram IE variando de 1,6 a 3,2.

O Volume Específico (VE) é uma medida da expansão volumétrica, que é a soma das expansões radial e axial. O volume específico dos produtos extrusados variou de 1,5 a 5,6 mL.g⁻¹ nos tratamentos de extrusão. O modelo de regressão adotado para este parâmetro foi significativo ($p < 0,05$). O coeficiente de determinação foi de 85,9%, indicando um bom ajuste do modelo aos dados. Dentre os fatores do modelo, a umidade e a porcentagem de fibras na mistura de polvilho azedo e farelo de mandioca tiveram efeito significativo sobre o VE.

A Figura 1 mostra o efeito da umidade da mistura e da porcentagem de fibras sobre o volume específico dos extrusados com a temperatura de extrusão na condição central (65 °C). Os maiores valores de VE ocorreram nas condições em que não foi adicionado farelo e o teor de umidade inicial do material era baixo. Contudo, baixos teores de fibras aliados a elevados teores de umidade reduziram o volume específico dos produtos extrusados. A adição de teores mais elevados de fibras resultou em valores de VE intermediários e crescentes com o aumento do teor de umidade.

Estudando as propriedades estruturais de amido de milho extrusado, Thymi et al. (2005) observaram que a expansão

Tabela 2. Composição química média do polvilho azedo e do farelo de mandioca.

Variáveis	Polvilho azedo	Farelo de mandioca
Umidade (%)	14,0 ± 0,2	6,0 ± 0,3
Amido (%)	79,19 ± 0,2	76,32 ± 1,3
Fibras (%)	0,4 ± 0,1	9,9 ± 1,1
Proteína (%)	0,14 ± 0,02	0,92 ± 0,06
Matéria-graxa (%)	4,6 ± 0,3	5,3 ± 0,2
Cinzas (%)	0,2 ± 0,002	1,3 ± 0,04
Açúcares redutores (%)	0,4 ± 0,07	0,3 ± 0,03

Tabela 3. Análises de variância das regressões, coeficiente de determinação (R²), modelos ajustados de 2ª ordem para Índice de Expansão (IE), Volume Específico (VE), Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Índice de Absorção em Água (IAA) dos extrusados.

		Análise de variância da regressão					Modelo de regressão de 2ª ordem	
		GL	SQ	QM	F	p	R ²	
IE	Regressão	9	1,705	0,189	0,66	0,7296	0,3719	IE = 2,33 + 0,02.T + 0,05.U - 0,38.F - 0,0005.T ² - 0,03.U ² - 0,012.F ² + 0,0031.T.U - 0,0042.T.F + 0,0,041.U.F
	Resíduo	10	2,879	0,288				
	Total	19	4,584					
VE	Regressão	9	23,18	2,575	6,76	0,0031	0,8588	VE = 47,99 - 0,26.T - 3,25.U - 3,88.F + 0,0015.T ² + 0,05.U ² + 0,081.F ² + 0,005.T.U + 0,0001.T.F + 0,205.U.F
	Resíduo	10	3,81	0,381				
	Total	19	26,99					
ISA	Regressão	9	44,77	4,974	5,53	0,0066	0,8327	ISA = 50,21 - 0,45.T + 0,12.U - 2,972.F + 0,0026.T ² - 0,07.U ² - 0,0574.F ² + 0,011.T.U - 0,012.T.F + 0,24.U.F
	Resíduo	10	8,992	0,899				
	Total	19	53,76					
IAA	Regressão	9	50,85	5,650	10,8	0,0005	0,9067	IAA = -38,82 + 0,67.T + 2,41.U + 1,48.F - 0,0028.T ² + 0,0063.U ² + 0,093.F ² - 0,0215.T.U + 0,01.T.F - 0,22.U.F
	Resíduo	10	5,23	0,523				
	Total	19	56,08					

IE = índice de expansão; VE = volume específico (mL.g⁻¹); ISA = índice de solubilidade em água (%); IAA = índice de absorção em água (g gel.g⁻¹); T = temperatura na 3ª zona de extrusão (°C); U = umidade das misturas (%); e F = teor de fibras nas misturas (%).

dos mesmos dependeu do conteúdo de umidade do material (12 a 25%) e da temperatura de extrusão (100 a 260 °C).

Os biscoitos de polvilho produzidos pelo método tradicional, ou seja, escaldamento com água e óleo e posterior forneamento, são classificados pelo volume específico como: produtos de baixo VE, quando este é menor que 5 mL.g^{-1} , médio VE de 5 a 10 mL.g^{-1} , e alto VE quando maior que 10 mL.g^{-1} (NUNES, 1999).

Mattos e Martins (2000) propuseram a seguinte classificação para o teor de fibras presente em 100 g de alimentos: muito alto (maior que 7 g); alto (4,5 a 6,9 g); moderado (2,4 a 4,4 g) e baixo (inferior a 2,4 g).

Considerando as classificações propostas para o VE e para o teor de fibras, os biscoitos produzidos por extrusão na condição de 12% de umidade, 0% de fibra e 65 °C de temperatura de extrusão, de acordo com a equação, teriam um volume específico de $9,7 \text{ mL.g}^{-1}$, estando no limite entre médio e alto VE. Já com o aumento do teor de fibras para 4%, o VE seria de $5,37 \text{ mL.g}^{-1}$, ou seja, biscoitos com teor moderado de fibras e médio VE.

O índice de solubilidade em água é um parâmetro que mede o grau de degradação total do grânulo de amido (COLONNA et al., 1984). Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos de extrusão mostraram uma variação de 23,17 a 29,23%.

O aumento da solubilidade, verificado em produtos extrusados, é atribuído à dispersão das moléculas de amilose e amilopectina como consequência da gelatinização, quando as condições são mais brandas, e à formação de compostos de baixo peso molecular, quando as condições são mais drásticas (COLONNA et al., 1984).

O modelo de regressão adotado para este índice de solubilidade em água foi significativo ($p < 0,05$). Dentre os parâmetros do modelo não foi observado efeito significativo da umidade, temperatura e porcentagem de fibras. Contudo, observou-se

efeito significativo da temperatura de extrusão na forma quadrática e da interação umidade e fibra.

A Figura 2 mostra o efeito da temperatura de extrusão sobre o ISA, mantendo-se a umidade e a porcentagem de fibras na mistura na condição central, ou seja, 16 e 4%, respectivamente. Nas temperaturas elevadas, acima de 65 °C, o índice de solubilidade em água é maior, mostrando a interferência desse parâmetro na degradação do amido de mandioca.

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

O Índice de Absorção de Água (IAA) está relacionado à disponibilidade de grupos hidrofílicos ($-\text{OH}$) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido (COLONNA et al., 1984). Os índices de absorção de água dos produtos extrusados mostraram uma variação de 4,8 a $11,9 \text{ g.g}^{-1}$.

Somente os grânulos de amido gelatinizados absorvem água em temperatura ambiente e incham, contudo, com o aumento do grau de gelatinização, a fragmentação do amido aumenta e, com isso, diminui a absorção de água (BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005; CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002).

O modelo de regressão adotado para o IAA foi significativo ($p < 0,05$). O coeficiente de determinação foi de 90,7%, indicando bom ajuste do modelo aos dados. A análise dos coeficientes de regressão mostrou efeito significativo da temperatura de extrusão, do teor de fibras na mistura, em sua forma quadrática, e das interações temperatura e umidade e umidade com a porcentagem de fibras.

Pela Figura 3 pode-se observar, que os maiores valores de IAA ocorreram nos tratamentos sem fibras. A incorporação de fibras à mistura reduz muito o IAA sob alta umidade, entretanto, sob baixos teores de umidade (12%) o efeito da adição de fibras não é tão acentuado.

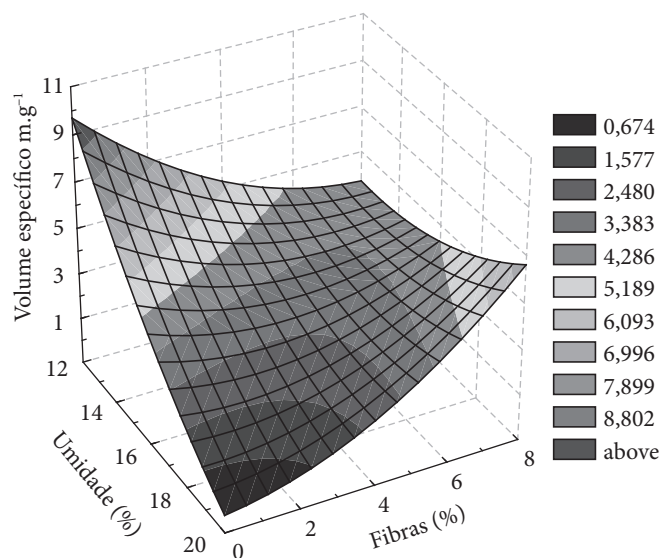


Figura 1. Efeito da umidade e da porcentagem de fibras sobre o volume específico dos extrusados na temperatura de 65 °C.

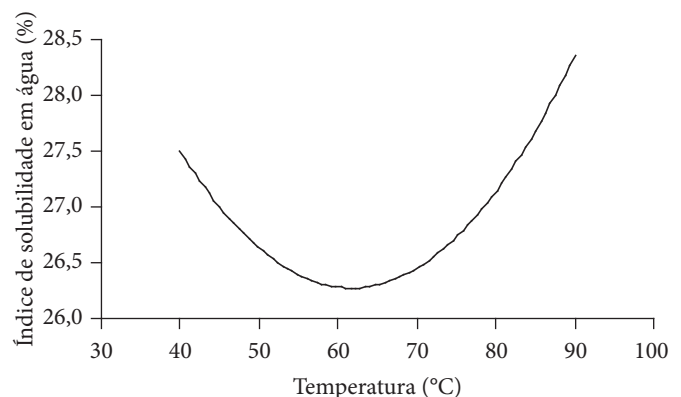


Figura 2. Efeito da temperatura de extrusão sobre o índice de solubilidade em água dos extrusados nas condições de 16% de umidade e 4% de fibras.

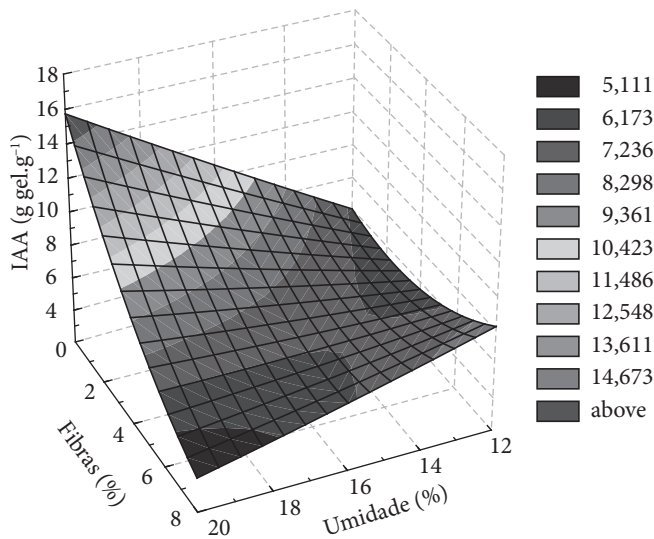


Figura 3. Efeito dos teores de umidade e fibras sobre o índice de absorção de água dos extrusados com temperatura de 65 °C.

Com relação ao efeito da temperatura de extrusão sobre o IAA, observou-se que nas temperaturas extremas o IAA é menor, ocorrendo o aumento deste índice nas condições de elevada umidade e baixa porcentagem de fibras (Figuras 4 e 5).

Na extrusão de farelo e fécula de mandioca, Hashimoto e Grossmann (2003) verificaram que o aumento da temperatura resultou em redução do IAA. Os autores atribuíram o fato à possível degradação do amido. A umidade variou de 16 a 20%, os valores de temperatura de 150 a 210 °C e a rotação de 120 a 180 rpm.

4 Conclusões

O processo de extrusão pode ser aplicado na produção de biscoitos de polvilho azedo.

Dentre os parâmetros de extrusão estudados, a umidade afetou o volume específico e os índices de solubilidade e absorção de água dos produtos. A temperatura de extrusão teve efeito significativo sobre os índices de solubilidade e absorção de água dos produtos e a porcentagem de fibras teve efeito sobre todas as características, exceto para o índice de expansão.

Nas condições avaliadas, os produtos com melhores características tecnológicas foram obtidos nas condições de 65 °C de temperatura de extrusão, 12% de umidade e no máximo 4% de fibras na mistura de polvilho azedo e farelo de mandioca.

Referências bibliográficas

- AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 7 ed. St. Paul: AACC, 1983.
- 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.
- BORBA, A. M. **Efeito de alguns parâmetros operacionais nas características físicas, físico-químicas e funcionais de extrusados**

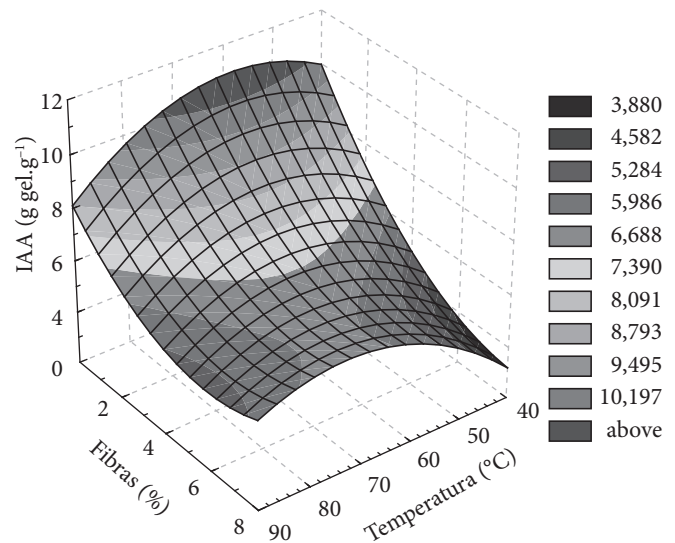


Figura 4. Efeito da temperatura de extrusão e da porcentagem de fibras sobre o índice de absorção de água dos extrusados com a umidade de 16%.

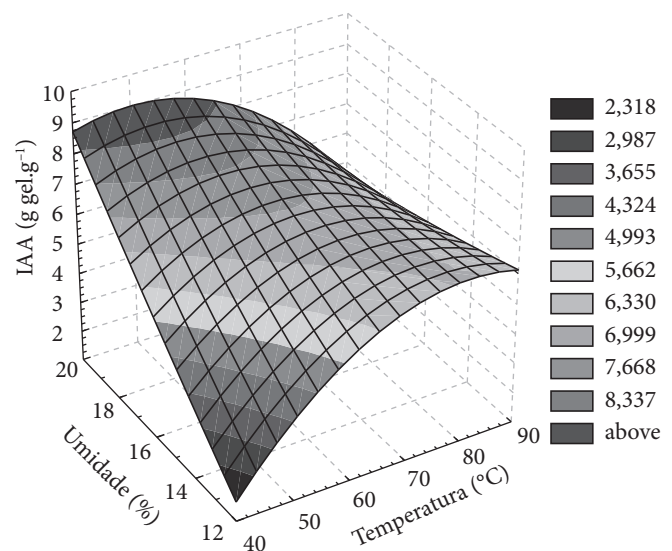


Figura 5. Efeito da temperatura de extrusão e umidade sobre o índice de absorção de água com 4% de fibras.

da farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas*). Piracicaba, 2005. 98p. Dissertação - (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo – USP.

- BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 4, p. 835-843, 2005.
- 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*, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

- CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. L (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. Cap. 1, p. 13 - 37.
- COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental Designs**. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1957. 611 p.
- COLONNA, P. et al. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.
- 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. Extrusion. In: FELLOWS, P. **Food processing technology: principles and practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002. cap. 14, p. 294-308.
- 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, n. 5, p. 511-517, 2003.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.
- LEONEL, M. Caracterização da fibra e uso do farelo de mandioca como base para produtos dietéticos. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. cap. 17, p. 221-228.
- MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.
- MENDONÇA, S.; GORSSMANN, M. V. E.; VERBÉ, R. Corn bran as a fibre source in expanded snacks. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 33, n. 7, p. 2-8, 2000.
- NUNES, O. L. G. S. **Avaliação de parâmetros relacionados à expansão de fécula de mandioca ácido-modificada e irradiada com ultravioleta**. Botucatu, 1999. 87p. (Doutorado em Energia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP.
- PEREIRA, J. et al. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: Estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 287-293, 1999.
- PLATA-OVIEDO, M.; CAMARGO, C. R. O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, n. 1, p. 59-65, 1995.
- THIMY, S. et al. Structural properties of extruded corn starch. **Journal of Food Engineering**, La Rochelle/Algiers, v. 68, n. 4, p. 519-526, 2005.