

PARÂMETROS DE EXTRUSÃO PARA PRODUÇÃO DE “SNACKS” DE FARINHA DE CARÁ (*Dioscorea alata*)¹

Rosa Maria Lima ALVES², Maria Victória Eiras GROSSMANN^{2,*}

RESUMO

Farinha de cará (*Dioscorea alata*) foi processada em extrusor mono-rosca, para a manufatura de “snacks”. Foi empregada a Metodologia de Superfície de Resposta para avaliar os efeitos da umidade (16, 20 e 24%), temperatura (120, 150 e 180°C) e diâmetro da matriz (3, 4 e 5mm) nas características dos extrusados. A temperatura foi a variável mais importante, influenciando todas as propriedades estudadas. O volume específico e o comprimento específico aumentaram quando a temperatura aumentou e a umidade e o diâmetro da matriz diminuíram, enquanto, ao mesmo tempo, fraturabilidade e dureza diminuíram. A expansão diminuiu, quando a temperatura aumentou de 120 para 180°C. Foram selecionadas duas condições experimentais que possibilitavam obter “snacks” com propriedades desejáveis (alto volume específico e baixa dureza e fraturabilidade) e os produtos foram avaliados por equipes sensoriais não treinadas. Estas apontaram que o melhor produto foi aquele extrusado com um teor de umidade de 17%, a 170°C, com uma matriz de 4mm de abertura. Este produto obteve um índice de aceitabilidade de 80%, quando avaliado por 140 consumidores.

Palavras-chave: cará; extrusão; farinhas; “snacks”.

SUMMARY

YAM FLOUR FOR EXPANDED SNACKS. Yam flour (*Dioscorea alata*) was processed in a single-screw extruder, for manufacturing snacks. Response Surface Methodology was employed to evaluate the effects of moisture (16, 20, 24%), extruder temperature (120, 150, 180°C) and die diameter (3, 4, 5mm) on extrudates characteristics. Temperature was the most important variable, influencing all the studied properties. Specific volume and specific length increased when temperature increased and moisture and die diameter decreased, while at the same time, fracturability and strength decreased. Expansion decreased when temperature increased from 120 to 180°C. Two experimental conditions to obtain snacks with desirable properties (high specific volume and low strength and fracturability) were selected and the products were evaluated by non trained sensorial panels. These pointed out that the better snack was that extruded at 17% moisture, 170°C and 4mm die diameter. This snack obtained 80% acceptability when evaluated by 140 consumers.

Keywords: yam; extrusion; flours; snacks.

1 – INTRODUÇÃO

As raízes e tubérculos pertencem à classe de alimentos que proporcionam, basicamente, energia na dieta humana, em forma de carboidratos [15].

O processamento de carás (*Dioscorea sp.*), sob a forma de farinha, tem sido estudado por vários autores, como alternativa para redução das perdas associadas à pós-colheita [2, 12, 13, 20, 21, 24, 25, 26].

A farinha de cará apresenta maior conteúdo de proteínas e cinzas (6, 90 e 1,60%, respectivamente, de acordo com ALVES [2]), quando comparada com a de mandioca, que contém 1,20% de proteínas e 0,75% de cinzas [12]. Os carboidratos são os componentes de maior abundância no material seco, representando aproximadamente 25% do peso total do tubérculo, em base úmida, sendo a maior parte constituída por amido [2, 12]. O aroma e a coloração clara facilitarão a sua incorporação em produtos alimentares.

A obtenção de um produto industrializado, com valor comercial, a partir do cará, pode ser condição prévia à exploração do potencial agroindustrial desta espécie. Estudos poderiam ser desenvolvidos objetivando a sua utilização na alimentação humana e animal, dada a necessidade crescente de alimentos com qualidade nutricional para atender a demanda populacional.

Uma possível aplicação para a farinha seria a sua utilização para a produção de “snacks”, aplicando a tecnologia de extrusão. Estes produtos apresentam um grande mercado consumidor e possibilitam a agregação de valor para farinhas de diferentes fontes.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da umidade da matéria-prima, da temperatura do extrusor e do diâmetro da matriz sobre os extrusados de farinha de cará, visando a produção de “snacks” expandidos.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Material

A farinha de cará (*Dioscorea alata*) utilizada como matéria-prima foi obtida a partir de tubérculos frescos. Estes foram descascados, fatiados e depois secos em estufa com circulação de ar, a uma temperatura de 40-45°C, por aproximadamente 40 horas. O produto seco foi moído, primeiramente, em moinho de facas (modelo MR 340, Metalúrgica Roma, São Paulo) e, a seguir, em moinho de pinos (Alpine, Augsburg) equipado com peneira com abertura de 0,297mm. A farinha apresentou a seguinte composição: 88,71% de amido, 6,90% de proteínas, 0,25% de lipídios e 1,60% de cinzas.

Para a aromatização dos “snacks” foram empregados: aroma de bacon (Sun Foods Indústria de Produtos

¹ Recebido para publicação em 26/04/01. Aceito para publicação em 11/09/01.

² Universidade Estadual de Londrina. Depto. de Tecnologia de Alimentos, Caixa Postal 6001, CEP 86051-970, Londrina-PR. E-mail: victoria@uerj.br

* A quem a correspondência deve ser enviada.

Alimentícios Ltda., São Paulo, Brasil), gordura vegetal levemente hidrogenada (Santista Alimentos S.A., São Paulo, Brasil) e sal refinado.

2.2 – Condições de extrusão

O processamento foi realizado em extrusor de laboratório CEREALTEC (Campinas, Brasil), modelo CT-L5, com rosca sem fim única, com 52,5cm de comprimento, 1,61cm de diâmetro e taxa de compressão 3:1.

Durante o processamento, foram mantidas fixas a temperatura na zona de alimentação, em 80°C, a rotação da rosca sem fim, em 150rpm e a vazão de alimentação, em 90g/min. As temperaturas da zona de aquecimento e do cabeçote foram iguais entre si e variaram conforme o delineamento estatístico. Os extrusados foram coletados após o processo atingir o seu equilíbrio, determinado pela estabilidade da amperagem no aparelho.

Após a extrusão, os produtos foram cortados (5cm de comprimento) e secos em estufa com circulação de ar, a 100–120°C, por 15 minutos, para reduzir o conteúdo de umidade até valores inferiores a 3% [10]. A seguir, foram resfriados em dessecadores até atingirem a temperatura ambiente e acondicionados em sacos de polipropileno biorientado metalizados, os quais foram selados e mantidos ao abrigo do calor, até a realização das análises.

2.3 – Índice de expansão, comprimento específico e volume específico

O índice de expansão foi calculado pela razão entre o diâmetro do extrusado e o diâmetro da matriz [30]. O comprimento específico foi obtido pela razão entre o comprimento em milímetros e o peso, em gramas [1]. O volume específico foi calculado pela razão entre o volume e o peso do extrusado. O volume foi determinado pelo deslocamento de água, após o recobrimento da amostra com uma fina camada de parafina [19]. Para cada propriedade foram avaliadas 10 amostras de cada ensaio, tomadas aleatoriamente.

2.4 – Textura – fraturabilidade e dureza

Foi utilizado um analisador de textura TA.TX2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY) e o software XTRAD para a análise dos dados. Amostras de tamanho similar foram uniaxialmente cortadas com probe tipo faca, com velocidade de 5,00mm/s; 20,0mm de distância; limiar de força de 20gf e limiar de distância de 0,5mm, registrando-se a dureza e a fraturabilidade.

A fraturabilidade correspondeu à altura do primeiro pico significativo, no primeiro ciclo de compressão, e a dureza ao pico máximo, também no primeiro ciclo de compressão [6]. Os resultados foram médias de 15 amostras tomadas aleatoriamente.

2.5 – Avaliação sensorial

Para a avaliação sensorial dos "snacks" foram selecionadas (por sobreposição de gráficos) duas condições

experimentais que propiciaram as melhores respostas para as características de alto volume específico e baixos valores de fraturabilidade e dureza. Essas condições foram: 16% de umidade; 170°C e matriz de 4mm e 17% de umidade, 170°C e matriz de 4mm. Após a secagem, as amostras foram aromatizadas com: 1,8% (p/p) de aroma de bacon, 10% (p/p) de gordura vegetal levemente hidrogenada e 2% de sal (p/p). Embalagens de polipropileno biorientado metalizados contendo 5 amostras com aproximadamente 5cm de comprimento foram seladas e mantidas ao abrigo do calor, até a realização dos testes sensoriais. Os testes foram iniciados no quinto dia após a elaboração e finalizados num prazo máximo de 20 dias.

O grau de aceitação dos "snacks" foi avaliado utilizando-se teste afetivo [29], sendo que 140 consumidores potenciais do produto, avaliaram de forma monocádica, o quanto gostaram ou desgostaram de cada amostra extrusada, utilizando escala hedônica estruturada de sete pontos. Os provadores, não treinados, de ambos os sexos, foram selecionados em função de consumirem "snacks", disponibilidade e interesse em participar do teste, sendo que metade destes eram adultos, na faixa etária de 17 a 50 anos, e a outra metade crianças com 8 a 10 anos de idade.

A amostra melhor pontuada foi submetida à teste de atitude em relação ao produto, utilizando uma escala de 9 pontos, realizado com 120 consumidores potenciais, em um supermercado local, sem restrições ao fato de consumirem ou não produtos deste tipo, idade ou sexo.

Foi realizada análise de variância para detectar diferenças significativas entre as amostras e qual a mais aceita pelo consumidor.

2.6 – Delineamento estatístico para a extrusão

O ensaio de extrusão foi conduzido conforme delineamento fatorial (3^3) incompleto [7] com níveis equidistantes de 3 variáveis independentes em 3 níveis de variação: teor de umidade (16, 20 e 24%), temperatura do extrusor (120, 150 e 180°C) e diâmetro da matriz (3, 4 e 5mm), conforme a Tabela 1. Os níveis das variáveis foram codificados como -1, 0, +1, para a realização das análises estatísticas. As faixas entre o limite inferior e o superior, para cada variável, foram determinadas por testes preliminares, onde também se avaliou a rotação da rosca sem fim. Foi constatado que a influência desta última não foi significativa ($p < 0,05$).

Os dados obtidos foram tratados por análise de regressão múltipla, a fim de se desenvolver um modelo matemático de segunda ordem, contendo termos lineares, quadráticos e de interações binárias das 3 variáveis independentes, empregando programação do SAS [27]. A significância dos modelos foi testada por análise de variância (Teste F). A influência das variáveis foi visualizada através de gráficos tridimensionais de superfície de resposta, elaborados empregando os modelos completos, pelo programa Statistica [28].

TABELA 1. Delineamento experimental para os ensaios de extrusão

Ensaio	Variáveis codificadas			Variáveis reais		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁	x ₂	x ₃
1	-1	-1	0	16	120	4
2	1	-1	0	24	120	4
3	-1	1	0	16	180	4
4	1	1	0	24	180	4
5	-1	0	-1	16	150	3
6	1	0	-1	24	150	3
7	-1	0	1	16	150	5
8	1	0	1	24	150	5
9	0	-1	-1	20	120	3
10	0	1	-1	20	180	3
11	0	-1	1	20	120	5
12	0	1	1	20	180	5
13	0	0	0	20	150	4
14	0	0	0	20	150	4
15	0	0	0	20	150	4

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Características físicas dos extrusados

Na Tabela 1, são apresentados os coeficientes dos modelos de regressão e a análise de variância (ANOVA) para cada variável resposta, obtidos a partir dos resultados experimentais.

TABELA 2. Coeficientes de regressão e análise de variância (ANOVA) dos modelos^a matemáticos das variáveis resposta.

Coeficiente	Respostas					
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	
	β ₀	2,20	54,26	2,73	1762,42	4644,22
Linear	β ₁	-0,48**	-6,39	-1,53**	675,18**	699,92**
	β ₂	-0,52**	38,04**	0,48*	-993,17**	-1968,39**
	β ₃	-0,29*	-18,60*	-0,42*	-81,08	838,42**
Quadrático	β ₁₁	0,22	1,13	0,85**	-241,51	-712,53**
	β ₂₂	-0,21	14,88	-0,07	940,81**	442,38*
	β ₃₃	0,17	-1,08	0,42	-342,41	-420,96*
Interação	β ₁₂	0,11	-9,83	-0,05	-361,25	-300,80
	β ₁₃	0,11	1,21	0,35	116,84	-91,10
	β ₂₃	0,12	-13,67	0,01	675,24*	76,71
R ²	0,9530	0,9600	0,9861	0,9764	0,9964	
Signif. do modelo (P)	0,0244	0,0180	0,0023	0,0065	0,0002	
Coef. de variação (%)	10,26	19,64	8,86	17,16	4,73	
Signif. falta de ajuste (P)	0,0733	0,0708	0,0712	0,0608	0,1231	

^a Y = β₀ + β₁x₁ + β₂x₂ + β₃x₃ + β₁₁x₁² + β₂₂x₂² + β₃₃x₃² + β₁₂x₁x₂ + β₁₃x₁x₃ + β₂₃x₂x₃ + e, onde x₁ = umidade, x₂ = temperatura e x₃ = diâmetro da matriz. Y₁ = expansão; Y₂ = comprimento específico; Y₃ = volume específico; Y₄ = textura- fraturabilidade; Y₅ = textura- dureza; *, ** = significativos a p ≤ 0, 05, p ≤ 0, 01, respectivamente.

De acordo com a ANOVA (Tabela 2), os modelos apresentaram coeficiente de determinação (R²) maior que 0, 95 e falta de ajuste não significativa. Os coeficientes de variação para comprimento específico (19,64%) e para fraturabilidade (17,16%) foram um pouco elevados, o que no último caso se atribui à textura heterogênea do produto e à alta sensibilidade do equipamento usado para as medidas. Os efeitos lineares da umidade, temperatura e do diâmetro da matriz influenciaram significativamente as respostas, exceto umidade no caso do comprimento específico e diâmetro da matriz na fraturabilidade. Todos os efeitos quadráticos afetaram a dureza e os da temperatura e da umidade influenciaram a fraturabilidade e o volume específico, respectivamente.

Os diagramas de superfície apresentados na Figura 1, elaborados a partir do modelo de regressão, estabelecem a variação da expansão em função do teor de umidade e temperatura, mantendo-se o diâmetro da matriz fixo no nível -1 (3mm). A expansão aumentou quando se trabalhou com valores baixos de umidade e de temperatura. A maior resposta obtida experimentalmente (3,66), foi encontrada em níveis de umidade -1 (16%), 0 de temperatura (150°C) e -1 (3mm) de diâmetro da matriz. De acordo com o modelo, quando a combinação das variáveis for (-1), (-1) e (-1), para umidade, temperatura e matriz, respectivamente, a resposta será ainda maior (3,78).

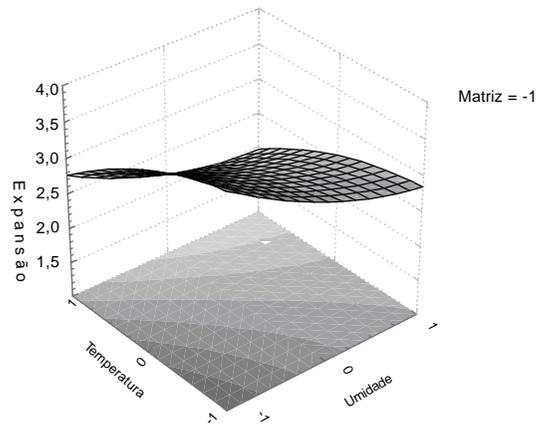


FIGURA 1. Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de extrusão na expansão dos “snacks”, estando a matriz fixa no nível -1 (3mm).

O efeito da umidade na expansão já foi verificado por outros autores [14, 17], bem como o da temperatura [13]. Com relação à matriz, quanto menor for seu diâmetro, maior é a resistência que impõe à saída do produto, criando maior pressão na região imediatamente anterior a ela, fazendo com que o efeito da descompressão seja mais acentuado. Conseqüentemente, maior será a evaporação e a expansão. GUJSKA & KHAN [18] sugeriram que o grau de expansão afeta a densidade, a fragilidade e a textura dos produtos extrusados. Logo, o

grau de expansão é um fator importante a ser monitorado na produção de “snacks”.

A *Figura 2* mostra que, em condições de alta temperatura e menor diâmetro de matriz, houve aumento nos valores de comprimento específico. Os maiores valores para comprimento específico (133,36mm/g na amostra 3 e 139,93mm/g na amostra 10) foram obtidos em condições de baixas umidades e diâmetro de matriz, com alta temperatura.

O comprimento específico correlaciona o comprimento do extrusado com sua massa. É uma maneira de expressar a expansão axial. ALVAREZ-MARTINEZ KONDURY, HARPER [1] observaram que a temperatura da massa fundida afetou significativamente o comprimento específico. Com o aumento da temperatura houve um aumento da resposta. Estes autores, assim como também LAUNAY & LISCH [22], encontraram uma correlação negativa entre a expansão axial e a radial, fato também observado neste trabalho, embora esta correlação tenha sido baixa ($r = -0,33$).

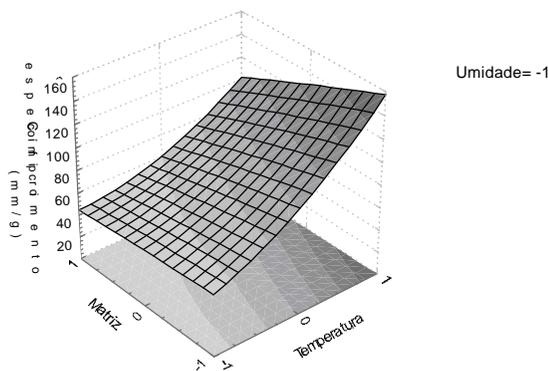


FIGURA 2. Comprimento específico dos “snacks” em função da temperatura de extrusão e do diâmetro da matriz, com a umidade fixada no nível -1 (16%)

Produtos com maior volume específico e, portanto, menor densidade, foram obtidos em amostras processadas em níveis menores de umidade e mais elevados de temperatura (*Figura 3*). O maior valor calculado (6,32mL/g), correspondente ao processamento com umidade de 16%, temperatura de 170°C e matriz de 3mm, foi menor que o valor médio (8,72mL/g) encontrado em “snacks” comerciais de milho (dados não publicados).

Com temperaturas mais elevadas, embora tenha ocorrido um decréscimo na expansão (*Figura 1*), o volume específico aumentou (*Figura 3*). Isto foi consequência do aumento na expansão axial (*Figura 2*), já que foi verificada uma correlação positiva ($r = 0,49$) entre esta e o volume específico.

O volume específico dá uma idéia da porosidade do produto e depende, basicamente, das propriedades de viscosidade e elasticidade da massa fundida [22]. É uma medida da expansão volumétrica, que é a soma das expansões radial e axial. BALANDRÁN-QUINTANA *et al.*

[4], trabalhando com farinha de feijão, constataram que a densidade foi influenciada significativamente pela umidade e temperatura e que decresceu, com aumentos de temperatura, para materiais com teor de 18 e 20% de umidade. BRADIE & MELLOWES [8] também observaram que a umidade foi significativa na densidade dos extrusados de farinha de mandioca.

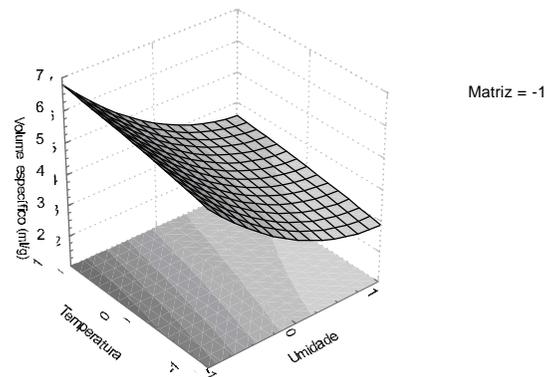


FIGURA 3. Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de extrusão no volume específico dos “snacks”. Matriz fixa no nível -1 (3mm).

Expansão e volume são relacionados com a gelatinização do amido. um aumento na gelatinização aumenta a expansão e diminui a densidade [5, 11].

ALVES, GROSSMAN, SILVA [3], ao extrusar amido de cará, a 180°C, 18% de umidade e 4mm de diâmetro de matriz, obteve produto com maior volume específico (5,94mL/g), quando comparado com o valor calculado para a farinha de cará (2,87mL/g), nessas mesmas condições. Isto significa que a presença de outros componentes na farinha (proteínas, principalmente) diminuiu a capacidade de expansão.

Observa-se, pelo gráfico de superfície (*Figura 4*) que, com o decréscimo do teor de umidade e aumento da temperatura, houve um decréscimo nos valores de fraturabilidade.

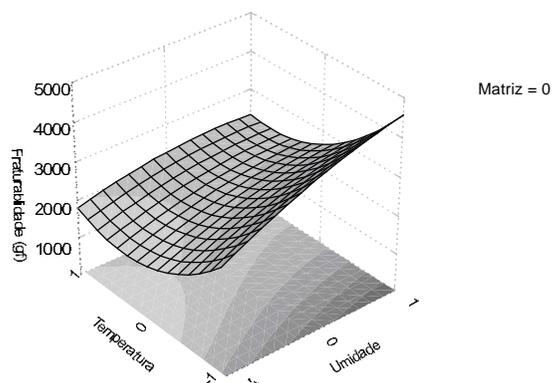


FIGURA 4. Variação da fraturabilidade dos “snacks” em função da umidade da matéria-prima e da temperatura de extrusão, com a matriz fixa no nível 0 (4mm).

BRADIE & MELLOWES [9], estudando a textura e microestrutura de extrusados de farinha de mandioca, também observaram que a umidade e a temperatura foram variáveis significativas para a fraturabilidade. Os valores diminuíram quando a umidade diminuiu de 15 para 11% (b.s.) e a temperatura aumentou de 100-105° para 120-125°C.

O que se deseja em “snacks” com boas características de textura, é que os valores de fraturabilidade não sejam elevados. MENDONÇA, KARAN, GROSSMANN [23], estudando as propriedades de textura em “snacks” comerciais de milho, encontraram o valor médio para fraturabilidade de 52,70g.f.

Os valores obtidos neste trabalho são superiores a 600g.f. Para condições de processamento com valores baixos de umidade e diâmetro da matriz e de médio a alto para temperatura, a fraturabilidade teve valores compreendidos entre 660 e 1000g.f.

A dureza é um dos fatores que determina a aceitabilidade do alimento pelo consumidor [5] e, assim como a fraturabilidade, é desejável que seus valores sejam baixos. Porém, para estas propriedades de textura, não há definição da faixa de valores aceitáveis para “snacks” [23].

Através da *Figura 5*, observa-se que, com o decréscimo do teor de umidade e um aumento na temperatura, tem-se valores de dureza menores. Comparando os resultados para diferentes tamanhos de matriz (gráfico não apresentado), observou-se que, com o aumento destes, ocorreu aumento nos valores de dureza em todas as condições experimentais. Em condições de temperatura elevada e, independente da umidade, as diferenças entre os valores obtidos com diferentes matrizes foi maior.

As farinhas extrusadas com baixo teor de umidade em condições de alta temperatura de processamento e com menor diâmetro de matriz apresentaram valores de dureza que estão dentro da faixa (757,43 a 1210,17g.f.) dos obtidos por MENDONÇA, KARAN, GROSSMANN [23] para “snacks” comerciais de milho.

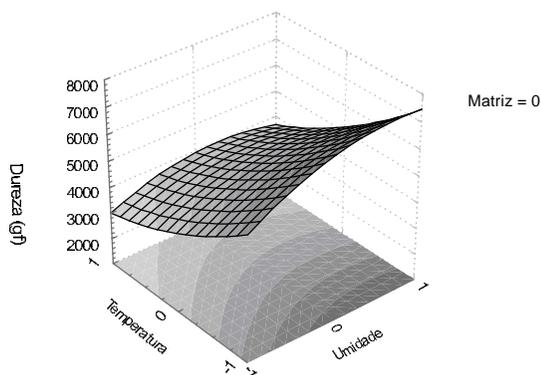


FIGURA 5. Efeito da umidade da matéria-prima e da temperatura de extrusão na dureza dos “snacks”. Matriz fixa em 0 (4mm).

Assim, as melhores condições para a obtenção de extrusados com baixa dureza e baixos valores de fraturabilidade foram: baixa umidade, alta temperatura e menor diâmetro de matriz. Estes parâmetros estão em concordância com aqueles necessários para obter um volume específico elevado, considerado uma característica física decisiva na qualidade de “snacks”.

BRADIE & MELLOWES [9], trabalhando com extrusados de farinha de mandioca, observaram que a umidade e a temperatura foram significativas para a dureza. Verificaram que, com o aumento da umidade, até 15%, obteve-se um aumento da dureza, e que com o aumento da temperatura, os valores diminuíram. Encontraram uma correlação positiva entre fraturabilidade e dureza, que também foi verificada neste trabalho ($r = 0,77$).

Para GAINES, KASSUBA, FINNEY [16], a textura é um elemento importante na qualidade, afetando diretamente a aceitabilidade dos consumidores e as vendas. Desta forma, as diferenças com relação à força de quebra encontradas neste trabalho, sugerem produtos com diferentes níveis de crocância e qualidade.

3.2 – Seleção das melhores condições experimentais

Pela sobreposição dos gráficos referentes às características de volume específico, dureza e fraturabilidade, verificou-se que as condições experimentais em que essas respostas alcançavam seus valores mais recomendados para “snacks”, eram as de maior temperatura, menor umidade e menor diâmetro de matriz. Embora os resultados apontassem a matriz de 3mm como a mais adequada, não foi possível utilizá-la em combinação com a umidade e temperatura recomendadas, devido a limitações operacionais do extrusor. Assim, selecionou-se duas condições experimentais, com baixa umidade (16 e 17%), alta temperatura do extrusor (170°C) e com matriz de 4mm, uma vez que, de acordo com os resultados, esse deslocamento na região experimental afeta apenas levemente as características citadas anteriormente.

3.3 – Avaliação sensorial

Na avaliação feita pelos adultos (*Tabela 3*), as amostras A e B diferiram significativamente quanto à preferência, sendo que a A foi a que obteve melhor nota (5,77). Já entre as crianças, não foram identificadas diferenças entre as amostras, que foram consideradas boas para consumo.

A amostra A, que obteve a melhor pontuação entre os adultos (5,77), foi utilizada no teste de atitude em relação a um produto, obtendo uma pontuação média de 7,2, em uma escala de 9 pontos, representando, assim, 80% de aceitação, considerando-se a nota máxima (9,0) do teste como 100%. As condições de processamento dessa amostra são, então, as recomendadas para a produção de “snacks” a partir da farinha de cará.

TABELA 3. Condições experimentais na extrusão e resultado do teste sensorial para avaliação de preferência.

Amostra	Condições de extrusão ^a			Notas ^{b, c, d}	
	Umidade	Temperatura	Diâmetro da matriz	Crianças	Adultos
	(%)	(° C)	(mm)		
A	17	170	4	6,97 ^A	5,77 ^A
B	16	170	4	6,93 ^A	3,62 ^B

^a Rotação da rosca sem fim fixada em 150rpm

^b Escala de 9 pontos

^c Média de provadores – crianças

^d Média de provadores – adultos

^e Letras maiúsculas diferentes, na mesma coluna, indicam diferença significativa, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey

4 – CONCLUSÕES

A extrusão de farinha de cará possibilita a produção de “snacks” com diferentes características com relação à expansão, comprimento e volume específicos, dureza e fraturabilidade. Na região experimental estudada, as condições operacionais mais recomendadas para obter produtos com boas características físicas e sensoriais foram: baixa umidade (17%), alta temperatura (170°C) e diâmetro de matriz de 4mm, com rotação do parafuso de 150rpm.

Os resultados demonstraram que esses “snacks” têm características desejadas pelos consumidores e potencial para futura comercialização.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ALVAREZ- MARTINEZ, L.; KONDURY, K.P.; HARPER, J.M. A general model for expansion of extruded products. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 2, p. 609- 615, 1988.

[2] ALVES, R.M.L. Caracterização de ingredientes obtidos de cará (*Dioscorea alata*), por moagem úmida e seca, e proposta de aplicações na indústria de alimentos. Londrina, 2000, 168p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Londrina.

[3] ALVES, R. M. L. ; GROSSMANN, M. V. E.; SILVA, R. S. F. Gelling properties of extruded yam (*Dioscorea alata*) starch. **Food Chemistry**, v.67, p. 123-127, 1999.

[4] BALANDRÁN-QUINTANA, R.R.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; ZAZUETA-MORALES, J. J. Funcional and nutricional properties of extruded wole pinto bean meal (*Phaseolus vulgaris L.*). **Journal of Food Science**, v.63, n.1, p.113-116, 1998.

[5] BHATTACHARYA, S.; CHOUDHURY, G. S. Twin-screw extrusion of rice flour: effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and product characteristics. **Journal of Food Process and Preservation**, v.18, p.389-406, 1994.

[6] BOURNE, M.C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v.7, n. 32, p. 62- 66, 72, 1978.

[7] BOX, G.E.P.; BEHNKEN, D.W. Some new three level designs for the study of quantitative variables. **Technometrics**, v.2, n.4, p.455-475, 1960.

[8] BRADIE, N.; MELLOWES, W. A . Effect of extrusion variables on cassava extrudates. **Journal of Food Science**, v.56, n.5, p. 1334- 1337, 1991a.

[9] BRADIE, N.; MELLOWES, W. A . Texture and microstruture of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) flour extrudate. **Journal of Food Science**, v.56, n.5, p. 1319- 1322, 1991b.

[10] CAMIRE, M.E.; KING,C.C. Protein and fiber supplementation effects on extruded corn meal snack quality. **Journal Food Science**, v.56, n.3, p.760-763,768, 1991.

[11] CASE, S.E.; HAMANN, D.D.; SCHWARTZ, S.J. Effect of starch gelatinization on physical properties of extruded wheat and corn based products. **Cereal Chemistry**, v. 69, n.4, p.401-404, 1992.

[12] CIACCO, C.F. and D’APPOLONIA, B. L. Baking studies with cassava and yam. II. Rheological and baking studies of tuber- wheat flour blends. **Cereal Chemistry**, v.55, n.4, p. 423- 435, 1978.

[13] EL-DASH, A .A .; TOSELLO, A. and ROA, G. Pregelatinized cara (water yam) flour: effect on dough and bread quality. **Cereal Chemistry**, v. 55, n.6, p. 799- 808, 1978.

[14] FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C. Hight temperature short time extrusion cooking of wheat starch and flour. II Effect of protein and lipid on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, v.59, n.6, p. 533-537, 1982.

[15] FAO. **Raices, tuberculos, platanos y bananas en la nutrición humana**. Colección FAO: Alimentación y nutrición, n.24. Roma. 196p. 1991.

[16] GAINES, C.S.; KASSUBA, A.; FINNEY, P.L. Instrumental measurement of cookie hardness. I. Assessment of methods. **Cereal Chemistry**, v.69, n.2, p.115-119, 1992.

[17] GROSSMANN, M. V. E.; EL-DASH, A.A.; TAVARES, D. Q. Efeito das variáveis da extrusão nas propriedades físicas do amido de mandioca. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.32, n.4, p.793-802, 1989.

[18] GUJSKA, E.; KHAN, K. Effect of temperature on properties of extrudates from starch fractions of navy, pinto and garbanzo beans. **Journal Food Science**, v.55, p.466-469, 1991.

[19] HASHIMOTO, J.M. Farello de mandioca como fonte de fibras em “ snacks”. Londrina, 1996. Tese (Mestrado) – Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos, Universidade Estadual de Londrina.

[20] IGE, M.T. and AKINTUNDE, F.O .Studies on the local techniques of yam flour production. **Journal of Food Technology**, v.16, p. 303-311, 1981.

[21] KPODO, K.A . **Puffing characteristics of yam (*Dioscorea alata*) flour**. St. Augustine (Trinidad and Tobago). 1987.132p.

[22] LAUNAY, B.; LISCH, J.M. Twin-screw extrusion cooking of starches: flow behavior of starches pastes, expansion cooking properties of extrudates. **Journal Food Engennering**, v. 2, p.259, 1983.

[23] MENDONÇA, S.; KARAM, L.B.; GROSSMANN, M.V.E. Análise instrumental de textura e sua correlação com a avaliação sensorial em “snacks” comerciais. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998. Rio e Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998, v.1, p. 84-87.

[24] OKAKA, J.C.; ANAJEKWU, B. Preliminary studies on the production and quality evaluation of a dry yam snack. **Tropical Science**, n. 30, p. 67-72,1990.

[25] OKAKA, J.C.; OKORIE, P.A . and OZO, O .N. Quality evaluation of sun- dried yam chips. **Tropical Science**, n.30, p. 265- 267, 1991.

[26] RAVINDRAN, G. and WANASUNDERA, J.P.D. Chemical changes in yam tubers (*Dioscorea alata* and *D. esculenta*) during storage. **Tropical Science**, n.33, p.57-62, 1992.

- [27] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM FOR WINDOWS. **SAS User's Guide: Statistics**. 1996.
- [28] STATSOFT. **Statistica for Windows, v. 5.0**. Tulsa-US, 1995.
- [29] STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. Florida, Academic Press, 1985. Cap.7: Affective testing, p. 227-252.
- [30] VILELA, E.R.; EL-DASH, A.A. Extrusão de farinha de guandu (*Cajanus cajan*, Mill sp.). Efeito das variáveis do processo nas características químicas, físicas e físico-químicas dos produtos extrusados. **Revista da SBCTA**, v.7, n.2, p.97-116, 1987.

6 – AGRADECIMENTOS

À Dra. Sandra Helena Prudêncio Ferreira, pela orientação na avaliação sensorial. À CAPES e Vitae, pelo apoio financeiro. (Vitae não compartilha necessariamente dos conceitos e opiniões expressos neste trabalho, que são da exclusiva responsabilidade dos autores.)