

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

Reduction of extruder length/ diameter ratio and enhancement of the acceptability of amaranth-based snacks

Autores | Authors

✉ Vanessa Dias CAPRILES

Universidade Federal de São Paulo
(UNIFESP)
Departamento de Biociências
Campus Baixada Santista
Av. Ana Costa, 95, Vila Mathias
CEP: 11060-001
Santos/SP - Brasil
e-mail: vanessa.capriles@unifesp.br

José Alfredo Gomes ARÊAS

Universidade de São Paulo (USP)
Departamento de Nutrição da Faculdade
de Saúde Pública
e-mail: jagareas@usp.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 27/05/2010
Aprovado | Approved: 18/11/2010

Resumo

A utilização do pseudocereal amaranto na elaboração de produtos extrusados vem atender à crescente demanda por alimentos que associem conveniência à saúde. No entanto, foram encontradas características sensoriais indesejáveis em *snacks* de amaranto, como a coloração escura e o gosto residual amargo. Os atributos sensoriais de *snacks* são determinados pelas características intrínsecas da matéria-prima e pelas condições do processo de extrusão que influenciam diretamente as reações que ocorrem durante o processamento, como o escurecimento não enzimático e a degradação de pigmentos que podem afetar a cor e o sabor do produto final. Quanto maior o tempo de residência da matéria-prima na extrusora, maior a sua susceptibilidade a estas reações. Condições do processo e a configuração da extrusora, como a razão comprimento/diâmetro, influenciam o tempo de residência da matéria-prima no interior do equipamento. Assim, este trabalho se propôs a avaliar o impacto da redução da razão comprimento/diâmetro do canhão da extrusora na aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto. *Snacks* à base de milho e amaranto (50, 75 e 100%) foram produzidos sob as mesmas condições de processamento em extrusora com razão comprimento/diâmetro (C/D) de 4,6: 1 e de 2,6: 1. A redução da razão C/D da extrusora possibilitou a obtenção de *snacks* com maior expansão, cor mais clara e com maior grau de aceitação da cor e do sabor, e de aceitação global ($p < 0,05$). O aumento da aceitação global dos *snacks* deve-se principalmente ao aumento da aceitação da cor e do sabor ($r > 0,80$, $p < 0,05$). No equipamento com C/D de 2,6: 1, a matéria-prima ficou suscetível por menor período de tempo à ação do calor, da pressão e da mistura que ocorrem durante a extrusão, resultando em menor taxa das reações de escurecimento; assim, a formação de pigmentos e sabores indesejados foi minimizada. A abordagem adotada permitiu a obtenção de *snacks* alternativos aceitos sensorialmente (aceitação global ≥ 6 em uma escala hedônica de nove pontos).

Palavras-chave: *Amaranthus cruentus*; *Snacks extrusados*; Aceitabilidade.

■ Summary

Incorporation of the pseudo-cereal amaranth in the formulations of extruded products meets the increasing demand for foods that combine convenience and nutrition. However, undesirable characteristics were found in the amaranth snacks, such as a dark colour and bitter aftertaste. The sensory properties of snacks are determined by the intrinsic characteristics of the raw materials and by the extrusion process conditions, which have a direct influence on the reactions occurring during processing, such as non-enzymatic browning and pigment degradation, which can affect the colour and flavour of the final product. The greater the residence time of the raw material in the extruder, the greater its susceptibility to these reactions and both the extrusion process conditions and the extruder configuration, such as the length/ diameter ratio, influence the residence time. This study assessed the impact of reducing the extruder barrel length/ diameter ratio on the acceptability of the amaranth-based snacks. Snacks from blends of corn and amaranth (50, 75 and 100%) were produced under the same process conditions in an extruder with length/ diameter ratios (L/D) of 4.6: 1 and 2.6: 1. The reduction in the extruder L/D ratio produced more expanded, lighter-coloured snacks, with improved scores for colour, taste and overall acceptability ($p < 0.05$). Enhancement of the overall acceptability of the snacks was mainly due to increased acceptability of the colour and taste ($r > 0.80$, $p < 0.05$). The raw material was submitted to the heat, pressure and mixing actions of the extrusion process for a shorter period of time in the extruder with an L/D ratio of 2.6: 1, resulting in a reduced rate of browning reactions, thus minimizing undesirable pigment and taste formation. This approach allowed for the production of alternative sensorially accepted snacks (overall acceptability ≥ 6 on a nine-point hedonic scale).

Key words: *Amaranthus cruentus*; Extruded snacks; Acceptability.

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

CAPRILES, V. D. e ARÊAS, J. A. G.

1 Introdução

A extrusão termoplástica é uma tecnologia versátil utilizada no processamento de grãos. Neste processo, a matéria-prima é cozida e texturizada por ação combinada da umidade, da pressão, da temperatura e do cisalhamento mecânico, que levam à formação de uma nova estrutura molecular, gerando uma série de produtos prontos para o consumo, como *snacks* e cereais matinais ou ingredientes com largo emprego na indústria de alimentos (MITCHELL e ARÊAS, 1992; SINGH et al., 2007).

Os *snacks* extrusados fazem parte dos hábitos de consumo da população. Estimativas revelam crescimento anual de cerca de 6% no mercado mundial de *snacks* (PIGNOCCHI, 2007). Dados brasileiros indicam que a produção de *snacks* praticamente dobrou entre 1990 e 1995 (POLTRONIERI et al., 2000) e que o seu consumo por crianças é semelhante em todas as faixas de renda (AQUINO e PHILIPPI, 2002). No entanto, os *snacks* extrusados apresentam elevado valor calórico, baixos teores de proteína e de fibra alimentar, e elevadas quantidades de lipídeos (CAPRILES et al., 2007), devido ao fato de esses produtos serem elaborados a partir de farinhas amiláceas e serem aromatizados por meio do uso de lipídeos como agentes fixadores de aroma e sabor à sua superfície (CAPRILES et al., 2007).

Considerando-se estes fatores, uma importante medida de Saúde Pública é a melhora da qualidade nutricional destes alimentos através da incorporação de matérias-primas com valor nutricional agregado à formulação. A utilização do pseudocereal amaranto na elaboração de produtos extrusados vem atender a esta demanda, bem como a utilização de solução aromatizante contendo inulina e oligofrutose (fibras solúveis) em substituição aos lipídeos normalmente utilizados para a fixação de aroma e sabor em *snacks* (CAPRILES et al., 2009).

O grão de *Amaranthus cruentus* L. apresenta cerca de 60% de amido, 15% de proteína, 13% de fibra, 8% de lipídeos e 4% de cinzas (CAPRILES et al., 2008). O seu perfil de aminoácidos faz com que seja uma atrativa fonte proteica, devido ao seu elevado teor de lisina e de outros aminoácidos essenciais (MENDONÇA et al., 2009). Além dos maiores teores de proteína e de fibra alimentar, também apresenta teores de minerais superiores aos observados na maioria dos grãos de cereais (ESCUADERO et al., 2004).

Snacks e cereais matinais extrusados à base de amaranto apresentam melhor valor nutricional do que os similares comerciais (CHAVEZ-JAUREGUI et al., 2000, 2003; COELHO, 2006) e propriedades de redução da hipercolesterolemia, observada em coelhos (PLATE e ARÊAS, 2002). Faz-se necessário ainda avaliar estes efeitos em ensaios clínicos com seres humanos.

No entanto, provadores não treinados relataram características indesejáveis no *snack* de amaranto, como a coloração escura e o gosto residual amargo (CHAVEZ-JAUREGUI et al., 2003; CAPRILES e ARÊAS, 2006). O menor grau de aceitação quando comparado a produtos convencionais, como o *snack* de milho, pode ser um fator limitante ao seu consumo.

Os atributos sensoriais de *snacks* são determinados pelas características intrínsecas da matéria-prima e pelas condições do processo de extrusão que influenciam diretamente as reações que ocorrem durante o processamento, como o escurecimento não enzimático e a degradação de pigmentos que podem afetar a cor e o sabor do produto final (ILO et al., 1999; GUY, 2001). Quanto maior o tempo de residência da matéria-prima no interior da extrusora, maior a sua susceptibilidade a estas reações. Condições do processo e a configuração da extrusora, como a razão comprimento/diâmetro, influenciam o tempo de residência da matéria-prima (MERCIER et al., 1998; GUY, 2001).

Assim, este trabalho se propôs a avaliar o impacto da redução da razão comprimento/diâmetro do canhão da extrusora na aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto.

2 Metodologia

2.1 Material

Os grãos de *Amaranthus cruentus* L. BRS-Alegria, cultivados em Brasília-DF, Brasil, foram moídos (moinho de martelos fixos MML 100 – Astecma, Equipamentos de Moagem Ltda, São Paulo, Brasil) para obtenção da farinha (granulometria < 0,85 mm), que foi desengordurada com hexano na proporção de 1:5 (massa:volume).

Para a produção dos *snacks*, foram utilizados farinha de amaranto desengordurada, *grits* de milho degerminado (*Zea mays* L.), aroma de bacon e de pizza (Raí Ingredients Comercial Ltda), sal micronizado (Norte Salineira S.A. – Indústria e Comércio), água mineral e mistura de inulina e oligofrutose, 1:1 (Beneo®Synergy1, Orafiti N.V., Tienen, Bélgica).

2.2 Formulação e processamento dos *snacks*

Foram utilizadas as combinações de *grits* de milho com 50, 75 e 100% de farinha de amaranto, com umidade ajustada para 15% (base seca), pois este foi teor de umidade otimizado para a máxima expansão do extrusado de amaranto (CHAVEZ-JAUREGUI et al., 2000; COELHO, 2006). A Tabela 1 apresenta a composição das matérias-primas utilizadas na elaboração dos *snacks*.

Os *snacks* foram produzidos de acordo com as condições previamente padronizadas (COELHO, 2006; CAPRILES e ARÊAS, 2006). Foi utilizada uma extrusora de

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

CAPRILES, V. D. e ARÉAS, J. A. G.

Tabela 1. Composição das matérias-primas utilizadas no processo de extrusão.

	Grits de milho	Farinha de amaranto desengordurada
Umidade	12,26 ± 0,05	11,37 ± 0,04
Cinzas	0,24 ± 0,05	3,63 ± 0,00
Lípideos	0,23 ± 0,03	1,37 ± 0,04
Proteína	7,90 ± 0,38	17,30 ± 0,48
Amido total	89,39 ± 0,23	61,89 ± 0,31
Fibra alimentar	2,71	15,24
Fibra insolúvel	2,59 ± 0,30	13,49 ± 0,90
Fibra solúvel	0,20 ± 0,04	1,75 ± 0,10

Resultados expressos em base seca (g.100g⁻¹). Fonte: Capriles (2009).

parafuso único com razão de comprimento/diâmetro (C/D) de 4,6:1 (454 mm:98 mm) e quatro zonas de aquecimento (Inbra 200 – INBRAMAQ, Indústria de Máquinas Ltda, São Paulo, Brasil). As seguintes condições do processo de extrusão foram fixadas: velocidade da rosca em 404 rpm; taxa de compressão da rosca de 1:1; trafilada de três furos com 3,17 mm de diâmetro interno; sub-trafilada de cinquenta e quatro furos com 2,82 mm de diâmetro interno; Input de energia de 18 A em 220 V. As zonas de alimentação e de transição (primeira e segunda zonas, respectivamente) foram mantidas em 25 °C e a terceira zona (zona de alta pressão) e o orifício de saída, em 90 °C.

Visando melhorar a aceitação do produto, os *snacks* foram produzidos sob as mesmas condições de processo em extrusora de parafuso único com razão de comprimento/diâmetro (C/D) de 2,6:1 (160 mm:60 mm) e quatro zonas de aquecimento (Inbra RX50 – INBRAMAQ, Indústria de Máquinas Ltda, São Paulo, Brasil).

A aromatização foi realizada de acordo com o processo desenvolvido por Capriles et al. (2009) para substituição de gordura em *snacks* e incorporação da mistura de inulina e oligofrutose. Para isso, foi utilizada uma solução aromatizante composta por 60% de sólidos e 40% de água. Todas as amostras foram aromatizadas com as mesmas quantidades de sal (2%), aroma (4%) e a mistura de inulina e oligofrutose (13,3%). O processo foi realizado em drageador (AIR 400 – Erweka, Heusenstamm, Alemanha) por meio da aspersão da solução aromatizante sobre o *snack*, seguido de agitação e secagem com ar aquecido a 80 °C por período de um min para cada 100 g de *snack*. Este processo permite que o teor de água adicionado durante a aromatização seja removido e, por isso, não foi considerado no cálculo da formulação do *snack*.

Snacks à base de milho e amaranto (50, 75 e 100%) foram produzidos sob as mesmas condições de processamento em extrusora com razão comprimento/diâmetro (C/D) de 4,6:1 e de 2,6:1 e condimentados nos aromas bacon e pizza, totalizando 12 amostras.

2.3 Análise dos *snacks*

2.3.1 Avaliação tecnológica

Os *snacks* obtidos apresentaram formato cilíndrico e, com o auxílio de um paquímetro, foram medidos o diâmetro e a altura de trinta unidades aleatórias de cada amostra. Esses valores foram utilizados para o cálculo do volume dos *snacks* segundo a seguinte fórmula: Volume = $\pi r^2 h$, sendo: $\pi = 3,14$; r^2 = raio ao quadrado; h = altura. Foram pesadas trinta unidades aleatórias de cada *snack* em balança analítica e então calculada a densidade pela relação massa/volume (mg.mm⁻³) e o volume específico pela relação volume/massa (mm³.mg⁻¹). Também foi determinada a razão de expansão como a razão entre o diâmetro médio do produto extrusado pelo diâmetro do orifício de saída da extrusora.

A força necessária para o cisalhamento completo do produto foi utilizada para avaliar a crocância, principal propriedade de textura dos *snacks*. Este parâmetro foi avaliado como a força máxima oferecida pela amostra durante o cisalhamento em uma cela do tipo “Warner Bratzler” acoplada ao analisador de textura (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido). A velocidade de corte foi de 1 mm.s⁻¹. A análise foi realizada em 15 unidades aleatórias de cada amostra. A tensão de cisalhamento dos *snacks* foi calculada através da divisão da força necessária para o cisalhamento pela área de secção transversal (N.mm⁻²).

A cor das amostras trituradas foi avaliada em triplicata no aparelho Color Quest XE (Hunter Lab, Estados Unidos da América), adotando-se o sistema CIE-Lab, com ângulo de observação de 10° e iluminante padrão D65, que corresponde à luz natural do dia. Foram medidos os valores de L* ou luminosidade (preto 0/branco 100), a* (verde -/vermelho +) e b* (azul -/amarelo +). A partir destes valores, foi calculada a diferença total de cor (ΔE^*_{ab}) entre os *snacks* (amostras 1) e as respectivas farinhas (amostras 2), de acordo com a Equação 1:

$$\Delta E^*_{ab} = [(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2]^{1/2} \quad (1)$$

2.3.2 Aceitabilidade sensorial

O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da USP (protocolo 1404). Os participantes foram informados detalhadamente sobre os objetivos e procedimentos utilizados, assegurando-se a proteção da privacidade.

Cinquenta provadores não treinados consentiram em participar do estudo e avaliaram a aceitação da cor, da textura e do sabor, e a aceitação global dos *snacks* em uma escala hedônica estruturada de nove pontos: 1 – desgostei muitíssimo, 5 – não gostei/nem desgostei, 9 – gostei muitíssimo (STONE e SIDEL, 1985). Para ser

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

CAPRILES, V. D. e ARÊAS, J. A. G.

considerado aceito, foi estabelecido um ponto de corte (valores maiores ou iguais a 6 – gostei ligeiramente) (MUÑOZ et al., 1992).

Foram realizadas duas sessões de análise sensorial: na primeira, foram avaliados os produtos elaborados previamente na extrusora com relação C/D de 4,6:1 e, na segunda sessão, os mesmos provadores avaliaram os produtos elaborados na extrusora com relação C/D de 2,6:1.

Três unidades aleatórias de cada amostra embaladas em sacos de polipropileno codificados com três números aleatórios foram entregues aos provadores, juntamente com a ficha de avaliação e um copo de água para a neutralização entre as amostras. Em cada dia de teste, os provadores avaliaram os seis *snacks* produzidos na mesma extrusora, que foram apresentados de forma monádica e sequencial, utilizando blocos completos balanceados para minimizar os efeitos de contraste e de ordem de apresentação das amostras.

2.3.3 Análise de dados

Os resultados foram expressos como média e desvio padrão. Os dados da avaliação tecnológica dos *snacks* foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao pós-teste de Tukey. Os dados da análise sensorial foram submetidos ao teste não paramétrico U de Mann Whitney para determinar diferenças no grau de aceitação das amostras elaboradas com a mesma formulação, produzidas nos dois equipamentos testados. Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson e a significância da correlação foi avaliada através do teste t de Student bicaudal. O software MINITAB 15.0 (Minitab Inc., Pensilvânia, Estados Unidos da América) foi utilizado para a análise estatística, adotando-se nível de significância de $p \leq 0,05$.

3 Resultados e discussão

Não foram observados fluxos irregulares do material durante o processo de extrusão. As condições de processamento foram as mesmas para todas as formulações testadas; por isso, as diferenças entre as

propriedades dos produtos foram atribuídas à diferença da razão comprimento/diâmetro do equipamento e à composição das matérias-primas extrusadas.

3.1 Expansão e textura dos *snacks*

A expansão dos produtos extrusados é dependente do grau de gelatinização do amido e da taxa de evaporação da água no momento da saída do produto da extrusora, que são afetados pelas condições de processo e pela composição da matéria-prima. (MITCHELL e ARÊAS, 1992; MERCIER et al., 1998). Geralmente, a expansão máxima é desejada para *snacks* extrusados, uma vez que produtos com grande expansão são mais crocantes, porque a estrutura interna apresenta células maiores com paredes finas (MERCIER et al., 1998). A Tabela 2 apresenta a comparação das características de expansão e de textura dos *snacks*.

Comparando-se os produtos obtidos no mesmo equipamento, observa-se que o aumento de 50 para 100% de farinha de amaranto na formulação ocasionou redução da razão de expansão dos *snacks*, provavelmente devido à conseqüente redução do teor de amido e ao aumento da quantidade de fibra alimentar. O amido gelatinizado tem capacidade de retenção de gás na massa fundida formada durante o processo e o aumento do teor de fibra resulta em aumento da viscosidade dessa massa fundida, dificultando, assim, a expansão radial; além de ocorrer a ruptura prematura destas bolhas de gás, o que reduz a expansão do produto final (MOORE et al., 1990; MENDONÇA et al., 2000; YANNIOTIS et al., 2007).

Os resultados da Tabela 2 indicam que a redução da razão C/D do canhão da extrusora gera produtos com maior expansão volumétrica e menor tensão de cisalhamento. Observa-se que os *snacks* produzidos na extrusora com menor razão C/D (2,6:1) apresentaram praticamente o dobro de expansão e metade da tensão de cisalhamento dos *snacks* elaborados no outro equipamento; tal fato pode influenciar na aceitação da textura, uma vez que *snacks* mais expandidos tendem a ser mais macios (CHAVEZ-JAUREGUI et al., 2000).

Tabela 2. Expansão e textura dos *snacks* à base de milho e amaranto (50, 75 e 100%) produzidos em extrusoras com diferentes razões de comprimento/diâmetro (C/D).

Amostra		Propriedades de expansão e de textura				
Amaranto	Razão C/D da extrusora	Razão de expansão	Densidade (mg.mm ⁻³)	Volume específico (mm ³ .mg ⁻¹)	Força de cisalhamento (N)	Tensão de cisalhamento (N.mm ⁻²)
50%	4,6:1	2,96 ^c ± 0,16	0,24 ^a ± 0,06	4,37 ^b ± 1,01	35,00 ^a ± 7,90	0,16 ^a ± 0,06
	2,6:1	3,46 ^a ± 0,00	0,09 ^b ± 0,06	10,31 ^a ± 0,44	21,54 ^b ± 2,69	0,05 ^b ± 0,00
75%	4,6:1	2,50 ^d ± 0,32	0,26 ^a ± 0,07	4,19 ^b ± 1,51	20,51 ^b ± 3,32	0,11 ^a ± 0,03
	2,6:1	3,15 ^b ± 0,00	0,10 ^b ± 0,00	10,17 ^a ± 0,25	18,42 ^{bc} ± 1,70	0,05 ^b ± 0,00
100%	4,6:1	2,62 ^d ± 0,15	0,26 ^a ± 0,01	4,90 ^b ± 1,74	22,63 ^b ± 5,16	0,12 ^a ± 0,03
	2,6:1	2,56 ^d ± 0,11	0,11 ^b ± 0,01	9,42 ^a ± 0,11	15,86 ^c ± 0,98	0,05 ^b ± 0,00

Mesmas letras na coluna indicam não haver diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$ – ANOVA e teste de Tukey).

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

CAPRILES, V. D. e ARÉAS, J. A. G.

O *snack* à base de 75% de amaranto obtido na extrusora com razão C/D de 2,6:1 apresentou expansão maior que o produto à base de 50% de amaranto obtido na extrusora com razão C/D de 4,6:1. Este resultado é bastante interessante, pois mostra não ser necessária a redução dos níveis de amaranto na formulação mista para se obterem *snacks* mais expandidos, podendo-se obter um produto de melhor valor nutricional e tecnológico ao se utilizar uma extrusora com outra configuração.

3.2 Cor dos *snacks*

A Tabela 3 apresenta os parâmetros de cor dos *snacks* obtidos nos dois equipamentos testados. Para avaliar o impacto do processamento, é apresentada a diferença total de cor (ΔE_{ab}) dos extrusados em relação à respectiva matéria-prima.

Na extrusora com maior C/D (4,6:1), a matéria-prima ficou suscetível por maior período de tempo à ação do calor, da pressão e da mistura, que ocorrem durante a extrusão, resultando em maior taxa das reações de escurecimento, ocasionando as maiores alterações nos

parâmetros L^* (ΔL^*) e a^* (Δa^*) e, conseqüentemente, na maior diferença total de cor (ΔE_{ab}) entre os extrusados e as respectivas matérias-primas. A diminuição dos valores de L^* e o aumento dos valores de a^* são indicativos das taxas de reações de escurecimento que ocorrem durante a extrusão (ILO et al., 1999).

Os *snacks* obtidos na máquina com C/D de 2,6:1 apresentaram cor mais clara (maior valor de L^* e menor valor de a^*) que os obtidos na outra extrusora. Observou-se que quanto maior o volume específico, maiores os valores de luminosidade (L^*) ($r = 0,962$, $p = 0,002$) e menores os valores de a^* ($r = -0,975$, $p = 0,001$) das amostras. A maior expansão dos *snacks* ocasiona maior disseminação dos pigmentos escuros, produzindo produtos mais claros (CHEN et al., 1991; MERCIER et al., 1998).

3.3 Aceitabilidade dos *snacks*

Os resultados indicam que a utilização de uma extrusora com menor razão C/D resulta em melhorias tecnológicas que contribuíram para o aumento da aceitabilidade dos *snacks*, como mostra a Tabela 4.

Tabela 3. Parâmetros de cor dos *snacks* à base de milho e amaranto (50, 75 e 100%) produzidos em extrusoras com diferentes razões de comprimento/diâmetro (C/D).

Amostra		Parâmetros de cor			Diferença de cor			
Amaranto	Razão C/D da extrusora	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}
50%	Farinha	74,81 ^a ± 0,69	5,88 ^b ± 0,27	19,49 ^{ab} ± 0,39	-	-	-	-
	4,6:1	63,71 ^b ± 0,05	7,41 ^a ± 0,10	22,90 ^a ± 0,17	-11,10	1,53	3,41	11,71
	2,6:1	72,46 ^a ± 1,13	5,05 ^{bc} ± 0,16	21,40 ^a ± 0,58	-2,35	-0,83	1,91	3,14
75%	Farinha	76,17 ^a ± 1,32	5,59 ^b ± 0,35	19,02 ^b ± 0,40	-	-	-	-
	4,6:1	60,38 ^b ± 0,60	7,23 ^a ± 0,12	19,62 ^b ± 0,09	-15,79	1,64	0,60	15,88
	2,6:1	72,06 ^a ± 0,64	5,00 ^{bc} ± 0,19	19,23 ^b ± 0,48	-4,11	-0,59	0,21	4,15
100%	Farinha	76,23 ^a ± 1,29	5,42 ^b ± 0,10	18,82 ^{bc} ± 0,48	-	-	-	-
	4,6:1	60,67 ^b ± 0,38	6,94 ^a ± 0,07	17,98 ^c ± 0,40	-15,56	1,52	-0,84	15,66
	2,6:1	73,42 ^a ± 1,08	4,64 ^c ± 0,02	17,82 ^c ± 0,05	-2,81	-0,78	-1,00	3,08

Mesmas letras na coluna indicam não haver diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$ – ANOVA e teste de Tukey)

Tabela 4. Parâmetros de aceitação de *snacks* à base de milho e amaranto (50, 75 e 100%) produzidos em extrusoras com diferentes razões de comprimento/diâmetro (C/D).

Amostra		Parâmetros de aceitação				
Amaranto	Aroma	Razão C/D da extrusora	Cor	Crocância	Sabor	Global
50%	Bacon	4,6:1	6,11 ^a ± 1,50	6,55 ^a ± 1,35	5,83 ^b ± 1,59	5,74 ^b ± 1,53
		2,6:1	6,08 ^a ± 1,44	6,88 ^a ± 1,36	6,66 ^a ± 1,43	6,56 ^a ± 1,34
	Pizza	4,6:1	6,92 ^a ± 1,50	6,48 ^b ± 1,81	6,32 ^a ± 1,74	6,34 ^a ± 1,80
		2,6:1	6,66 ^a ± 1,49	7,96 ^a ± 0,95	6,94 ^a ± 1,30	7,00 ^a ± 1,24
75%	Bacon	4,6:1	5,38 ^a ± 1,55	6,81 ^a ± 1,27	5,30 ^b ± 1,73	5,26 ^b ± 1,78
		2,6:1	5,96 ^a ± 1,34	7,12 ^a ± 1,30	6,00 ^a ± 1,58	6,16 ^a ± 1,45
	Pizza	4,6:1	6,54 ^a ± 1,55	7,20 ^a ± 1,43	6,06 ^a ± 2,17	6,28 ^a ± 1,74
		2,6:1	6,60 ^a ± 1,41	7,44 ^a ± 1,18	6,40 ^a ± 1,59	6,48 ^a ± 1,49
100%	Bacon	4,6:1	4,96 ^b ± 1,55	6,49 ^b ± 1,57	5,30 ^a ± 1,90	5,19 ^b ± 1,85
		2,6:1	5,62 ^a ± 1,48	7,06 ^a ± 1,31	5,80 ^a ± 1,64	6,02 ^a ± 1,50
	Pizza	4,6:1	5,72 ^a ± 1,74	7,28 ^a ± 1,65	5,38 ^a ± 1,90	5,74 ^a ± 1,80
		2,6:1	5,78 ^a ± 1,83	6,50 ^b ± 1,61	5,76 ^a ± 1,86	5,76 ^a ± 1,70

Mesmas letras na coluna indicam não haver diferença significativa entre as amostras ($p < 0,05$ – teste U de Mann-Whitney para amostras independentes). Comparações realizadas entre amostras elaboradas com a mesma formulação e aroma, produzidas em extrusoras diferentes.

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

CAPRILES, V. D. e ARÊAS, J. A. G.

Os resultados mostram que os *snacks* produzidos na extrusora maior (C/D de 4,6:1) condimentados com o aroma de bacon apresentavam média de aceitação global ≤ 6 , com maior comprometimento da aceitação em função do aumento do teor de amaranto na formulação. No entanto, esses mesmos *snacks* produzidos na extrusora menor (C/D de 2,6:1) passaram a apresentar grau de aceitação global ≥ 6 , devido à melhoria da aceitação do sabor. Possivelmente, o aroma de pizza mascara melhor a cor e o sabor intrínseco do amaranto e, por isso, não foram observadas alterações no grau de aceitação dos *snacks* no aroma pizza em função do tipo de extrusora utilizada.

A produção de *snacks* à base de amaranto em uma extrusora com menor razão C/D ocasionou menor escurecimento dos *snacks*; assim, a formação de pigmentos e sabores indesejados foi minimizada. O aumento da aceitação global dos *snacks* deve-se principalmente ao aumento da aceitação da cor e do sabor, tanto para os produtos condimentados com o aroma bacon ($r = 0,797$, $p = 0,058$ e $r = 0,962$, $p = 0,002$, respectivamente), como com o aroma pizza ($r = 0,802$, $p = 0,055$ e $r = 0,971$, $p = 0,001$, respectivamente).

A aceitabilidade dos *snacks* desenvolvidos no presente estudo é muito próxima àquela observada por Chavez-Jauregui et al. (2009) para *snacks* à base de milho e amaranto (80%) tanto no aroma bacon ($6,0 \pm 1,8$) como no aroma pizza ($6,3 \pm 1,9$). Deve-se considerar que os *snacks* desenvolvidos por estes autores foram aromatizados com 22% de gordura vegetal hidrogenada como agente fixador do aroma. Capriles et al. (2007, 2009) observaram que *snacks* de milho aromatizados com esta quantidade de gordura apresentam aceitação significativamente maior que os *snacks* de milho aromatizados com a solução aromatizante contendo frutanos ($7,50 \pm 1,20$ com 98% das notas ≥ 6 versus $6,6 \pm 1,7$ com 79% das notas ≥ 6). Assim, os novos *snacks* de amaranto apresentaram composição mais vantajosa com significativa redução de lipídeos e aumento do teor de fibra alimentar, mas com o mesmo grau de aceitação observado anteriormente.

Todas as formulações elaboradas na extrusora com menor razão C/D apresentaram potencial de comercialização, ou seja, grau de aceitação ≥ 6 (MUÑOZ et al., 1992). Este resultado é bastante interessante, pois mostra que um produto de elevado valor nutricional e tecnológico pode ser obtido ao utilizar outro tipo de extrusora, sem ser necessária a redução dos níveis de amaranto na formulação.

4 Conclusão

A redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora possibilitou a obtenção de *snacks* à base de milho e amaranto (50, 75 e 100%) com maior expansão,

cor mais clara e com maior grau de aceitação da cor e do sabor, e de aceitação global. Essa melhoria tecnológica é crucial para viabilizar o uso destes produtos em intervenções nutricionais e também para o consumo geral.

Considerando-se os fatos de o pseudocereal amaranto ser um alimento pouco conhecido no Brasil e de os produtos apresentarem aceitação positiva pelos provadores, acredita-se que os *snacks* à base de amaranto apresentam elevado potencial como alternativa para os *snacks* atualmente disponíveis no mercado, atendendo à crescente demanda por alimentos que associem conveniência à saúde.

Agradecimentos

Aos voluntários que participaram da análise sensorial. Às indústrias que cederam amostras de seus ingredientes para a realização deste trabalho. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da Bolsa de Doutorado Direto (04/14127-3).

Referências

- AQUINO, R. C.; PHILIPPI, S. T. Consumo infantil de alimentos industrializados e renda familiar na cidade de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 655-660, 2002.
- CAPRILES, V. D. **Otimização de Propriedades Nutricionais e Sensoriais de Produtos à Base de Amaranto Enriquecidos com Frutanos, Para Intervenção em Celíacos**. 2009. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Características físico-químicas e sensoriais de *snacks* obtidos a partir de grão de amaranto ou de farinha de amaranto desengordurada e da combinação destes com farelo de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba, PR. 1 CD-ROM.
- CAPRILES, V. D.; COELHO, K. D.; GUERRA-MATIAS, A. C.; ARÊAS, J. A. G. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 7, p. H160-H164, 2008.
- CAPRILES, V. D.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Development and assessment of acceptability and nutritional properties of a light snack. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 562-566, 2007.
- CAPRILES, V. D.; SOARES, R. A. M.; PINTO E SILVA, M. E. M.; ARÊAS, J. A. G. Effect of fructans-based fat replacer on chemical composition, starch digestibility and sensory acceptability of corn snacks. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 44, n. 10, p. 1895-1901, 2009.
- CHAVEZ-JAUREGUI, R.; CARDOSO-SANTIAGO, R.; PINTO E SILVA, M. E. M.; ARÊAS, J. A. G. Acceptability of snacks

Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de *snacks* à base de amaranto

CAPRILES, V. D. e ARÊAS, J. A. G.

- produced by the extrusion of amaranth and blends of chickpea and bovine lung. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 38, n. 7, p. 795-798, 2003.
- CHAVEZ-JAUREGUI, R.; PINTO E SILVA, M. E. M.; ARÊAS, J. A. G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1009-1015, 2000.
- CHAVEZ-JAUREGUI, R.; PINTO E SILVA, M. E. M.; ARÊAS, J. A. G. Storage effect on the acceptability of snacks made of pure amaranth and blends of amaranth and corn and chickpea. *Alimentaria*, Madrid, v. 405, p. 117-121, 2009.
- 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.
- COELHO, K. D. **Desenvolvimento e Avaliação da Aceitação de Cereais Matinais e Barras de Cereais à Base de Amaranto (*Amaranthus cruentus* L.)**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana Aplicada)-Programa Interunidades em Nutrição Humana Aplicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- ESCUADERO, N.; DE ARELLANO, M.; LUCO, J.; GIMENEZ, M.; MUCCIARELLI, S. Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate. **Plant Foods for Human Nutrition**, Netherlands, v. 59, n. 1, p. 15-21, 2004.
- GUY, R. **Extrusion Cooking: Technologies and Applications**. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2001. 288 p.
- ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Food Science and Technology-Lebensmittel Wissenschaft & Technologie**, Oxford, v. 32, n. 2, p. 79-88, 1999.
- MENDONÇA, S.; GROSSMANN, M.; VERHE, R. Corn bran as a fibre source in expanded snacks. **Food Science and Technology-Lebensmittel Wissenschaft & Technologie**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 2-8, 2000.
- MENDONÇA, S.; SALDIVA, P.; CRUZ, R.; ARÊAS, J. A. G. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. **Food Chemistry**, Oxford, v. 116, n. 3, p. 738-742, 2009.
- MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. **Extrusion Cooking**. 2nd ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. 471 p.
- MITCHELL, J. R.; ARÊAS, J. A. G. Structural in biopolymers during extrusion. In: KOKINI, J. L.; HO, C. T.; KARWE, M. V. (Ed). **Food Extrusion Science and Technology**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 345-360.
- MOORE, D.; SANEI, A.; VANHECKE, E.; BOUVIER, J. Effect of ingredients on physical structural-properties of extrudates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 5, p. 1383-1387, 1990.
- MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, V. G.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation in Quality Control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240 p.
- PIGNOCCHI, G. O mercado mundial e brasileiro de snacks: presente e futuro. In: SEMINÁRIO VIABILIZANDO A INOVAÇÃO DE CHOCOLATES, CONFEITOS, PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO E CEREAIS COMO SNACKS DE CONVENIÊNCIA E SAÚDE, 2007, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. 1 CD-ROM.
- PLATE, A.; ARÊAS, J. A. G. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. **Food Chemistry**, Oxford, v. 76, n. 1, p. 1-6, 2002.
- POLTRONIERI, F.; ARÊAS, J. A. G.; COLLI, C. Extrusion and iron bioavailability in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Food Chemistry**, Oxford, v. 70, n. 2, p. 175-180, 2000.
- SINGH, S.; GAMLATH, S.; WAKELING, L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, Malden, v. 42, n. 8, p. 916-929, 2007.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. London: Academic Press, 1985. 311 p.
- YANNIOTIS, S.; PETRAKI, A.; SOUMPASI, E. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 80, n. 2, p. 594-599, 2007.