

Cinética de hidrólise do amido de produto extrusado (snack) a base de amaranto (*Amaranthus cruentus* L)

Hidrolysis kinetics of starch from an amaranth (Amaranthus cruentus L) extruded product

ABSTRACT

MATIAS, A. C. G.; ARÊAS, J. A. G. Hidrolysis kinetics of starch from an amaranth (*Amaranthus cruentus* L) extruded product. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.* = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 27, p. 43-54, jun. 2004.

The consumption of amaranth grain, a primary crop from Andes, has become popular among celiac patients, since it does not promote allergic reactions to their intestinal mucosa. However, it has been observed a high prevalence of Diabetes Mellitus among Celiac patients and vice-versa. A ready-to-eat amaranth snack was developed and presented high nutritive value and good functional characteristics. Considering that the treatment of Diabetes Mellitus is based on the control of glucose levels, and the digestion and absorption rate of starch from foods directly influence the rise of glucose levels, the aim of this study was to investigate the glucose profile of the amaranth snack examining its digestion in vitro. In order to achieve this purpose an enzymatic hydrolysis was performed, where samples were collected during the digestion period to determinate the amount of glucose released in the system. White bread was used as a reference product. The results demonstrated that amaranth snack has high digestibility, with a Hydrolysis Index of 103%. Probably the digestion profile observed in the amaranth snack was due to the process undergone by the amaranth grain: milling and later gelatinization promoted by extrusion cooking. These treatments might have promoted a drastic rupture and exposure of amaranth grain starch content to the enzymatic attack. For its fast digestion the amaranth snack is recommended to athletes to help restore carbohydrates after exercises; when consumed by diabetic celiac patients, should be assessed on a dietetic program, where the diet is direct towards control of glucose levels.

**Keywords: amaranth;
kinetics; celiac disease;
hidrolysis; starch.**

**ANDREA CARVALHEIRO
GUERRA MATIAS¹; JOSÉ
ALFREDO GOMES ARÊAS²**

^{1,2}Departamento de
Nutrição da Faculdade de
Saúde Pública/USPP.

**Endereço para
correspondência:**

Av. Dr. Arnaldo, 715
CEP 01246-904
Gequeira Cesar,
São Paulo, SP.

e-mail: acguerra@usp.br

RESUMEN

El amaranto se ha transformado en un alimento popular entre los pacientes celíacos porque no provoca lesiones en la mucosa intestinal. Por otro lado, existe una correlación comprobada entre Enfermedad Celíaca y Diabetes mellitus y vice-versa. El tratamiento de esta última consiste en el control de la glicemia que a su vez esta relacionada a factores intrínsecos de los alimentos. La finalidad de este trabajo fue evaluar la digestibilidad in vitro de un snack de amaranto preparado por extrusión termoplástica de la harina. Para eso fue realizada una hidrólisis enzimática controlada con retirada de alícuotas en intervalos regulares de tiempo, para determinación de la glucosa liberada. El pan blanco fue utilizado como standar. El snack de amaranto presenta alta digestibilidad, con un índice de hidrólisis de 103%. Esto posiblemente fue provocado por el procesamiento del grano, la molienda y extrusión, que provocaron gelatinización del almidón facilitando el ataque enzimático posterior. Por esta rápida digestión su uso es recomendado para atletas, ya que contribuye a la reposición de los carbohidratos después de la práctica de ejercicio intenso. Con relación al consumo de snacks de amaranto por pacientes celíacos diabéticos se recomienda que este sea precedido de un adecuado planeamiento de la dieta, de manera que la respuesta de la glicemia final sea gradual.

Palabras clave: amaranto;
enfermedad celíaca;
almidón; hidrólisis.

RESUMO

O consumo de amaranto, uma cultura andina, vem se popularizando entre pacientes celíacos, uma vez que não promove reação alérgica à mucosa destes indivíduos. No entanto, é reconhecida uma estreita relação entre Doença Celíaca e Diabetes Mellitus, com alta prevalência de celíacos diabéticos e vice-versa. A partir do grão de amaranto, foi desenvolvido, através de extrusão termoplástica, snack que se destacou por apresentar alto valor nutritivo. Considerando que o tratamento do Diabetes Mellitus baseia-se no controle glicêmico, e que a resposta glicêmica está relacionada a fatores intrínsecos ao alimento, este trabalho propôs a avaliação da digestibilidade do snack de amaranto in vitro. Para tanto foi conduzida hidrólise enzimática controlada com coleta de alíquotas ao longo do tempo, e posterior quantificação da glicose livre no período. Como produto de referência foi utilizado pão branco. Observou-se neste ensaio que, o snack de amaranto apresenta alta digestibilidade, com Índice de Hidrólise de 103%. Provavelmente o principal responsável pelo perfil de digestão observado foi o processamento sofrido pelo grão de amaranto durante sua produção, caracterizada por pré moagem e posterior gelatinização do amido imposta pelo processo de extrusão termoplástica, que possibilitaram a drástica ruptura e exposição do conteúdo amiláceo ao ataque enzimático. Por essa rápida digestão esse produto é sugerido para atletas, uma vez que contribui na repleção dos carboidratos após exercícios, especialmente os de grande desgaste; e quando consumido por pacientes celíacos sugere-se que este seja acompanhado de orientação nutricional, a fim de proporcionar adequada resposta glicêmica pós-prandial.

Palavras-chave: amaranto;
doença celíaca;
amido; hidrólise.

INTRODUÇÃO

O consumo de snacks (salgadinhos) está bastante difundido no Brasil, especialmente entre crianças e adolescentes. Todavia, as variedades de snacks disponíveis no mercado não possuem valor nutricional agregado, apresentando-se pobres em proteína, fibra alimentar e micronutrientes, somado ao alto valor calórico e teor de gorduras saturadas.

Conhecendo a dificuldade de mudar hábitos alimentares alguns trabalhos se empenharam na elaboração de snacks de maior valor nutritivo, como também investigaram as vantagens potenciais oferecidas pelos mesmos (ARAÚJO, 2000; BARROS et al., 1987; BATISTUTI; BARROS; ARÊAS, 1991; CARDOSO-SANTIAGO; ARÊAS, 2001; CHÁVEZ-JÁUREGUI; SILVA; ARÊAS, 2000; FERREIRA, 1999). Para tanto foram empregadas diferentes matérias-primas alternativas, dentre as quais o grão de amaranto.

Recentemente, ampliou-se o interesse por este pseudocereal, de origem andina, em virtude de sua composição nutricional e funcionalidade privilegiada (BREENE, 1991; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989; SAUNDERS; BECKER, 1984). Chávez-Jáuregui, Silva e Arêas (2000) otimizaram a produção de snack de amaranto por extrusão termoplástica, processamento que se baseia na gelatinização do amido e desnaturação protéica com o emprego de alta pressão e temperatura (ARÊAS, 1996). Estes snacks, quando comparados com snacks comerciais, foram bem aceitos sensorialmente, além de apresentarem propriedades nutricionais e funcionais de destaque: perfil protéico de alto valor biológico (CHÁVEZ-JÁUREGUI; SILVA; ARÊAS 2000); alta biodisponibilidade de zinco, magnésio e cálcio (FERREIRA, 1999); e expressiva contribuição na redução de hipercolesterolemia em coelhos (PLATE; ARÊAS, 2002).

Atualmente, o consumo de amaranto vem crescendo entre a população celíaca, que uma vez não podendo consumir derivados de trigo, cevada e aveia, encontraram no amaranto um substituto, já que não foi verificada promoção de reação alérgica a mucosa intestinal (KASARDA, 2000; THOMPSON, 2001). Todavia, uma forte relação entre Doença Celíaca e Diabetes Mellitus é bem reconhecida, observando-se maior prevalência de celíacos diabéticos e vice-versa (CRONIN; SHANAHAN, 1997; DE VITIS; GHIRLANDA; GASBARRISNI, 1996).

A extensão e duração do aumento da concentração de glicose no sangue é dependente da taxa de digestão e absorção dos alimentos. Dessa forma, alimentos que são liberados lentamente pelo estômago, ou que necessitam de um maior período para serem digeridos, promovem um menor incremento dos valores de glicemia pós-prandial, quando comparados aos alimentos que são digeridos rapidamente. Diversos fatores intrínsecos e extrínsecos aos alimentos estão envolvidos nesse processo. Dentre estes fatores destacam-se: a natureza dos monossacarídeos, natureza do amido, tipo e grau de processamento, tamanho de partículas, tempo e temperatura de armazenamento; outros componentes do alimento (lipídios, proteína, fibra alimentar, antinutrientes e ácidos orgânicos), viscosidade do meio e tempo de mastigação (BJORCK, 1996; BJÖRK et al., 1994; BORNET; BILLAUX; MESSING, 1997; CARREIRA, 2001; COLONNA; LELOUP; BULÉON, 1992; ENGLYST; KINGMAN; CUMMINGS, 1992; FOOD AND

AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998; GALLANT; BOUCHET; BULÉON, 1992; MENEZES et al., 1996; TRUSWELL, 1992). Considerando que estudos para obtenção da resposta glicêmica em indivíduos são trabalhosos, caros e demandam muito tempo, metodologias *in vitro* têm sido propostas para estimar como a digestão dos alimentos influencia a glicemia pós-prandial (ENGLYST; KINGMAN; CUMMINGS, 1992; GOÑI; GARCIA ALONSO; SAURA-CALIXTO, 1997).

Considerando a relação existente entre Doença Celíaca e Diabetes Mellitus e que o tratamento do Diabetes baseia-se no controle dos níveis glicêmicos, considerou-se relevante estudar o comportamento glicêmico do snack de amaranto. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi investigar a digestibilidade do amido do snack de amaranto *in vitro*.

MATERIAL E MÉTODOS

PRODUÇÃO DOS SNACKS

Foram utilizados grãos da espécie *Amaranthus cruentus* L. variedade BRS Alegria, fornecidos pela EMBRAPA-Cerrados. (EMBRAPA Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados). Os grãos após moagem apresentaram granulometria de 35mesh (0,42mm). Em seguida, foram desengordurados à quente em Soxhlet utilizando como solvente hexano, por 5 horas. A extrusão foi realizada em extrusora modelo RXPQ labor 24 (Inbramaq-Ind. de Máquinas Ltda-Ribeirão Preto-SP), a partir de parâmetros de otimização propostos por Chávez-Jáuregui, Silva e Arêas (2000) com algumas modificações. Como parâmetros foram utilizados: temperaturas 20, 20, 20, 40 e 50°C, respectivamente para as zonas de 1 a 5; camisa helicoidal de duas entradas; rosca de passo normal de duas entradas; taxa de compressão de 1:1 e velocidade da rosca de 400rpm. Essas condições reproduziram a transferência de energia durante o processamento e as características do produto final de vida similar ao observado por Chávez-Jáuregui, Silva e Arêas (2000).

Após a extrusão da farinha de amaranto obteve-se um produto de sabor neutro, que para ser finalizado para consumo deve receber, posteriormente, adição de sabor através da aromatização. Para tanto, são adicionados cerca de 0,5% de sal, 4% de aroma e 12% de gordura, esta última atuando como veículo para a fixação do aroma. Todavia, o objetivo deste trabalho foi avaliar a cinética de digestão *in vitro* do amido do snack de amaranto, o que requereria o desengorduramento da amostra caso ultrapassasse 5% de lipídios. Desse modo, o produto destinado à verificação da cinética de hidrólise não foi aromatizado, sendo que as referências ao snack daqui em diante correspondem a este produto.

QUANTIFICAÇÃO DAS FRAÇÕES CENTESIMAIS E AMIDO RESISTENTE

As frações descritas abaixo e o amido resistente foram determinados antes (farinha desengordurada) e, após o processamento (snack), para averiguar se a extrusão termoplástica, por ser um processamento drástico, interferiria na distribuição das frações centesimais e amido resistente.

As frações umidade, extrato etéreo e cinzas foram obtidas segundo as normas estabelecidas pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), nº 4.5, nº 4.10 e nº 4.8, respectivamente. As análises de proteína, amido total, fibra alimentar e amido resistente foram realizados segundo Association of Official Analytical Chemists (1980), Goñi, Garcia Alonso e Saura-Calixto (1997), Goñi et al. (1996) e Mongeau e Brassard (1993), respectivamente. Ressalta-se que os valores de amido resistente não fazem parte da composição centesimal, uma vez que tal fração é determinada na fração fibra alimentar.

CINÉTICA DE DIGESTÃO DO AMIDO DO SNACK DE AMARANTO *IN VITRO*

A observação do comportamento da digestão do amido do snack de amaranto *in vitro* foi realizada através de hidrólise enzimática controlada. O método utilizado foi baseado na metodologia empregada por Goñi, Garcia Alonso e Saura-Calixto (1997) com algumas modificações.

Pesaram-se 25mg de amostra em tubo de 50mL, adicionaram-se 9mL de tampão KCl/HCl 0,1 M, pH 1,5, seguida da adição de 0,1mL de solução de pepsina (1g para 10mL de tampão KCl/HCl- Sigma P-7012). Os tubos foram horizontalmente acondicionados em banho-maria a 40°C por 60 min sob agitação. Posteriormente, completou-se o volume para 25mL com tampão trismaleato 0,1M, pH 6,9, seguida da adição de 1mL de solução de α -amilase (40 U/mL em tampão trismaleato – Sigma A-3176). Os tubos foram incubados a 37°C por 90min, sendo colhidas alíquotas de 1mL nos tempos 0; 7,5; 15; 30; 60; 90 min de reação. As alíquotas colhidas foram imediatamente imersas em banho a 100°C sob agitação para inativação enzimática, seguida de refrigeração até a próxima etapa da digestão. Às alíquotas foram adicionados 3mL de tampão acetato 0,4M e 80 μ L de amiloglicosidase (140U/mL em tampão acetato – Sigma A-7255), os tubos foram levados ao banho sob agitação por 45min a 60°C. Ajustou-se o volume para 10mL e, determinou-se a glicose liberada através de GOD/POD, segundo Bergmeyer e Bernet (1974) modificado por Aréas e Lajolo (1981).

A partir das áreas sob a curva de hidrólise foi calculado o Índice de Hidrólise (IH) do snack de amaranto, representado como a razão em porcentagem da área sob a curva de hidrólise do snack pela área sob a curva de hidrólise de um alimento de referência, neste caso o pão branco, uma vez que este produto é utilizado amplamente como produto de referência em observações de digestibilidade *in vivo*, em especial para a obtenção do Índice Glicêmico (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998).

$$IH = \frac{\text{Área sob a curva de hidrólise do alimento teste}}{\text{Área sob a curva de hidrólise do alimento de referência}} \times 100$$

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados estatisticamente por análise de variância simples (ANOVA), com o auxílio do programa estatístico ORIGIN 6.0 (Micronal, Inc.-Northampton-MA-USA) sendo que as diferenças entre as médias foram consideradas significativas ao $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL ANTES E APÓS EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

A tabela 1 apresenta os valores da composição centesimal e teor de amido resistente para a farinha de amaranto desengordurada e snack de amaranto.

Tabela 1 - Composição centesimal da farinha de *Amaranthus cruentus* L integral, farinha desengordurada e snack

Análise	Farinha desengordurada	Snack
Umidade	11,8 ± 0,08	7,38 ± 0,17
Proteína	13,8 ± 0,16 ^a	13,5 ± 0,08 ^a
Extrato etéreo	0,79 ± 0,03 ^a	0,30 ± 0,03 ^b
Cinzas	3,21 ± 0,07 ^a	3,03 ± 0,08 ^b
Amido total	66,1 ± 2,89 ^a	69,6 ± 2,01 ^a
Fibra total	11,4	10,6
<i>Fração solúvel</i>	5,23 ± 0,24 ^a	4,83 ± 0,12 ^a
<i>Fração insolúvel</i>	6,18 ± 0,34 ^a	5,79 ± 0,08 ^a
Amido resistente*	0,48 ± 0,02 ^a	0,54 ± 0,04 ^a

Média ± Desvio padrão de 3 determinações.

Os dados das diferentes frações, exceto umidade, estão expressos em base seca.

*não faz parte da composição centesimal

Letras iguais indicam que não há diferença estatística na mesma linha. (ANOVA p<0,05).

O processo de extrusão termoplástica resulta numa grande reorganização molecular afetando principalmente os lipídios e os minerais, que podem ser complexados neste tipo de processamento. De fato, observa-se na tabela 1 diferença estatística para as frações extrato etéreo e cinzas. Entretanto, do ponto de vista nutricional essas diferenças não apresentam alteração importante nas características desse alimento.

A fração amido resistente foi encontrada em pequena quantidade na farinha de amaranto, não sendo observada alteração desse valor após o processamento por extrusão.

Considerando as observações obtidas para a farinha de trigo comercial (alemã) verificou-se que a extrusão termoplástica não foi eficiente na formação de amido resistente, diferentemente de outras formas de processamento, tais como na produção de pães e massas (RABE; SIEVERT, 1992) e congelamento a baixas temperaturas (ROSIN; LAJOLO; MENEZES, 2002).

Um dos principais fatores relacionados à formação de amido resistente após o processamento é a recristalização da fração amilose, sendo que para a fração amilopectina este fenômeno ocorre mais lentamente (RABE; SIEVERT, 1992). Para o grão de amaranto variedade *Amaranthus cruentus* L. Huaixiang e Corke (1999) encontraram 4,2% de amilose,

Saunders e Becker (1984) 4,8%, e Jian e Kuhn (1999) 7,8%. Desse modo, sugere-se que a pequena quantidade de amilose presente no grão de amaranto justifica, em parte, a não formação de amido resistente, aliado ao fato da extrusão termoplástica ser um processo bastante enérgico com reduzido efeito sobre a retrogradação e formação desta fração.

CINÉTICA DA DIGESTÃO DO AMIDO DO SNACK DE AMARANTO *IN VITRO*

A figura 1A mostra que após 15 minutos de digestão a curva do snack e do pão branco estão quase justapostas. No entanto, nos primeiros minutos é verificado comportamento nitidamente diferente, onde o snack de amaranto praticamente não é afetado pela incubação com a α -amilase. Na metodologia utilizada para a determinação da cinética de hidrólise do amido (GOÑI; GARCIA ALONSO; SAURA-CALIXTO, 1997) a α -amilase é adicionada ao tempo zero e alíquotas do meio de reação são retiradas em intervalos regulares. Dessa forma, o tempo zero de reação é obtido com a adição e imediata inibição da reação por aquecimento em banho-maria. Considerando que neste tempo zero o snack já apresentava sua digestão máxima (figura 1), optou-se pela retirada de duas alíquotas, sendo que a primeira não foi tratada com α -amilase (figura 1B). Esta diferenciação nas alíquotas retiradas ao tempo zero, na presença e ausência de α -amilase, foi realizada para se investigar melhor o grau de digestão sofrido pelo snack de amaranto, inerente ao processamento por extrusão, independentemente da ação da α -amilase.

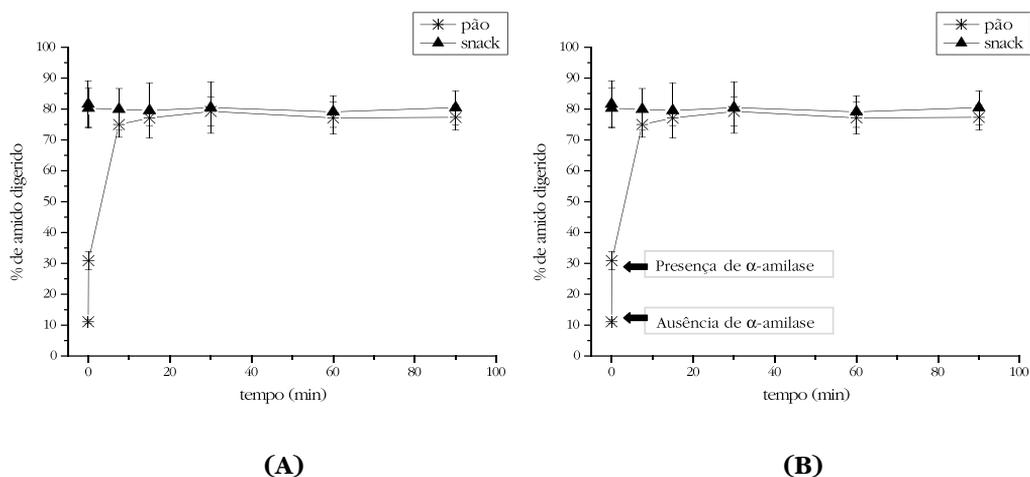


Figura 1 - Cinética de digestão do amido do snack de amaranto e pão branco

Os pontos experimentais referem a média de 3 determinações e as barras de erro a dois desvios padrão.

A – Hidrólise do amido na presença de α -amilase.

B – Hidrólise do amido na presença e ausência de α -amilase no tempo 0.

Foram determinados os teores de glicose livre tanto do pão de trigo como do snack de amaranto, verificando-se os valores de 4% e 13%, respectivamente. Assim, a maior parte dos carboidratos presentes em ambas os casos era amido, podendo-se concluir que o processo de extrusão foi altamente eficiente na sua gelatinização facilitando a ação posterior de amilglicosidase.

Já que a hidrólise *in vitro* procura estimar o comportamento da digestão *in vivo*, o valor observado ao início da reação foi projetado para o ponto zero do gráfico, para posterior cálculo do Índice de Hidrólise (IH) (figura 2).

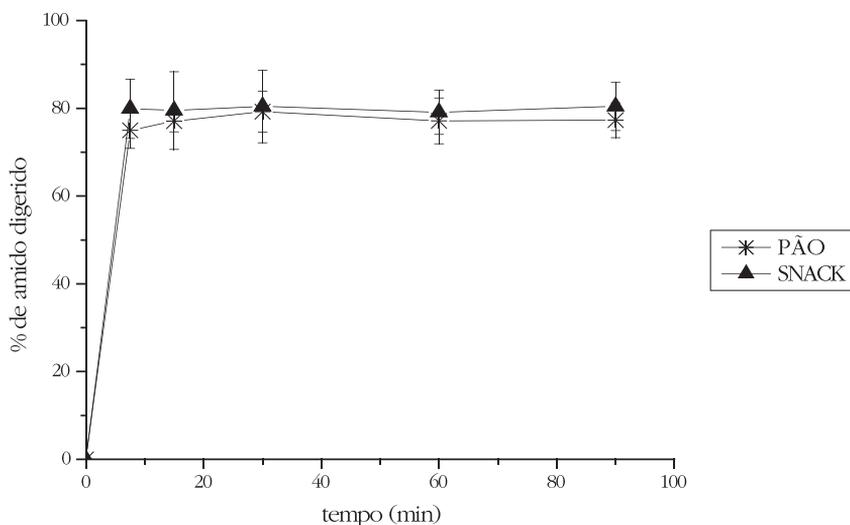


Figura 2 - Gráfico da cinética de digestão do amido do snack de amaranto e pão branco com projeção dos valores de digestão de 0 a 90 minutos, para o cálculo das áreas sob as curvas e do Índice de Hidrólise para o cálculo do Índice de Hidrólise. Os pontos experimentais referem-se à média de 3 determinações, e as barras de erro a 2 desvios padrão.

O IH observado para o snack de amaranto foi 103, demonstrando que a digestibilidade do snack de amaranto, neste ensaio, ao considerar o IH, foi semelhante ao do produto de referência, não sendo observada diferença estatística entre as áreas dos dois produtos.

Alguns autores encontraram correlação positiva entre o IH e IG: $r = +0,95$ (CARREIRA, 2001) e $r = +0,90$ (GOÑI; GARCIA ALONSO; SAURA-CALIXTO, 1997), sugerindo que o método *in vitro* tem utilidade para estimar o comportamento da digestão em humanos, apesar do efeito mastigatório, variações inter-pessoais, moagem e processamento da amostra.

Sugere-se que o processamento sofrido pelo grão de amaranto seja o principal responsável pela alta digestibilidade observada para o snack. À moagem é atribuída a fragmentação do grão, desestruturando as paredes celulares, e aumentando a superfície de exposição dos grânulos de amido (COLONNA; LELOUP; BULÉON, 1992). Posteriormente, a

farinha foi submetida ao processo de extrusão que promoveu gelatinização do amido e nova conformação molecular ao material (ARÊAS, 1996). Desse modo, atribui-se ao alto grau de processamento envolvido na produção do snack a ampla exposição do conteúdo amiláceo que favoreceu a rápida digestão.

Quando o grão de amaranto é comparado a outros grãos observa-se que algumas das características, que podem ter influenciado na alta digestibilidade observada, são: o pequeno tamanho do grânulo de amido, entre 1 e $3\mu\text{m}$ e a baixa temperatura de gelatinização (BREENE, 1991).

Atribuí-se a presença de fibras alimentares, em especial a fração solúvel, o retardo na digestão e absorção dos alimentos. Em virtude de sua propriedade viscosa ela contribui para retardar o esvaziamento gástrico, e atua como barreira contra a ação enzimática (BORNET; BILLAUXL; MESSING, 1997; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998). Todavia, sugere-se que apenas a presença de fibra alimentar não esteja relacionada ao retardo da digestão, mas sim a presença de fibra como componente estrutural do tecido vegetal, uma vez que só dessa forma representaria eficaz barreira ao ataque de α -amilase (BJÖRCK, 1996; WOLEVER, 1990). Avaliando a digestão do snack de amaranto segundo esta premissa, observa-se que o grão sofreu quebra das paredes celulares através da moagem (BORNET; BILLAUXL; MESSING, 1997) e solubilização das fibras alimentares pelo processo de extrusão (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1998; MITCHELL; ARÊAS, 1992), sugerindo que apesar da presença significativa de fibra alimentar (9,80%), esta fração não atuou de forma expressiva na diminuição da velocidade de hidrólise do snack de amaranto.

São relatados na literatura altos valores de IG para produtos produzidos com amaranto. Chatuverdi et al. (1997) observaram alto IG para o grão de amaranto da espécie *Amaranthus esculentum* L. estourado e combinado sob diferentes proporções com farinha de trigo na formulação de Chapatti (espécie de pão não levedado). Foram observados os seguintes IGs: 91,7; 105,7 e 136,2 para as proporções 50:50, 25:75 de amaranto: trigo, e amaranto estourado com leite não adoçado, respectivamente. No presente trabalho, e no realizado por Chatuverdi et al. (1997) foram empregadas técnicas de preparo que envolve alta gelatinização do conteúdo amiláceo do amaranto, obtendo-se produtos de alta digestibilidade. Não se sabe, porém, se processamentos que preservam o grão de amaranto promovem semelhante aproveitamento do amido. Segundo Lehmann (1996), o grão de amaranto possui anel embrionário resistente a certas formas de processamento.

Alimentos de alto índice glicêmico vêm sendo utilizados por atletas com ótimos resultados, em especial, quando consumidos pelo menos 2 horas após treinos desgastantes. Tem-se observado que a utilização destes alimentos promove uma reposição do glicogênio hepático e muscular mais efetiva (SIU; WONG, 2004). Por apresentar alto Índice de Hidrólise, o snack de amaranto pode ser útil para atletas que desejam este resultado nos seus treinamentos. Outro motivo para a recomendação do snack de amaranto para atletas, refere-se ao seu alto valor nutritivo, com perfil de aminoácidos balanceado (CHÁVEZ-JÁUREGUI; SILVA; ARÊAS, 2000), rico em fibras e prático para ser consumido a qualquer

momento, uma vez que não necessita de cuidados especiais para seu acondicionamento (tal como refrigeração) e apresenta baixa perecibilidade.

Uma vez que o snack apresentou alta digestibilidade, sugere-se que o seu consumo por pacientes celíacos diabéticos, esteja acompanhado de orientação nutricional, e prece-dido do planejamento da dieta para propiciar, no cômputo geral, digestão gradual e ade-quada resposta glicêmica pós-prandial.

CONCLUSÕES

Foi observado através de hidrólise *in vitro* que o snack de amaranto apresenta alta digestibilidade. Acredita-se que o processamento pelo qual o grão foi submetido seja um dos principais responsáveis pelo comportamento de digestão observado, uma vez que propiciou maior exposição do grânulo de amido ao ataque enzimático.

Sugere-se que o snack de amaranto possa ser recomendado para atletas.

Uma vez que o snack apresentou alta digestibilidade, sugere-se que o seu consumo por pacientes celíacos diabéticos, esteja acompanhado de orientação nutricional, e prece-dido do planejamento da dieta para propiciar, no cômputo geral, digestão gradual e ade-quada resposta glicêmica pós-prandial.

REFERÊNCIAS/REFERENCES

- ARAÚJO, R. S. R. M. *Utilização de snack com elevado conteúdo de ferro em pré escolares para controle da anemia ferropriva*. 116 p. 2000. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ARÊAS, J. A. G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. *Bol. SBCTA*, v. 30, p. 28-29, 1996.
- ARÊAS, J. A. G. Uso de matérias-primas não convencionais na composição de dietas especiais. *Cadernos de Nutrição*, v. 6, p. 11-15, 1983.
- ARÊAS, J. A. G.; LAJOLO, F. M. Starch transformation during banana ripening: I –The phosphorylase and phosphatase behavior in *Musa acuminata*. *J. Food. Biochem.*, v. 5, n. 1, p. 19-37, 1981.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 13th. ed. Washington: AOAC, 1980. p. 858.
- BARROS, D. B. et al. Otimização das condições de extrusão de farelo de soja pelo emprego da metodologia de superfície de resposta. *Bol. Centro Pesq. Process. Aliment.*, v. 5, p. 61-70, 1987.
- BATISTUTI, J. P.; BARROS, R. M.; ARÊAS, J. A. G. Optimization of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer arietinum*, L.) deffated flour by response surface methodology. *J. Food Sci.*, v. 56, n. 6, p. 1695-1698, 1991.
- BERGMEYER, M. V.; BERNET, E. Determination of glucose with glucose oxidase and peroxidase. In: BERGMEYER, H. U. *Methods of enzymatic analysis*. 2th ed. New York: Academic Press, 1974. p. 1204-1212.

- BJÖRCK, I. Starch: Nutritional aspects. In: ELIASSON, A. C. *Carbohydrates in food*. 2th ed. [S.l.]: Marcel Dekker, 1996. p. 505-553.
- BJÖRCK, I. et al. Food properties the digestion and absorption of carbohydrates. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 59, p. 699S-705S, 1994. Supplement.
- BORNET, F. R. J.; BILLAUX, M. S.; MESSING, B. Glycemic index concept and metabolic diseases. *Inter. J. Biol. Macrom.*, v. 21, n. 1/2, p. 207-219, 1997.
- BRENE, W. M. Food uses of grain amaranth. *Cereal Food World*, v. 36, n. 5, p. 426-430, 1991.
- CARDOSO-SANTIAGO, R. A.; ARÊAS, J. A. G. Nutritional evaluation of snacks obtained from chickpea and bovine lung blends. *Food Chem.*, v. 74, n. 1, p. 35-40, 2001.
- CARREIRA, M. C. *Índice glicêmico de alimentos brasileiros: efeito do armazenamento sob baixa temperatura (-20°C)*. 2001. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.
- CHATURVEDI, A. et al. Glycemic index of grain amaranth, wheat and rice in NIDDM subjects. *Plant. Foods Human Nutr.*, v. 50, n. 2, p. 171-178, 1997.
- CHÁVEZ-JÁUREGUI, R. N.; SILVA, M. E. M. P.; ARÊAS, J. A. G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). *J. Food. Sci.*, v. 65, n. 6, p. 1009-1015, 2000.
- COLONNA, P.; LELOUP, V.; BULÉON, A. Limiting factors of starch hydrolysis. *Eur. J. Clin. Nutr.*, v. 46, p. 17S-32S, 1992. Supplement.
- CRONIN, C. C.; SHANAHAN, F. Insulin-dependent diabetes Mellitus and coeliac disease. *Lancet*, v. 340, n. 9058, p. 1096-1097, 1997.
- DE VITIS, I.; GHIRLANDA, G.; GASBARRISNI, G. Prevalence of coeliac disease in type I diabetes: a multicentre study. *Acta Paediatr.*, v. 85, p. 56-75, 1996. Supplement.
- ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.*, v. 46, p. 33S-50S, 1992. Supplement.
- FERREIRA, T. A. P. C. *Avaliação nutricional do amaranto (Amaranthus caudatus L.) extrusado em diferentes condições de umidade*. 155 p. 1999. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Carbohydrates in human nutrition*. Rome: FAO/WHO, 1998. (Report of a joint FAO/WHO expert consultation, 66).
- GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BULÉON, A.; PÉREA, S. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. *Eur. J. Clin. Nutr.*, v. 46, p. 3S-16S, 1992. Supplement.
- GOÑI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food chem.*, v. 56, n. 4, p. 445-449, 1996.
- GOÑI, I.; GARCIA ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr. Res.*, v. 17, n. 3, p. 427-437, 1997.
- HUAIXIANG, W.; CORKE, H. Genetic diversity in physical properties of starch from a world collection of *Amaranthus*. *Cereal Chem.*, v. 76, n. 6, p. 877-883, 1999.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3^a. ed. São Paulo: [s.n.], 1985. v. 1.
- JIAN, Y. Q.; KUHN, M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. *Starch/Staerke*, v. 51, p. 116-120, 1999.
- KASARDA D. D. *Grains in relation to celiac (coeliac) disease*. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service Western Regional Research Center Albany, 2000. Disponível em <<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/topics>>. Acesso em: 22 jan. 2001.

- LEHMANN, J. W. Case history of grain amaranth as an alternative crop. *Cereal Foods World*, v. 41, n. 5, p. 399-711, 1996.
- MENEZES, E. W. et al. Starch availability in Brazilian foods. "In vivo" and "in vitro" assays. *Nutr. Res.*, v. 16, p. 1425-1436, 1996.
- MITCHELL, J. R.; ARÊAS, J. A. G. Structural changes in biopolymers during extrusion. In: KOKINI L. K., HO, C.; KARWE, M. V. *Food extrusion science and technology*. New York: Marcel Dekler, 1992. p. 345-360.
- MONGEAU, R.; BRASSARD, R. Enzimatic-gravimetric determination in foods of dietary fiber as sum of insoluble and soluble fiber frations: summary of collaborative study. *J. AOAC Inter.*, v. 76, n. 4, p. 923-925, 1993.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Lost crops of the Incas*: Little-known plants of the Andes with promise for the worldwide cultivation. Washington: National Academy Press, 1989. p. 144-146.
- PLATE, A. Y. A.; ARÊAS, J. A. G. Cholesterol-lowering effects of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chem.*, v. 76, n. 1, p. 1-6, 2002.
- RABE, E.; SIEVERT, D. Effects of baking, pasta production, and extrusion cooking on formation of resistant starch. *Eur. J. Clin. Nutr.*, v. 46, p. 105-107, 1992. Supplement.
- ROSIN, P. M.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Measurement and characterization of dietary starches. *J. Food Comp. Anal.*, v. 15, n. 4, p. 367-377, 2002.
- SAUNDERS, R. M.; BECKER, R. Amaranthus: a potential food and feed resource. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, v. 6, p. 357-396, 1984.
- SIU, P. M.; WONG, S. H. Use of the glycemic index: effects on feeding patterns and exercise performance. *J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.*, v. 23, n. 1, p. 1-6, 2004.
- THOMPSON, T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and aots from a patient with celiac disease. *J. Am. Diet. Assoc.*, v. 101, n. 5, p. 586-587, 2001.
- TRUSWELL, A. S. Glycemic Index of foods. *Eur. J. Clin. Nutr.*, v. 46, p. 91S-101S, 1992. Supplement.
- WOLEVER, T. M. S. Relationship between dietary fiber content and composition in foods and the glycemic index. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 51, n. 1, p. 72-75, 1990.

Recebido para publicação em 10/12/03.
Aprovado em 17/2/04.