

MISTURAS DE FARINHA DE AVEIA E AMIDO DE MILHO COM ALTO TEOR DE AMILOPECTINA PARA PRODUÇÃO DE “SNACKS”¹

Laura Beatriz KARAM², Maria Victória E. GROSSMANN^{2,*}, Rui Sérgio S. F. SILVA²

RESUMO

O potencial de uso do amido modificado com alto teor de amilopectina combinado à farinha de aveia para produção de “snacks” extrusados foi investigado. O processamento foi executado em extrusor monorosca, de acordo com um deliamento fatorial (2⁵) incompleto, com 3 repetições no ponto central. As variáveis independentes controladas foram: umidade da matéria-prima, temperatura de extrusão, rotação do parafuso, diâmetro da matriz e teor de amido modificado. Como respostas, avaliou-se o volume específico, a dureza e a fraturabilidade. A partir da modelagem exploratória foram definidas as variáveis significativas e novos deslocamentos na área experimental, até se atingir o ponto ótimo para produção de “snacks”. A melhor combinação de variáveis encontrada, para obter um produto com boas propriedades de expansão e de textura, foi: 17% de umidade de matéria-prima, 183°C de temperatura de extrusão, 100rpm de rotação do parafuso, 4mm de diâmetro da matriz e 30% de amido modificado. O produto obtido nessas condições apresentou 7,2mL/g de volume específico, 5,41N de dureza e 2,02N de fraturabilidade, assemelhando-se, por essas características, aos produtos comerciais de milho.

Palavras-chave: “snacks”; aveia; amido modificado.

SUMMARY

OAT FLOUR/WAXY CORN STARCH BLENDS FOR SNACKS PRODUCTION. The potential application of modified starch to enhance properties of oat flour extruded products was investigated. The process was performed using a single screw extruder, applying a 2⁵ factorial design with 3 repetitions on the central point. The independent variables were: feed moisture, extrusion temperature, screw speed, die diameter and modified starch level and depended studied variables were: specific volume, hardness and fracturability. Based on results of the experiments a new experimental design was proposed to optimize product characteristics. The best combination of variables to obtain snacks with good expansion and texture was: 17% feed moisture, 183°C temperature, 100rpm screw speed, 4mm die diameter and 30% waxy starch. The product obtained presented 7.2mL/g specific volume, 5.41N hardness and 2.02N fracturability, therefore their characteristics were similar to those of commercial corn products.

Keywords: snacks; oat; modified starch.

1 – INTRODUÇÃO

A aveia destaca-se dos outros cereais por fornecer um aporte energético e nutricional equilibrado, por conter em sua composição química aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas e sais minerais indispensáveis ao organismo

¹ Recebido para publicação em 16/11/99. Aceito para publicação em 16/05/01.

² UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA – Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos. Cx. Postal 6001, CEP 86051-970, Campus Universitário, Londrina/Pr, e-mail: victoria@uel.br

* A quem a correspondência deve ser enviada.

humano e, principalmente, pela composição de fibras alimentares, que são de alta qualidade, como a β -glucana, uma fibra solúvel que possui efeitos hipocolesterolêmicos comprovados [22].

Os produtos de aveia existentes no mercado são limitados em número e desconhecidos quanto às formas de preparo pela maioria da população.

As indústrias que processam aveia produzem, para o consumo humano, o farelo obtido pela moagem da aveia e posterior separação da farinha por peneiragem e aspiração [23]. O farelo de aveia, segundo a definição da AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC [2], deve conter: não mais de 50% da matéria-prima original (taxa de extração), no mínimo 5,5% de β -glucana (base seca), no mínimo 16% de fibra alimentar total (base seca) e, desta, no mínimo 33% deve ser solúvel.

Com a obtenção do farelo de aveia, surge um produto secundário, que é a farinha de aveia, apresentando maior teor de amido e menores teores de proteínas, lipídios e fibra alimentar, em relação aos da farinha integral [18], o que justificaria sua utilização na extrusão. GORDON *et al* [11] sugeriram o emprego da farinha de aveia na extrusão, pois os baixos níveis de fibras alimentares oferecem vantagens nas propriedades funcionais dos extrusados, quando comparados com os da farinha integral, como é o caso do aumento de expansão.

Nos testes preliminares que realizamos, porém, foi impossível extrusar a farinha de aveia, porque esta ficava compactada impedindo a rotação do parafuso.

De acordo com EXTRUDED [10], os extrusados de aveia são densos, duros e de baixa expansão e uma maneira de melhorar essas características negativas seria combinar a farinha de aveia com amidos modificados. Não há porém informações quanto às condições operacionais e propriedades desses extrusados. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da farinha de aveia combinada ao amido modificado com elevado teor de amilopectina para produção de “snacks” extrusados.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Material

Os “snacks” foram produzidos a partir da farinha de aveia (*Avena sativa* L.), cultivar IAC 7 cuja composição centesimal apresentou: 13,4% de proteína, 7,9% de lipídios, 4,0% de fibra alimentar e 63% de carboidratos, segundo os métodos da AACC [1], fornecida pela S. L. Cereais e Alimentos Ltda. (Mauá da Serra – Pr) e do

amido modificado, BAKA SNAK um amido ceroso de milho, composto por 99% de amilopectina, pré-gelatinizado (informações do fabricante), fornecido pela National Starch & Chemical Industrial Ltda (São Paulo – SP).

2.2 – Métodos analíticos

2.2.1 – Preparo e condicionamento da matéria-prima

Para a produção de “snacks”, o amido modificado foi incorporado à farinha de aveia, nas proporções determinadas pelo delineamento experimental, adicionando-se água até atingir o teor de umidade estabelecido pelo mesmo delineamento. O material foi acondicionado em sacos de polietileno de baixa densidade que, devidamente selados, foram armazenados em geladeira por uma noite, para atingir o equilíbrio.

2.2.2 – Extrusão

Foi executada em extrusor de laboratório CT-L15 (CEREALTEC INTERNATIONAL, Campinas, Brasil), tipo monorosca, com parafuso de 420mm de comprimento, 19,4mm de diâmetro e taxa de compressão 1:2. A alimentação do material no extrusor atingiu $0,09\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$. A temperatura da primeira zona de aquecimento foi fixada em 80°C , enquanto que a rotação do parafuso, o diâmetro da matriz e a temperatura na segunda e terceira zona e na matriz variaram conforme o nível estabelecido no delineamento. Os “snacks” foram coletados após o processo atingir o seu equilíbrio, determinado pela estabilidade da amperagem no extrusor. A seguir, foram secos a $100^\circ\text{C}/15\text{min}$, em estufa com circulação de ar, para reduzir o conteúdo de umidade até valores próximos a 3%.

2.2.3 – Propriedades dos “snacks”

O volume específico (mL/g) foi determinado, em triplicata, pela técnica de deslocamento de areia [14]. A dureza (N) e fraturabilidade (N) foram determinadas utilizando o Texturômetro TA.XT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY), auxiliado pelo software XTRAD. Vinte amostras de tamanho similar foram uniaxialmente cortadas com ponta de prova HDP/BSK (Blade Set with Knife), com velocidade de $5,0\text{mm/s}$; $20,0\text{mm}$ de distância; limiar de força $0,20\text{N}$ e limiar de distância $0,5\text{mm}$.

2.2.4 – Delineamento experimental

Modelagem exploratória

Antecedendo a extrusão, foi definido um delineamento fatorial (2^5), contendo 5 variáveis em 2 níveis equidistantes (-1 e +1) acrescido de três repetições no ponto central (nível zero), através do software Statistica for Windows versão 4.3 [20], resultando em 11 ensaios com uma otimalidade $D=95,88\%$. As cinco variáveis independentes foram: UM = teor de umidade da matéria-prima (17, 20, 23%), TEM = temperatura de extrusão (120, 150 e 180°C), ROT = rotação do parafuso (100,

140 e 180rpm), MAT = diâmetro da matriz (4, 5 e 6mm) e AMI = teor de amido modificado (10, 20 e 30%). O teor zero de amido não foi incluído porque a farinha de aveia pura não fluiu no extrusor.

Modelagem para otimização

A partir dos resultados do ensaio exploratório foi realizado um deslocamento do delineamento experimental para região de baixa umidade (16-18%) e alta temperatura ($165 - 195^\circ\text{C}$), empregando-se delineamento composto rotacional, com as 2 variáveis codificadas nos níveis: $-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$, onde $\alpha = 2^{1/2}$ [4]. A rotação do parafuso, diâmetro da matriz e teor de amido modificado foram mantidos constantes, nos níveis -1, -1, +1, respectivamente.

2.2.5 – Análise estatística

As propriedades analisadas em cada ensaio: VE= volume específico, DU= dureza e FRA= fraturabilidade foram avaliadas, inicialmente, através de análise de variância (ANOVA) para determinar: a significância da regressão ao nível de 5% (teste F), o coeficiente de variação (CV) e o coeficiente de determinação (R^2), usando os softwares Statistical Analysis System [19] e Planej [4].

O procedimento “stepwise” [19], foi utilizado para eliminação das variáveis não significativas ($p<0,05$) e simplificação dos modelos. Gráficos tridimensionais foram elaborados a partir das equações ajustadas, utilizando o software Estatística for Windows 4.3 [20].

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o delineamento experimental e os valores médios obtidos para o volume específico, dureza e fraturabilidade dos extrusados. Na Tabela 2, são apresentados os modelos de regressão ajustados a esses dados experimentais.

TABELA 1. Valores médios do volume específico, dureza e fraturabilidade dos extrusados, segundo o delineamento fatorial 2^5 incompleto

Ensaio*	Variáveis Independentes(valores reais)					Variáveis Resposta		
	UM	TEM	ROT	MAT	AMI	VE	DU	FRA
1	23	180	180	6	30	3,0	8,942	4,895
2	23	180	100	6	10	4,1	3,134	0,721
3	23	120	180	4	30	1,8	24,342	9,258
4	23	120	100	4	10	1,3	25,660	15,140
5	17	180	180	4	10	1,3	10,354	8,438
6	17	180	100	4	30	4,0	17,130	11,465
7	17	120	180	6	10	1,0	47,777	6,073
8	17	120	100	6	30	0,8	66,959	29,907
9	20	150	140	5	20	1,1	24,944	19,707
10	20	150	140	5	20	1,0	16,357	13,637
11	20	150	140	5	20	1,0	29,812	28,178

UM= Umidade (%), TEM= Temperatura ($^\circ\text{C}$), ROT= rotação (rpm), MAT= Matriz (mm), AMI = Amido modificado (%), VE = Volume específico (mL/g), DU = Dureza (N), FRA = Fraturabilidade (N), * realizados em ordem aleatória

A análise de variância (ANOVA) mostrou que esses modelos são significativos ($p < 0,05$). Os coeficientes de determinação (R^2) foram altos ($> 0,90$) para volume específico e dureza. No caso do primeiro a falta de ajuste não foi significativa e o coeficiente de variação foi baixo (12,4%), podendo ser considerado como um instrumento preditivo, enquanto o segundo pode apenas indicar a tendência da resposta, por ter apresentado falta de ajuste significativa. Para a fraturabilidade, o R^2 foi mais baixo, explicando 73,61% da variação da resposta e a falta de ajuste não foi significativa. O coeficiente de variação (CV) apresentou-se relativamente elevado (39,73%), mas isto é aceitável para esta resposta, atribuindo-se boa parte dessa variação às características heterogêneas de textura dos produtos e à alta sensibilidade do equipamento. A equação ajustada foi utilizada para prever a resposta na região analisada.

TABELA 2. Modelos de regressão ajustados aos dados experimentais segundo o delineamento fatorial 2^5 incompleto para volume específico, dureza e fraturabilidade dos extrusados.

Propriedade	Modelo de Regressão	R^2
VOLUME ESPECÍFICO	$VE = 1,032 + 0,405 UM + 0,926 TEM - 0,391 ROT + 0,237 AMI + 1,134 UM^2 - 0,568 TEM ROT$	0,9863
DUREZA	$DU = 24,944 - 10,021UM - 15,650 TEM + 6,163 MAT$	0,9066
FRATURABILIDADE	$FRA = 16,129 - 6,984 UM - 8,107 TEM$	0,7361

UM = valores codificados para umidade; TEM = valores codificados para temperatura; ROT = valores codificados para rotação; AMI = valores codificados para amido modificado e MAT = valores codificados para matriz

3.1 – Volume específico

O volume específico foi afetado por todas as variáveis estudadas, com exceção da matriz. Esse é um parâmetro primário, associado às medidas de fraturabilidade, dureza, absorção de água e solubilidade em água dos produtos extrusados produzidos por extrusão termoplástica. Está diretamente relacionado com a expansão (axial + radial) e negativamente correlacionado com a densidade [3].

No gráfico de efeito da temperatura e umidade no volume específico, apresentado na *Figura 1A*, onde as variáveis ROT e AMI foram fixadas no nível zero (140rpm e 20%, respectivamente), podemos observar que a tendência para maiores valores de volume específico se localiza na região de maior temperatura de extrusão (180°C) e maior de umidade da matéria-prima (23%). Vários pesquisadores vêm estudando o efeito do teor de umidade da matéria-prima e da temperatura de extrusão nas propriedades dos extrusados [12, 16, 17]. A umidade afeta significativamente a expansão e a força de quebra dos extrusados e foi considerada a variável mais importante do processo [8]. Um baixo teor de umidade do amido pode restringir o fluxo do material dentro do extrusor aumentando, assim, a taxa de cisalhamento e tempo de residência, o que, provavelmente, aumenta o grau de gelatinização do amido e, por conseguinte, a expansão. Todavia, quando o teor de

umidade é baixo demais (inferior a 15%), isto pode criar uma taxa de cisalhamento muito alta, aumentando a temperatura do produto e conseqüentemente, a degradação do amido. Tal condição pode resultar na redução da expansão [9, 13]. De acordo com VILELA & EL-DASH [21], o aumento da temperatura de extrusão diminui a viscosidade do gel, provocando um maior fluxo do material durante a extrusão, maior porosidade e, conseqüentemente, menor densidade do extrusado.

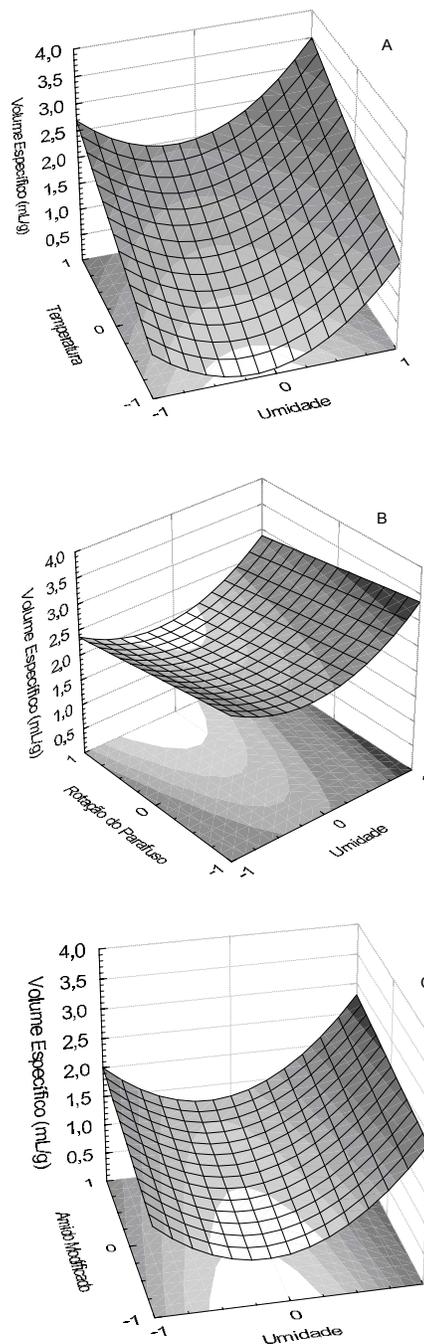


FIGURA 1. Efeito de: (A) temperatura e umidade, (B) rotação do parafuso e umidade e (C) teor de amido e umidade sobre o volume específico dos extrusados. (As variáveis que não aparecem nos gráficos foram mantidas fixas no nível zero).

Analisando a *Figura 1B*, onde TEM e AMI foram fixados no nível zero (150°C e 20%, respectivamente), observou-se que, quanto menor a rotação do parafuso (100rpm), para os mesmos teores de umidade, maiores valores para volume específico podem ser alcançados. Com a diminuição da rotação do parafuso, diminui-se o cisalhamento, mas aumenta-se o tempo de residência, o que pode ter contribuído para atingir um grau de gelatinização ideal para aumentar o volume [5]. Segundo HARPER [13], durante a extrusão, muita da energia necessária para alcançar a temperatura desejada vem da dissipação da energia mecânica para rotacionar o parafuso. O controle da temperatura e a rotação do parafuso tem um profundo efeito nas condições de expansão do extrusado.

De acordo com a *Figura 1C*, onde foram fixadas as variáveis TEM (150°C) e ROT (140rpm), o amido modificado apresentou maior influência sobre o aumento do volume específico com a umidade no nível mais baixo (17%), do que com a umidade no nível mais alto (23%). Na aveia, a fração de amilose varia de 19 a 27%, sendo o restante amilopectina [6]. Com a adição de 30% de BAKA SNAK (99% de amilopectina) a concentração de amilose reduziu consideravelmente, o que, segundo HARPER [13], contribui nas propriedades de expansão, resultando em um extrusado com maior volume específico. Além da amilose, outros componentes reduziram proporcionalmente, como os lipídios, que, agora com valores próximos a 5%, teriam um efeito menor na redução da expansão [7].

Avaliando os efeitos das variáveis independentes TEM (*Figura 1A*), ROT (*Figura 1B*) e AMI (*Figura 1C*), relacionados ao teor de umidade, observa-se que as interações apresentaram maiores valores para volume específico quando a umidade seguia a tendência ao valor máximo (23%), embora houvesse, também, uma tendência para aumento do volume específico em teores mínimos de umidade (17%). Nas condições de alta umidade, porém, o fluxo de material no extrusor apresentava descontinuidade, prejudicando as características de aparência, formato e estrutura dos “snacks”. Assim as condições de menor umidade se apresentaram como mais satisfatórias.

3.2 – Dureza e fraturabilidade

A dureza dos extrusados diminuiu em função de TEM e UM e aumentou em função de MAT (*Tabela 2*). As melhores condições para obtenção de extrusados com baixa dureza foram: 23% de umidade, 180°C de temperatura e 4mm de diâmetro da matriz (*Figura 2*). Estes parâmetros estão em concordância com aqueles necessários para obter um volume específico elevado, considerado uma propriedade física decisiva na qualidade de “snacks”.

A fraturabilidade foi influenciada significativamente apenas pela umidade e temperatura (*Tabela 2*). Valores mais baixos de fraturabilidade foram atingidos quando utilizados maiores níveis de temperatura e umidade, 180°C e 23%, respectivamente (*Figura 3*).

O que se deseja em “snacks” com boas características de textura é que os valores de dureza e fraturabilidade sejam baixos. MENDONÇA, KARAM, GROSSMANN [15], estudando as propriedades de textura de “snacks” comerciais de milho, encontraram valores que variaram de 7,35 a 11,5N e 4,70 a 5,70N para dureza e fraturabilidade, respectivamente. Assim, mesmo que as condições de processamento utilizadas fossem as de menor umidade e maior temperatura (apontadas anteriormente como mais recomendadas para o volume específico) os valores de dureza e fraturabilidade ficariam dentro da faixa encontrada em “snacks” tradicionais.

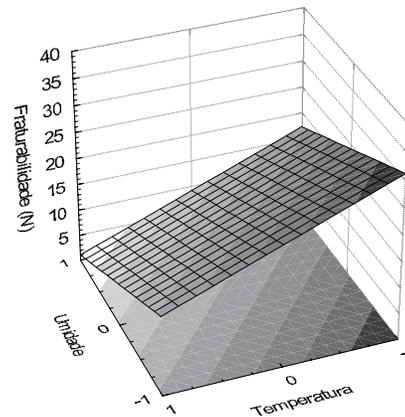


FIGURA 2. Efeito da umidade da matéria-prima e temperatura de extrusão na dureza dos “snacks” (matriz = 4mm)

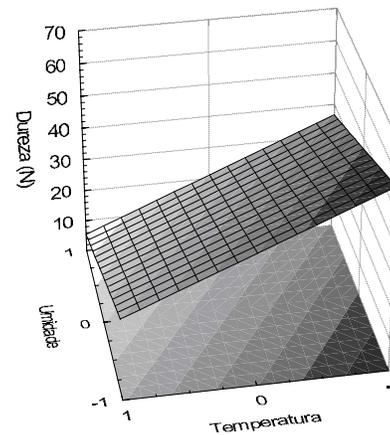


FIGURA 3. Efeito da umidade da matéria-prima e temperatura de extrusão sobre a fraturabilidade dos extrusados

3.3 – Otimização da produção de “snacks”

Com o intuito de otimizar as condições para produção de “snacks” foi definido um novo delineamento, levando em consideração o comportamento das variáveis independentes em relação ao volume específico, por ser esta variável a que mais se correlaciona com a expansão e textura desses produtos. O modelo de regressão obtido no delineamento 2⁵ incompleto, indicou

que maiores valores de volume específico podem ser obtidos com a redução da rotação do parafuso e com o aumento da temperatura de extrusão, do teor de amido e da umidade; sendo que menores níveis de umidade também apresentaram aumento no volume específico. Pelos problemas já relatados em relação ao efeito da alta umidade (Item 3.1), optou-se por explorar a região de baixa umidade e alta temperatura. Devido às limitações do extrusor (mono-rosca), a rotação mínima que pôde ser executada para esse tipo de matéria-prima foi 100rpm, por isso foi fixada essa condição. Considerando-se, também, que o objetivo do trabalho foi produzir “snacks” com maior teor possível de farinha de aveia, optou-se por estudar o efeito do amido modificado (BAKA SNAK) na concentração máxima de 30%. O diâmetro da matriz não foi significativo no aumento de volume específico, mas analisando os parâmetros de dureza optou-se por fixá-lo em 4mm, porque os “snacks” produzidos com essa matriz apresentaram-se menos duros.

Realizados os ensaios do delineamento para otimização, o modelo de regressão ajustado aos dados experimentais para volume específico:

$$VE = 7,150 + 0,347 UM + 0,530 TEM - 0,963 UM^2 - 1,063 TEM^2$$

foi significativo ($p < 0,05$) e explicou 88,21% da variação da resposta. Na *Figura 4*, observa-se que o maior valor dessa resposta (7,2mL/g), apontado pela análise estatística dos resultados, pode ser obtido com 17% de umidade de matéria-prima e 183°C de temperatura de extrusão. Ou seja, ao se deslocar a região experimental seguindo o percurso apontado pelo modelo inicial, encontrou-se uma região operacional ótima.

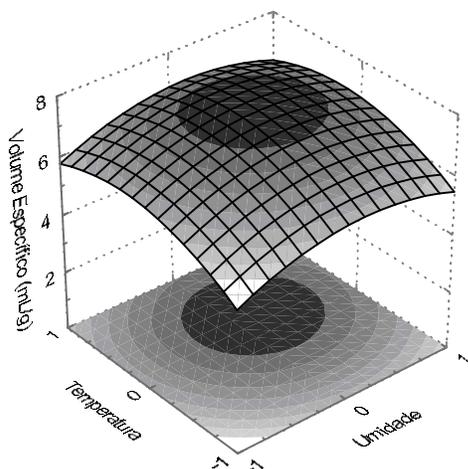


FIGURA 4. Volume específico dos “snacks”, em função da umidade da matéria-prima e da temperatura de extrusão (experimento de otimização).

Os “snacks” obtidos nessas condições tiveram valores médios de 5,41N e 2,02N, para dureza e fraturabilidade, respectivamente. Estes são inferiores

aos verificados em “snacks” comerciais de milho [15], mas perfeitamente aceitáveis, conferindo aos produtos características excelentes de crocância e palatabilidade (não quantificadas).

4 – CONCLUSÕES

A adição de amido de milho com alto teor de amilopectina à farinha de aveia possibilitou a produção de “snacks” com boas propriedades de expansão, dureza e fraturabilidade. A metodologia de superfície de resposta permitiu a definição das variáveis relevantes e as condições ótimas de processamento, definidas em: 30% de amido de milho ceroso, 17% de umidade de matéria-prima, 183°C de temperatura de extrusão, 100rpm de rotação do parafuso e matriz de 4mm.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**, 8. ed. Saint Paul, 1983.
- [2] AACC – AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Committee adopts oat bran definition. **Cereal Food World**, Saint Paul, v. 34, n. 12 p. 1034, 1989.
- [3] ALI, Y., HANNA, M. A. & CHINNASWAMY, R. Expansion characteristics of extruded corn grits. **Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie**, London, v. 29, n. 8, p. 702-707, 1996.
- [4] BARROS NETO, B., SACARMINIO, I. S. & BRUNS R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. Campinas: UNICAMP, 299p., 1995.
- [5] BATTACHARYA, M. & HANNA, M. A. Textural properties of extrusion-cooked corn starch. **Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie**, London, v. 20, n. 4, p. 195-207, 1987.
- [6] BECKER, R. & HANNERS, G. Carbohydrate composition of cereal grains. In: LORENZ, K. J. & KULP, K. **Handbook of Cereal Science and Technology**, New York: Marcel Dekker, 1991. p. 469-496.
- [7] CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, Oxford, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.
- [8] CHEN, J., SERAFIN, F. L., PANDYA, R.N. & DAUN, H. Effects of extrusion conditions on sensory properties of corn meal extrudates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 1, p. 84-89, 1991.
- [9] CHINNASWANNY, R. & HANNA, M. A. Optimum extrusion-cooking conditons for maximum expansion of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 3, p. 834-836, 840, 1988.
- [10] EXTRUDED snackfoods: starch to the rescue. **Food Manufacture**, London, v. 65, n. 9, p. 21-23, 1990.
- [11] GORDON, W. A., HEMPENIUS, W. L. & KIRKWOOD, J. R. Process for preparing a highly expanded oat cereal products. U.S. patent.: 4.620.981, 1986.
- [12] HARPER, J. M. **Extrusion of Food**. Boca Raton: CRC Press, v. 1, 1981. 212p.
- [13] HARPER, J. M. Extrusion texturization of foods. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 3, p. 70-76, 1986.
- [14] LUE, S., HSIEH, F. & HUFF H. E. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 68, n. 3, p. 227-234, 1991.
- [15] MENDONÇA S.; KARAM, L. B.; GROSSMANN, M. V. E. Análise Instrumental de textura e sua correlação com a avalia-

- ção sensorial em "snacks" comerciais. XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Rio de Janeiro, R. J. **Anais**. v. 1, p. 84-87, 1998.
- [16] MERCIER, C. & FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.
- [17] MILLER, R.C. Extrusion cooking of pet foods **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 30, p. 323-327, 1985.
- [18] PATON, D. & LENZ, M. K. Current practice and novel processes. In: WOOD, P. J. **Oat Bran**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, p. 25-48. 1993.
- [19] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/QC® Software: Reference**. 5 ed. Cary, 1985. 956p.
- [20] STATISTICAL FOR WINDOWS. **GRAPHICS SOFTWARE: STATSOFT**, Tulsa, Oklahoma, 1995.
- [21] VILELA, E. R. & EL-DASH, A. A. Extrusão de farinha de gandu (Cajanus cajan, Mill sp.). I. Efeitos das variáveis do processo nas características químicas, físicas e físico-químicas dos produtos extrusados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 97-116, 1987.
- [22] WEBSTER, F. H. Oat utilization: past, present, and future. In: WEBSTER, F. H. **Oats Chemistry and Technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1986. p. 413-426.
- [23] WOOD, P. J. *et al* Large-scale preparation and properties of oat fractions enriched in (1-3) (1-4) - β -D-glucan. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 66, n. 2, p. 97-103, 1989.