

# CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE FARINHAS DE ARROZ PRÉ-GELATINIZADAS OBTIDAS POR EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

## Technological properties of pre-gelatinized rice flour obtained by thermoplastic extrusion

Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici<sup>1</sup>, Ahmed Attia El-Dash<sup>2</sup>

### RESUMO

A farinha de arroz tem sido um ingrediente atrativo para a indústria de extrusados, devido à suas qualidades como sabor suave, cor branca e hipoalergenicidade. Objetivou-se, neste trabalho, produzir e analisar farinha de arroz pré-gelatinizada (FPG) por extrusão termoplástica. As FPG foram produzidas num extrusor termoplástico monorosca Brabender, variando-se a umidade (19,2 a 24,8%) e a temperatura de extrusão (108 a 192°C). As características de torque, índice de expansão, propriedades viscoamilográficas, índice de absorção em água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das FPG foram analisadas por metodologia de superfície de resposta (MRS) e análise de componentes principais (ACP). Os resultados analisados por MRS e ACP indicaram que o torque e o índice de expansão dos extrusados apresentaram os maiores valores quando foram usados os menores teores de umidade. As FPG apresentaram, dentro das propriedades viscoamilográficas, a viscosidade inicial de pasta maior em temperaturas mais altas, já a viscosidade a 95°C e a 50°C foram maiores quando temperatura e umidade estavam em extremos opostos. O IAA foi menor quando se usaram baixas temperaturas e maiores teores de umidades; no entanto, o ISA, quando analisado pela MRS, não apresentou influência da temperatura e umidade, mas quando analisado pela ACP, foi maior quando as temperaturas estavam entre 120 - 150°C e os teores de umidade entre 19,2 e 22%. Concluindo, as análises de MRS e de ACP mostraram que a variação das propriedades tecnológicas das FPG foram relacionadas aos extremos de temperatura e/ou umidade utilizados durante o processo de extrusão, e a ACP foi capaz de complementar a análise feita através da MRS.

**Termos para indexação:** Farinha de arroz, extrusão termoplástica, características tecnológicas.

### ABSTRACT

The rice flour has become an attractive ingredient in the extrusion industry due to its unique attributes such as bland taste, white color and hypoallergenicity. The purpose of this research was to produce and analyze pre-gelatinized rice flour (GRF) for thermoplastic extrusion. The GRF was extruded using a Brabender single screw extruder, varying moisture (19.2 – 24.8%) and extrusion temperature (108 – 192°C). Torque, expansion index (EI), viscographic properties, water absorption index (WAI), and water solubility index (WSI) characteristics of GRF were analyzed using response surface methodology (RSM) and main component analysis (PCA). The results, analyzed by MRS and PCA, indicated that during the process, the values of torque and EI increased when lower moisture was used. Considering viscographic properties, GRF presented a higher initial viscosity of the starch paste when in higher temperatures, while viscosities at 95°C and at 50°C increased when temperature and moisture were at extreme opposites. WAI decreased when lower temperatures and higher moisture were used. WSI was not influenced by temperature and moisture when analyzed using MRS, but with PCA, there was an increase when temperatures ranged between 120 - 150°C and moisture between 19.2 – 22%. In conclusion, both MRS and PCA analysis showed that a variation in the technological properties of GRF were related to the use of opposite extremes of temperature and/or moisture during the extrusion process, and the PCA was able to complete the analysis done using MRS.

**Index terms:** Rice flour, thermoplastic extrusion, technological properties.

(Recebido em 22 de novembro de 2006 e aprovado em 3 de maio de 2008)

### INTRODUÇÃO

Farinhas e amidos pré-gelatinizados podem ser usados para obter espessamento ou retenção de água sem emprego do calor, por exemplo em pudins, misturas lácteas instantâneas e alimentos para desjejum; para preparar misturas prontas panificáveis, onde o aumento da absorção e retenção de água melhora a qualidade do produto (POWELL, 1965). A pré-gelatinização de farinhas de cereais

pode ser obtida em escala industrial por utilização de atomizadores, secagem em rolos e por extrusão. O processo de extrusão apresenta-se como um dos mais vantajosos para substituir o processo convencional na produção de farinhas pré-gelatinizadas, porque apresenta controle mais rigoroso do grau de gelatinização, onde pequenas modificações no equipamento e/ou na matéria-prima podem levar a diferentes resultados finais na qualidade do produto (EL-DASH, 1982).

<sup>1</sup>Farmacêutica, Pós-Doutoranda em Tecnologia de Cereais, Raízes e Tubérculos – Departamento de Tecnologia de Alimentos/DTA – Faculdade de Engenharia de Alimentos/FEA – Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP – Cx. P. 6121 – 13083-862 – Campinas, SP – mtcleric@fea.unicamp.br  
<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor em Engenharia de Alimentos, Professor – Departamento de Tecnologia de Alimentos/DTA – Faculdade de Engenharia de Alimentos/FEA – Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP – Cx. P. 6121 – 13083-862 – Campinas, SP – piramidealimentos@ig.com.br

A farinha de arroz pode ser incorporada como espessante em produtos doces ou salgados, de cor e aromas variados. Devido à baixa alergenicidade de suas proteínas, ela pode ser usada inclusive por pacientes celíacos, que apresentam intolerância às proteínas do trigo, aveia, centeio e cevada (TORRES et al., 1999). A obtenção de farinhas pré-gelatinizadas de arroz por extrusão podem ampliar o uso desse cereal em diferentes produtos alimentícios. Muitos pesquisadores têm conduzido estudos do processo de extrusão na obtenção de produtos de arroz, usando muitas variáveis de processamento e extrusores tipo monorosca (RYU & LEE, 1988) ou dupla rosca (DING et al., 2005; GUHA et al., 1998), mas Lawton et al. (1972) consideraram a temperatura de extrusão e umidade inicial na matéria-prima, como sendo as variáveis com maior efeito na gelatinização do amido. Portanto, o estudo da obtenção de farinhas gelatinizadas amiláceas usando extrusor monorosca, pode ser simplificado através do número de variáveis, beneficiando a diminuição do tempo de preparo dos ingredientes e do processamento no extrusor, com conseqüente menor custo do processo.

Objetivou-se, neste trabalho, obter e caracterizar tecnologicamente farinhas de arroz pré-gelatinizadas por extrusão termoplástica, através da variação da temperatura de extrusão e da umidade da matéria-prima.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Obtenção, caracterização físico-química e tecnológica da farinha de arroz

Arroz em casca, cedido pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas - Brasil), foi beneficiado, limpo e moído em moinho de trigo Quadrumat Senior Brabender nas passagens de quebra e redução, para transformação em farinha de arroz. A granulometria foi determinada pela passagem de 200g de farinha de arroz por um conjunto de peneiras vibratórias Produtest, com agitação constante por 15 minutos; posteriormente, as quantidades retidas em cada peneira e no fundo foram pesadas e calculadas as respectivas porcentagens.

Foram determinados umidade, proteína e cinzas, usando os métodos descritos na AACC (1995), lipídios (BLIGH & DYER, 1959), carboidratos totais (calculado pela diferença), teor de amilose (SOWBHAGYA & BHATTACHARYA, 1979) e propriedades viscoamilográficas (BRABENDER, 19--).

### Obtenção da farinha de arroz pré-gelatinizada por extrusão (FPG)

As variáveis independentes, temperatura de extrusão e umidade da farinha de arroz, foram escolhidas para obtenção das FPG, segundo o delineamento composto rotacional descrito na Tabela 1, elaborado de acordo com Box et al. (1978).

### Características do extrusor Brabender

Foi utilizado um extrusor de laboratório de rosca única. A taxa de compressão da rosca foi 3:1 e mantida à velocidade de 120 rpm, a temperatura da primeira zona foi fixada em 80°C, enquanto que as temperaturas da segunda e terceira zonas variaram de acordo com a Tabela 1. O diâmetro da matriz circular foi de 3 mm e o alimentador foi mantido à velocidade entre 70 a 80 rpm.

### Preparo das FPG

Após a extrusão termoplástica, os extrusados foram secos por aproximadamente 15 horas, em estufa com circulação de ar a 50°C, até teor de umidade inferior a 10%. Foram passados em moinho de facas e em seguida em moinho Quadrumat Senior, nas passagens de quebra (2 vezes) e redução (2 vezes), obtendo-se assim as respectivas FPG.

### Avaliação do processo de extrusão termoplástica

#### Torque

O valor do torque foi obtido pela leitura no gráfico registrador do extrusor durante a fase mais estável do processo (menor oscilação).

Tabela 1 – Delineamento estatístico composto rotacional para obtenção das farinhas de arroz pré-gelatinizadas por extrusão.

Variável Independente	Níveis de Variação				
	Axiais (- $\alpha$ )		Codificado		Axiais(+ $\alpha$ )
	-1,682	-1	0	+1	+1,682
x*(real)	108	120	150	180	192
y**(real)	19,2	20	22	24	24,8

\* x= Temperatura (°C), \*\* y= Umidade das amostras (%).

**Índice de expansão (IE) dos extrusados**

O IE foi realizado no produto após a extrusão e antes da secagem, sendo utilizadas 10 diferentes secções de cada amostra e usada a seguinte fórmula:

$$IE = \frac{\text{diâmetro do extrusado}}{\text{diâmetro da matriz}}$$

**Caracterização das FPG**

Foram determinadas as características viscoamilográficas (BRABENDER, 19--), o índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA), segundo Anderson et al. (1969).

**Análises estatísticas**

Os resultados obtidos foram analisados por metodologia de superfície de resposta (MRS), onde foi feita a análise de variância (ANOVA) para valores reais das variáveis independentes do delineamento quadrático no SAS Institute (1992), para se encontrar a equação mais adequada para descrever as características da região analisada foi feito o *stepwise*, e observada a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança pelo teste F, e também foi analisado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Como forma de comparação de resultados e para facilitar a melhor visualização da influência do processo de extrusão nas características tecnológicas das farinhas pré-gelatinizadas foi feita a Análise de Componentes Principais (ACP), também usando o SAS Institute (1992).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO****Caracterização físico-química e tecnológica da farinha de arroz**

A farinha de arroz (FA) apresentou 63% de tamanho entre 60 e 80 mesh e 37% acima de 100 mesh. A composição centesimal foi: 12,88% de umidade, 0,27% de cinzas; 7,56% de proteínas; 0,32% de lipídeos e 78,97% de carboidratos, que estão de acordo com os descritos por Kulp (2000), mas o teor de lipídeos difere de Ding et al. (2005), que encontrou 1,2%.

O teor de amilose da FA foi de 23,88% em base de 14% de umidade, que confere com os resultados encontrados por Perdon & Juliano (1975), para FA, usada para a produção de pão sem glúten.

As características viscoamilográficas da FA foram viscosidade inicial (VI), 0 unidades amilográficas (UA); temperatura inicial de pasta (TIP), 66°C; viscosidade máxima à temperatura constante (V95), 1460 UA; e viscosidade

final a 50°C (V50), 1560 UA, que diferem das características encontradas por Nishita & Bean (1979) para FA usadas na produção de pão sem glúten, que apresentaram FA com 750 UA para V95 e 715 UA para V50.

**Caracterização tecnológica dos extrusados e das farinhas extrusadas de arroz, usando metodologia de superfície de resposta (MRS)****Torque e índice de expansão**

Na Tabela 2, podem-se observar as características do torque do processo de extrusão e do índice de expansão dos extrusados de arroz.

A equação ajustada para o torque (Tabela 3) e a representação gráfica (Figura 1) mostram que, quando a temperatura e umidade aumentaram, o torque diminuiu e quando a umidade diminuiu, o torque aumentou, mesmo em altas temperaturas. Esses resultados também foram verificados por El-Dash (1982). Os valores de torque em extrusão medem o trabalho mecânico necessário para bombear o material através da matriz, pode-se verificar que menor torque pode ser obtido com o uso de altas temperaturas e umidades. Yeh & Jaw (1999) processaram FA com 37% de umidade num extrusor monorosca e obtiveram menor torque quando aumentou a velocidade de alimentação. Já, Ryu & Lee (1988) processaram FA com 14% de umidade, mas não registraram o torque. Neste trabalho foi evitado o uso de umidades muito baixas, para evitar o aumento do torque e a impossibilidade de trabalho, e umidades muito altas, que poderiam comprometer a conservação da matéria-prima, não gelatinizar completamente a FA e aumentar os custos do processo de secagem posterior ao processo de extrusão.

O IE (Tabela 3 e Figura 1) apresentou os maiores valores, quando as amostras foram processadas em menores teores de umidade e intermediários de temperatura, sendo que amostras processadas a altas e baixas temperaturas e com maior umidade apresentaram menores valores. Ding et al. (2005) e Mercier & Feillet (1975) e também verificaram um efeito inverso entre expansão e umidade, durante o processamento de farinhas por extrusão.

**Características viscoamilográficas**

As características viscoamilográficas das FPG podem ser observadas na Tabela 2. As FPG tiveram temperatura inicial de pasta (TIP) de 30°C, indicando que elas formaram pasta à temperatura ambiente e foram gelatinizadas durante o processamento.

Tabela 2 – Características tecnológicas dos extrusados e das farinhas pré-gelatinizadas de arroz por extrusão.

No.	Processo		Extrusados			Farinhas Pré-Gelatinizadas (FPG)				
	x	y	TOR	IE	VI	TIP	V95	V50	IAA	ISA(%)
1	120	20	5500	2,86	420	30	150	300	7,66	15,92
2	120	24	5575	1,37	440	30	240	540	7,24	8,46
3	180	20	6000	2,46	1760	30	200	520	8,31	6,78
4	180	24	4350	1,84	1200	30	150	300	8,16	9,75
5	150	22	6100	2,61	460	30	150	300	8,05	17,12
6	192	22	5250	1,80	1610	30	180	280	8,34	9,96
7	108	22	6625	1,62	420	30	150	320	6,97	9,79
8	150	24,8	4500	2,36	480	30	180	350	8,04	12,46
9	150	19,2	6875	3,08	340	30	140	240	9,02	21,53
10	150	22	5625	2,64	540	30	200	380	8,83	18,37
11	150	22	5725	2,67	560	30	180	360	8,37	18,65
12	150	22	5750	2,69	500	30	180	480	8,30	18,41
13	150	22	5525	2,62	540	30	180	340	7,08	17,66

Onde: x = temperatura (°C), y = umidade das amostras (%), TOR = torque (Kg.m), IE = índice de expansão, VI = viscosidade Inicial (UA), TIP = temperatura inicial de pasta, V95 = viscosidade máxima a 95°C (UA), V50 = viscosidade a 50°C (UA), IAA = índice de absorção de água, ISA = índice de solubilidade em água.

Tabela 3 – Equações e coeficiente de regressão (R<sup>2</sup>) para as respostas das variáveis dependentes com modelos significativos no teste F e sem falta de ajuste significativa (95% de confiança).

Variáveis	Equação ajustada pelo stepwise	R <sup>2</sup>
TOR=	$-9594,06 + 146,97x + 768,78y - 7,19xy$	0,7759
IE=	$5,182 + 0,131x - 0,954y - 0,0005x^2 + 0,0008xy + 0,0153y^2$	0,9171
VI=	$5986,393 - 88,709x + 0,348x^2$	0,8900
V95=	$-2295,75 + 13,08x + 129,56y - 0,0008x^2 - 0,82y^2 - 0,58xy$	0,6583
V50=	$-7317,40 + 43,81x + 391,42y - 0,0066x^2 - 2,11y^2 - 1,92xy$	0,5459
IAA=	$-0,54 + 0,14x - 0,13y - 0,0004x^2$	0,6308

Onde: x = temperatura (°C), y = umidade das amostras (%), TOR = torque (Kg.m), IE = índice de expansão, VI = viscosidade inicial (UA), V95 = viscosidade máxima a 95°C(UA), V50 = viscosidade a 50°C(UA), IAA = índice de absorção de água.

A viscosidade inicial (VI), nas Tabela 3 e Figura 1, apresentou maiores valores quando as farinhas foram processadas em maiores temperaturas. Esse fato pode ser explicado por que quanto mais gelatinizado estiver o amido, maior será a viscosidade a frio da pasta de amido (EL-DASH, 1982), por outro lado, quando ocorrer também a dextrinização, a viscosidade irá diminuir, porque a capacidade de retenção de água tem uma relação inversa

com o tamanho das moléculas de amilose e amilopectina (Gomez & Aguilera, 1984).

A viscosidade a quente (V95) está diretamente relacionada com o nível de degradação sofrido pelo grânulo de amido. Quando a estrutura do grânulo é destruída, ele perde sua capacidade de inchar quando aquecido em água e, conseqüentemente, apresenta baixa V95 (GROSSMANN, 1996), o que comprova os dados obtidos na Tabela 2, onde os valores de V95 são inferiores aos de VI.

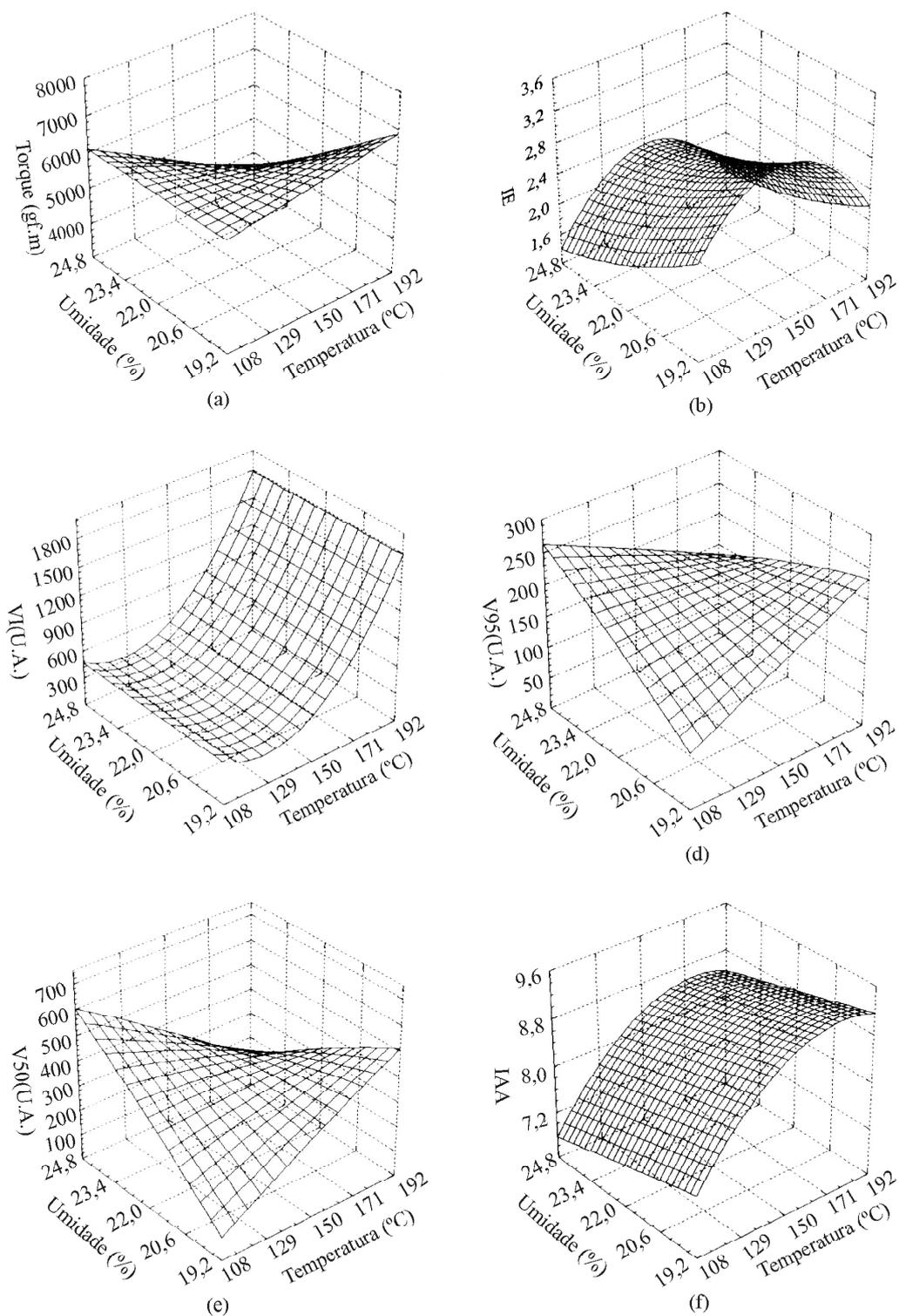


Figura 1 – Torque, índice de expansão (IE) dos extrusados, viscosidade inicial (VI), viscosidade máxima a 95°C (V95), viscosidade a 50°C (V50), índice de absorção de água (IAA) das farinhas pré-gelatinizadas de arroz por extrusão.

A equação da Tabela 3 e Figura 1 indicam que a V95 apresentou tendência para os maiores valores quando temperatura e umidade estavam em valores extremos opostos.

A viscosidade a frio (V50), após cozimento, é uma medida da retrogradação do amido e, em produtos extrusados, vai depender das modificações que ocorreram nas estruturas do grânulo e das moléculas (DING et al., 2005). A V50 (Tabela 2) apresentou comportamento semelhante a V95. A equação (Tabela 3) e Figura 1 confirmam que a V50 apresentou a tendência para maiores valores quando as farinhas foram processadas em temperatura e umidade em valores extremos opostos. Comparando a VI com a V95 e a V50, pode-se observar maiores valores para VI e menores valores para a V95. Durante o resfriamento até 50°C, a viscosidade aumentou, indicando a retrogradação do amido.

#### IAA e ISA

Pode-se observar que o IAA (Tabelas 2 e 3, Figura 1) foi influenciado pela temperatura e pela umidade, tendendo a atingir maiores valores nas mais altas temperaturas e mais baixas umidades.

Os resultados do ISA (Tabela 2) não apresentaram variação significativa pela MSR, logo o valor médio do ISA foi de 14,22%, na região analisada.

O IAA e o ISA variam de acordo com o grau de gelatinização e dextrinização sofridos pelo amido durante o processo por extrusão, assim quanto maior a gelatinização, maior o número de hidroxilas disponíveis para formar ligações de hidrogênio com a água e, como consequência, maior o IAA. Já quanto maior a dextrinização, maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores (dextrinas), que são mais solúveis em água e, conseqüentemente, maior o ISA (GROSSMANN, 1986).

Ding et al. (2005) encontraram que um aumento da umidade aumenta o IAA, mas o aumento da temperatura diminui o IAA, durante a produção de snacks de arroz, num extrusor duplarosca. Mercier & Feillet (1975) verificaram, em vários amidos extrusados, que o IAA aumentou com a temperatura até um máximo, que ocorreu por volta de 180-200°C e diminuiu a seguir.

Amidos ou farinhas pré-gelatinizadas são produtos formadores de pasta, em presença de água fria ou, então, produtos solúveis (parcial ou totalmente), em água fria (COLONNA et al, 1984), logo todas as condições de processamento apresentaram essas características. Para produtos de preparo rápido, os tratamentos que apresentam alta viscosidade a frio e alto IAA, são os mais indicados, sendo os obtidos com temperatura de extrusão acima de

180°C. Clerici & El-Dash (2006) obtiveram pães sem glúten, com textura semelhante ao pão de trigo, usando FPG extrusadas a 180°C e 20% de umidade, indicando que altas VI e IAA podem ser importantes na formação de ligações de hidrogênio, durante o processamento. Guha et al. (1988) sugerem que FPG com baixa viscosidade podem ser usadas para produtos com alto teor de sólidos, como fórmulas infantis para lactentes e alimentos para dietas especiais.

#### ACP para as características do processo de extrusão e das FPG

A análise de componentes principais (ACP) é uma técnica usada para analisar um pequeno número de combinações lineares, os componentes principais (CP), de um conjunto de variáveis que detém o máximo de informações das variáveis originais quanto possível. Ela pode também ser vista, como um esforço para descobrir dependências aproximadamente lineares entre as variáveis (SAS INSTITUTE, 1992).

Na representação gráfica da ACP, Figura 2, cada eixo explica uma porcentagem da variação total que existe entre as amostras. O primeiro eixo explicou a maior parte da variabilidade entre as amostras (CP1=42,72%), seguido pelo segundo eixo (CP2=19,57%), que juntos representaram 62,29% da variação, portanto ambos explicaram a maior parte da variação dos resultados. O restante da variação (37,71%) foi devido a outros componentes principais, que não foram apresentados por não haver necessidade.

Os vetores que apresentam menor ângulo com um dado CP e, que ao serem decompostos naquele CP, apresentam-se como um vetor longo, explicam a variabilidade mostrada naquele CP. Assim, no CP1, a variabilidade entre as amostras foi devida, principalmente, ao ISA e ao IE, enquanto no CP2, a variabilidade foi devida a VI, V95 e V50.

Quando se analisam os processos deve-se observar que, quando eles estão próximos entre si, significa que são similares em relação aos atributos julgados, já quando distantes uns dos outros, apresentam altas diferenças entre eles.

Observa-se que os processos 5, 10, 11, 12 e 13, que são repetições do ponto central (150°C - 22%), estão próximos. Apenas o processo 5 mostrou-se mais perto do 1 (120°C - 20%) do que dos outros processos. Logo a ACP pode ser usada para verificar a dependência das respostas, em relação aos processos.

Os processos 4 (180°C - 24%) e 6 (192°C - 22%) apresentaram comportamento similar em relação às características estudadas.



- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 44-11, 1969.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**. New York: J. Wiley & Sons, 1978. 653 p.
- BRABENDER. **Food quality testing with brabender**. Berlin, [19—].
- CLERICI, M. T. P. S.; EL-DASH, A. A. **Farinha extrusada de arroz como substituto de glúten na produção pão sem glúten**. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Caracas, v. 56, n. 3, p. 288-294, 2006.
- COLONNA, P.; DOUBLIER, J. L.; MELCION, J. P.; MONREDON, F.; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch, part I, physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 6, p. 538-543, 1984.
- DING, Q. B.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, Barking, v. 66, p. 283-289, 2005.
- EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. **Cereal a renewable resource: theory and practice**. Wageningen: American Association of Cereal Chemists, 1982. p. 165-216.
- GOMEZ, M. H.; AGUILERA, J. M. A physicochemical model for extrusion of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 40-3, 1984.
- GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando a produção de álcool**. 1986. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.
- GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyse pasting behaviour of rice extrudate. **International Journal of Food Science and Technology**, Edinburgh, v. 33, p. 259-266, 1998.
- KULP, K. **Handbook of cereal science and technology**. New York: CRC, 2000. 808 p.
- LAWTON, B. T.; HENDERSON, G. A.; DELATKA, E. J. The effect of extruder variables on the gelatinization of corn starch. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, Ottawa, v. 50, n. 2, p. 168-172, 1972.
- MERCIER, C.; FEILLET, P. Modification of carbohydrates components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.
- NISHITA, K. D.; BEAN, M. M. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 56, n. 3, p. 185-189, 1979.
- PERDON, A. A.; JULIANO, B. O. Amylose content of rice and quality of fermented cake. **Die Stärke**, Weinheim, v. 27, n. 6, p. 196-8, 1975.
- POWELL, E. L. Production and uses of pre-gelatinized starches. In: WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F. **Starch chemistry and technology**. New York: Academic, 1965. v. 3.
- RYU, G. H.; LEE, C. H. Effects of moisture content and particle size of rice flour on the physical properties the extrudate. **Korean Journal of Food Science and Technology**, v. 20, p. 463-469, 1988.
- SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windows 3.95**: release 6.08. Cary, 1992.
- SOWBHAGYA, C. M.; BHATTACHARYA, K. R. Simplified determination of amylose in milled rice. **Starch**, Weinheim, v. 31, n. 5, p. 159-163, 1979.
- TORRES, R. L.; GONZALEZ, R. J.; SANCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; DE LA TORRE, M. A. G. Performance of rice varieties in making bread without gluten. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 2, p. 162-165, 1999.
- YEH, A. I.; JAW, Y. M. Effects of feed rate and screw speed on operating characteristics na extrudate properties during single-screw extrusion cooking of rice flour. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 2, p. 236-242, 1979.