

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Saúde Pública

**Digestibilidade in vitro e resposta glicêmica de
snacks de amaranto (Amaranthus cruentus L.)**

Andrea Carvalheiro Guerra Matias

Orientador: José Alfredo Gomes Arêas

Dissertação apresentada à Faculdade de
Saúde Pública da universidade de São Paulo
para a obtenção do grau de mestre

**SÃO PAULO
2003**

*"Sou definitivamente contra o definido,
porque o definido é o bastante
e o bastante não basta."*

Fernando Pessoa

Dedico este trabalho aos meus pais,
José Luiz e Edina e ao meu marido, Alexander.

Agradecimentos

Aos voluntários, que generosamente se disponibilizaram a participar desta pesquisa. Certa de que sem vocês nenhuma destas linhas poderia ser escrita, meus sinceros agradecimentos.

Ao professor José Alfredo, pelo crédito, apoio e ensinamentos constantes no desenvolvimento deste trabalho.

Às professoras Elizabete e Ligia pelas valiosas sugestões e correções apresentadas a estes trabalho.

Aos colegas Ana Carolina C., Ana Carolina G, Betina, Carla Corrales, Carla Caratin, Clarice, Marta, Milena, Raquel C., Raquel P., Renée, Rosana, Rosa Nilda. Simone, Vanessa e Thaís pela amizade e companheirismo em todos os momentos.

Aos técnicos de laboratório José Pereira e Rosana, pela a ajuda indispensável.

Aos funcionários Ana, Conceição, Fátima e Milton do Laboratório do Centro de Saúde Geraldo de Paula Souza pela colaboração na coleta e análise dos dados do primeiro ensaio.

A técnica de enfermagem Cinira que nos auxiliou na coleta de sangue do segundo ensaio.

Ao Laboratório de Carboidratos da FMUSP, em especial a Rosa Fukue, Dra Milene e Dr. Dalva, cuja colaboração possibilitou a análise de insulina.

A professora Elizabeth Torres que gentilmente permitiu a utilização do Laboratório de Bromatologia para as análises centesimais.

A professora Elizabeth Gomes Arêas que em momento mais que oportuno nos emprestou valioso reagente para o término das análises.

Aos alunos de pós-graduação da FSP pela permissão de utilização da sala dos alunos para a coleta de sangue do segundo ensaio.

Aos funcionários do departamento de Nutrição.

A todos o meu muito obrigada!

RESUMO

O consumo de snacks (salgadinhos) está bastante difundido no Brasil, porém os snacks comerciais apresentam reduzido valor nutricional. A partir do grão de amaranto, espécie andina aclamada por suas propriedades nutricionais e funcionais, foi desenvolvido, através de extrusão termoplástica, snack que se destacou por apresentar perfil de aminoácidos balanceado, alta biodisponibilidade de minerais e contribuição na redução de hipercolesterolemia em coelhos.

O grão de amaranto vem se popularizando entre pacientes celíacos, uma vez que não promove reação alérgica à mucosa destes indivíduos. Há uma forte correlação entre o Diabetes Mellitus e a Doença Celíaca, com alta prevalência de celíacos entre diabéticos e vice-versa. Considerando que a velocidade de digestão e absorção do amido dos alimentos influencia diretamente no incremento glicêmico, o objetivo do presente estudo foi investigar o comportamento glicêmico do snack de amaranto por meio da verificação das respostas glicêmicas e insulinêmicas de indivíduos saudáveis, e através de digestão enzimática controlada *in vitro*.

Tanto os ensaios *in vivo* com *in vitro* demonstraram que o snack de amaranto apresenta alta digestibilidade com rápido incremento das curvas glicêmicas, insulinêmicas, e de hidrólise enzimática. Sendo obtidos 107 e 103 para os Índices glicêmico e de Hidrólise.

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. Sugere-se que estes procedimentos promoveram drástica ruptura e exposição do conteúdo amiláceo ao ataque enzimático, e que a reorganização cristalina da fração amido no snack de amaranto apresentou baixa resistência à hidrólise.

Considerando a capacidade glicêmica do snack de amaranto, o seu consumo deve ser controlado quando estiver inserido dentro de um programa alimentar para celíacos.

Summary

The consumption of snacks is usual in Brazil and developed countries. However, commercial snacks have low nutritive values. Amaranth grain, a staple crop from Andes recognized for its nutritional and functional properties, was used to produce a snack read to eat, through extrusion cooking. This product has potencial for human consupction because shows an adequate amino acid profile, high bioavaibility of minerals and cholesterol-lowering effects in hypercholesterolemic rabbits.

The amaranth grain has become popular among celiac people, since it does not promotes allergic reactions to intestinal mucosa of these patients. It has been observed a high prevalence of Diabetes Mellitus among Celiac patients and vice-versa. The digestion and absorption rate of starch from foods directly influence the rise of glycemic levels. The aim of this study was to investigate the glycemic behaviour of the amaranth snack verifying its glycemic and insulinemic responses in healthy subjects, and evaluating its enzymatic digestion *in vitro*.

In the present study, the amaranth snack presented a high *in vivo* digestibility with fast increase of glycemic and insulinemic responses, and a high *in vitro* digestibility. The glycemic and hydrolysis indexes were 107 and 103, respectively.

Probably the digestion profile observed in the amaranth snack was due to the process suffered by the amaranth grain: milling and later gelatinization promoted by extrusion cooking. The results indicate that these proceedings promoted drastic rupture and exposure of amaranth grain starch content. As consequence the reorganization of the starch fration in the amaranth snack showed low hydrolysis resistance, that improves the enzymatic attack.

Considering the nutritional qualities of amaranth snack it is not recomendado to avoid it on diet. However, its consumption, mainly by diabetics patients, should be rigorously assessed in a dietetic program, where the total diet favours the glycemic control.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 Amaranto.....	3
1.2.1 Algumas características agronômicas.....	4
1.2.2 Consumo.....	5
1.2.3 Características nutricionais e fisiológicas.....	5
1.3 Extrusão termoplástica e snacks.....	8
1.3.1 O extrusado de amaranto.....	10
1.4 Amaranto e Doença Celíaca.....	10
1.5 Carboidratos.....	12
1.5.1 Categorização dos carboidratos e comportamento glicêmico... ..	12
1.5.1.1 Índice Glicêmico.....	15
1.5.1.2 Investigação da digestibilidade do amido <i>in vitro</i>	22
1.5.2 Amido resistente.....	23
2 OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo geral.....	25
2.2 Objetivos específicos	25
3 METODOLOGIA	26
3.1 Matéria-prima.....	26
3.2 Extrusão termoplástica.....	26
3.3 Análises de composição centesimal.....	27
3.4 Verificação da digestibilidade do snack de amaranto <i>in vitro</i>	28
3.5 Verificação da resposta glicêmica plasmática em humanos.....	29
3.5.1 1 ° ensaio.....	31
3.5.2 2 ° ensaio.....	33
3.6 Análise estatística.....	35
4 RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	36
4.1 Composição centesimal.....	36
4.2 Verificação da digestibilidade do amido do snack de amaranto <i>in vitro</i>	41
4.3 Verificação da digestibilidade do snack de amaranto em humanos	45
5 CONCLUSÕES.....	66
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	82
Anexo 1- Termo de consentimento.....	82
Anexo 2- Formulação do pão utilizado como produto de referência.....	83
Anexo 3 Tabela de Substituição de Carboidratos.....	84
Anexo 4- Porções de snack e produto de referência	86
Anexo 5 –Dispositivo intravenoso para coletas múltiplas	87

ÍNDICE DE QUADROS, FIGURAS E TABELAS

Tabela 1- Exemplos de Índice Glicêmico para alguns produtos.....	17
Figura 1 – Gráfico regra trapezoidal.....	30
Tabela 2 - Composição centesimal da farinha de <i>Amaranthus cruentus</i> L e Snack.....	37
Tabela 3 - Porcentagem de amido digerido ao longo do tempo para o pão branco e snack de amaranto.	41
Figura 2 - Gráfico da velocidade de digestão do amido em porcentagem.....	42
Figura 3 – Curva de hidrólise <i>in vitro</i> do snack de amaranto e do pão branco...	44
Tabela 4 – Área sob a curva de hidrólise e Índice de hidrólise.....	44
Tabela 5 – Glicemia plasmática em mg/dl no período de 0-150 min para solução de glicose, pão branco e snack de amaranto.....	46
Figura 4 – Gráfico da média do incremento glicêmico da solução de glicose pão branco e snack com respectivo desvio padrão.....	46
Tabela 6 – Média das áreas glicêmicas para a solução de glicose, pão branco e snack para o 1º ensaio.....	47
Figura 5 - Exemplos de gráficos com baixo ou nenhum incremento glicêmico (1º ensaio)	48
Tabela 7 - Glicemia plasmática do pãobranco e snack de amaranto.	49
Figura 6 – Gráfico da média do incremento glicêmico do pão branco e snack com respectivo desvio padrão	50
Tabela 8 – Índice Glicêmico do snack de amaranto	51
Tabela 9 - Insulina plasmática e área sob a curva insulínica do pão branco e snack de amaranto.	52
Figura 7 – Curva insulínica média para pão branco e snack de amaranto com respectivo desvio padrão.	52
Figura 8 - Resposta glicêmica e insulinêmica para solução de glicose oferecida em 180 min (□) e 5 min (■ n) durante 240 min.....	55
Quadro 2 – Relação entre as áreas sob as curvas glicêmicas entre solução de	

glicose, pão branco e snack (1º ensaio) e entre pão branco e
snack (2º ensaio)..... 57

Quadro 3- Valores de IG para alguns produtos com processamento
semelhante ao do snack. 62

1. INTRODUÇÃO

O consumo de snacks (salgadinhos) no Brasil está bem difundido, principalmente entre crianças e adolescentes. Todavia as variedades de snacks disponíveis no mercado possuem baixa concentração protéica e alto teor de gordura saturada, comprometendo seu valor nutricional.

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 (CARDOSO-SANTIAGO e ARÊAS 2001, CHÁVEZ-JÁUREGUI e ARÊAS 2000, ARAÚJO 2000, FERREIRA 1999, BARROS e col. 1987, BATISTUTI e col. 1991). Para tanto são empregadas diferentes matérias-primas alternativas com o intuito de melhorar o valor nutritivo dos “snacks”. Dentre estas matérias-primas destaca-se o grão de amaranto, que apresenta alto valor nutritivo (BECKER e col. 1981). Entre os estudos realizados com o amaranto foi otimizada a produção de “snacks”, os quais além de serem bem aceitos sensorialmente apresentaram diversas características nutricionais e funcionais de destaque. O snack apresentou perfil protéico de alto valor biológico (CHÁVEZ-JÁUREGUI e ARÊAS 2000), alta biodisponibilidade de zinco, magnésio e cálcio (FERREIRA 1999) e expressiva contribuição na redução de hipercolesterolemia em coelhos (PLATE e ARÊAS 2002).

O grão de amaranto vem sendo atualmente recomendado para portadores de Doença Celíaca, uma vez que não promove reação alérgica a mucosa destes indivíduos (THOMPSON 2001). É documentada fisiopatologia

comum entre doença celíaca e Diabetes Mellitus (ANDREELLI e col. 1998, CRONIN e col. 1997) já que é comum tanto pacientes diabéticos desenvolverem Doença Celíaca, como celíacos desenvolverem Diabetes (KARAGIOZOGLOU-LAMPOUDI e col. 1996, DE VITIS e col. 1996).

Acredita-se que a velocidade de digestão e absorção dos alimentos modula a intensidade da resposta glicêmica pós-prandial. Considerando que a base do tratamento do paciente diabético é o controle dos níveis glicêmicos, este trabalho propõe investigar o comportamento glicêmico do snack de amaranto por meio da verificação das respostas glicêmicas e insulinêmicas de indivíduos saudáveis, e através de digestão enzimática controlada *in vitro*.

1.2 Amaranto

O amaranto é um pseudocereal da classe das dicotiledôneas e família das amarantáceas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1989) provavelmente originária da América Central (TEUTONICO e KNORR 1985). Mais de 60 espécies de amaranto estão espalhadas por todos os continentes, sendo que as mais estudadas para consumo humano são *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus caudatus* L. e *Amaranthus hypocondriacus* L (BREENE 1991).

Este pseudocereal representou a base da alimentação para diversas culturas pré-colombianas, dentre elas as civilizações maias, incas e astecas. O grão de amaranto era considerado sagrado, sendo amassado com sangue humano e consumido em rituais religiosos. Todavia em vista de sua significativa importância para estes povos, os europeus proibiram o seu cultivo

durante a colonização (SAUNDERS e BECKER 1984). Por esta razão, a cultura do amaranto quase desapareceu, mantendo-se espalhada em algumas regiões andinas (YÁNEZ e col. 1994). Estima-se que o povo asteca produzia anualmente em torno de 15 a 20 toneladas de amaranto, representando a terceira principal cultura após o milho e o feijão (HUAIXIANG e CORKE 1999). Relativamente recentes são os esforços para reimplantar a produção de amaranto, que vem crescendo a medida que a planta é reconhecida como cultura de grande potencial para alimentação humana, visto seu alto valor nutricional (BRESSANI 1998;1987).

1.2.1 Algumas características agronômicas

O nome amaranto teve sua origem a partir de duas palavras gregas que significam “imortal” e “não perecível” (SAUNDERS e BECKER 1984) bastante pertinente a uma das principais características da planta: crescer bem em solos áridos e pobres, o que geralmente não ocorre com a maioria dos cereais (YÁNEZ e col. 1994).

Considerando as produções na América Latina: Peru e Bolívia apresentam maior cultivo de *Amaranthus caudatus*; na Guatemala *Amaranthus cruentus*, e no México *Amaranthus hypocondriacus*. Dentre outros países que produzem amaranto estão os Estados Unidos, Canadá, Índia, China, Nepal, Polônia, Itália e alguns países africanos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1989).

As várias espécies do amaranto são morfologicamente semelhantes onde as sementes pequenas e em forma lenticular, apresentam cerca de 1 a 1,5 mm de diâmetro e pesam em torno de 0,6 a 1,0 g. A coloração das mesmas varia do branco para o bege, bege claro, vermelho, marrom e preto. Quando ereta a planta pode alcançar dois metros de altura (SAUNDERS e BECKER 1984).

No Brasil a Embrapa-Cerrados (Planaltina-DF) está produzindo amaranto da espécie *Amaranthus cruentus* L., variedade BR-Alegria, já adaptada ao clima e solo brasileiros.

1.2.2 Consumo

O amaranto é uma das poucas culturas onde as folhas são consumidas como verdura e os grãos como cereal (OKE 1983). Os grãos inteiros ou moídos (farinha) são utilizados em diversas preparações tais como: *tortilhas*, crepes, pudins, bolos, pastas, tortas, mingaus, confeitos, saladas entre outros. Alguns países apresentam preparações típicas como o *Alegria* no México, o *Bollos* no Peru, e o *Laddos* na Índia que são confeccionados com o grão estourado, no Nepal é característico o mingau denominado *Sattoo* e nos Himalaias uma espécie de panqueca conhecida como *Chapati* (BREENE 1991). O amaranto estourado é comumente consumido em diversos países participando de preparações com outros cereais adicionados de caramelo, mel e xaropes (SAUNDERS e BECKER 1984).

Dentre outros usos da planta estão a ornamentação de ambientes e o tingimento, sendo o pigmento extraído das folhas utilizado para colorir bebidas alcoólicas (Bolívia e Argentina) e bolinhos de milho (México e Estados Unidos) (TEUTONICO e KNORR 1985).

Por diversos autores, o amaranto é considerado apropriado para a alimentação infantil (BRESSANI 1998; BREENE 1991).

1.2.3 Características nutricionais e fisiológicas

O amaranto apresenta um excepcional valor nutritivo. Sua composição média contém cerca de 15-16% de proteína, 7-8% de gordura, 50-60% de amido e 8% de fibra alimentar (PEDERSEN e col. 1987).

Possui alto teor de proteína e um perfil de aminoácidos balanceado, destacando-se a presença de lisina e aminoácidos sulfurados em altas quantidades. Estes aminoácidos são considerados limitantes e são geralmente encontrados em baixas quantidades em proteínas de cereais (MATUZ e col. 2000a, BREENE 1991, PEDERSEN e col. 1987, BRESSANI 1987).

A fração lipídica apresenta alto nível de insaturação (75%), sendo que cerca de 50% são representados por ácido linoléico (TEUTONICO e KNORR 1985). Observou-se que o óleo de amaranto é rico em esqualeno, especialmente a variedade *Amaranthus cruentus* L. (SALA e col. 1998). Estão associados ao esqualeno diversos benefícios a saúde, entre eles efeitos hipocolesterolêmicos e anticarcinogênicos (HAN-PING e col. 2002). Este terpeno é tradicionalmente obtido a partir de animais marinhos, no entanto,

com o aumento das leis de proteção a fauna marinha, surge o amaranto como fonte potencial na sua produção (SALA e col. 1998).

O amido é o polissacarídeo mais abundante do amaranto representando 50 a 60% do total do grão (SAUNDERS e BECKER 1984). O grânulo do amido é pequeno, variando de 1-3 μm em diâmetro, bem menor que outros grânulos de amido como os de arroz, que variam de 3 a 8 μm e os de batata que alcançam 100 μm de diâmetro (BREENE 1991). A forma do grânulo foi caracterizada como poligonal com superfície lisa (JIAN e KUHN 1999).

Comparados com o amido de milho o *Amaranthus cruentus* apresenta alto poder de entumescimento, baixa solubilidade, alta retenção de água e baixa suscetibilidade para α -amilase (CALZETTA-REZIO e col. 2000; STONE e LORENZ 1984).

As espécies de amaranto apresentam em geral baixa temperatura de gelatinização e boa estabilidade sob congelamento (BREENE 1991). No entanto, verifica-se grande intervalo de temperatura de gelatinização em torno de 20 °C (JIAN e KUHN 1999, HOOVER e col. 1998).

SAUNDERS e BECKER (1984) verificaram que o conteúdo de amilose no amido de *Amaranthus cruentus* L. foi de 4,8%, JIAN e KUHN (1999) mensuraram enzimaticamente em 7,8 %. HOOVER e col. (1998) observaram que 10,3-15,8 % do total de amilose estão complexados a lipídeos.

A sacarose é o açúcar preponderante, ocorrendo em níveis duas vezes maiores em relação aos do trigo e arroz. São relatados 2,1-3,4% de açúcares solúveis para *Amaranthus cruentus* L., *Amaranthus. hipocondriacus* L. e *Amaranthus. caudatus* L. (SAUNDERS e BECKER 1984).

Alguns estudos atribuem ao grão de amaranto atividade hipocolesterolêmica. Cronologicamente são apresentadas algumas observações:

CHATURVEDI e col. (1993) observaram efeito hipocolesterolêmico do amaranto da espécie *Amaranthus esculentus* L. através da administração do grão a ratos, verificando redução dos níveis de lipídeos plasmáticos, triglicérides e aumento da fração HDL do colesterol.

QURESHI e col. (1996) verificaram queda da hipercolesterolemia em galinhas alimentadas com amaranto submetido a diferentes formas de processamento.

GRAJETA (1999) observou queda significativa dos valores de colesterol total plasmático e hepático tal como triglicérides hepáticos, com a administração de amaranto (grão) a ratos durante 28 dias.

PLATE e ARÉAS (2002) administraram amaranto da espécie *Amaranthus caudatus* L. na forma de grão extrusado e óleo, em dietas distintas, a coelhos hipercolesterolemizados. Foi observada que a redução nos níveis de colesterol total e LDL após 21 dias foi mais efetiva para o amaranto extrusado quando comparado aos grupos controle e com óleo de amaranto.

QURESHI e col. (1996) sugerem como agentes responsáveis pelas propriedades hipocolesterolêmicas do amaranto o esqualeno, a fibra alimentar e os tocotrienóis. Todavia não foi observada por PLATE e ARÉAS (2002) ação hipocolesterolizante do óleo de amaranto quando administrado em coelhos hipercolesterolemizados.

1.3 Extrusão termoplástica e snacks

Produtos extrusados estão presentes em nosso consumo diário como ingredientes para produtos semiprontos, embutidos cárneos, cereais matinais e snacks. Os dois últimos, desde o surgimento, popularizaram-se rapidamente em todo o mundo principalmente entre crianças e jovens.

O processo de extrusão termoplástica baseia-se na combinação de altas temperaturas sob alto cisalhamento, em curto intervalo de tempo, provocando a gelatinização do amido e desnaturação de proteínas de farinhas de cereais e leguminosas, seguida da reestruturação dos polímeros (BARROS e col. 1987). O aparelho extrusor consiste de um parafuso de Arquimedes, desenhado de modo a proporcionar um aumento de pressão durante o trajeto da matéria-prima. Este gira ajustado dentro de um canhão que empurra o material a ser texturizado. O alimento é conduzido sob alta pressão e temperatura. Durante esta passagem a matéria-prima é convertida a um fluido altamente viscoso (MITCHELL e ARÉAS 1992). No entanto, mesmo sob altas temperaturas a água dentro do material se mantém no estado líquido. Como a pressão interna da máquina é maior que a pressão atmosférica externa, o material ao sair expande à medida que há rápida evaporação da água, super aquecida nele contida. No resfriamento, após brusca evaporação de água que atravessa o material, ocorrem ligações entre as moléculas desnaturadas, formando uma rede supramolecular, e conseqüentemente a textura característica (MITCHELL e ARÉAS 1992, BARROS e col. 1987, ARÉAS 1983). No processo de extrusão termoplástica são variáveis importantes: a temperatura de processamento, a

rotação do parafuso, o tamanho do orifício de saída, a taxa de compressão do parafuso, associados ao teor de água, carboidratos, proteína e lipídeos.

As condições enérgicas dentro do equipamento promovem a dissociação e desenovelamento de biopolímeros, expondo sítios de interação que posteriormente formarão a rede supramolecular do produto final. Muitas das características e propriedades dos produtos extrusados são derivadas da capacidade de reorganização da parte amilácea e protéica, sendo que quanto maior a quantidade de amido, maior a expansão (ARÉAS 1996).

Durante o processo ocorre ruptura das regiões cristalinas do grânulo seguida da perda de sua integridade (MITCHELL e ARÉAS 1992). Como o amido possui um único monômero, a glicose, é capaz de realizar principalmente interações eletrostáticas, o que promove um leque de condições favoráveis para a extrusão. As interações entre amilose e amilopectina são de natureza eletrostática tipo ponte de hidrogênio. Já a interação entre moléculas de amido e lipídeos é possível pela forma tridimensional da molécula de amido, cuja parte interna é hidrofóbica, permitindo interação com ligantes de características apolares (ARÉAS 1996).

1.3.1 O extrusado de amaranto

Segundo BRESSANI (1987) os benefícios nutricionais máximos do grão de amaranto são obtidos a partir do processo de extrusão.

Apesar das altas temperaturas foi demonstrado por CHÁVEZ-JÁUREGUI e ARÊAS (2000) que a extrusão não afeta o valor de lisina, verificando-se ligeira perda com o progressivo aumento da temperatura.

A qualidade protéica dos produtos obtidos por extrusão de farinhas de *Amaranthus cruentus* L. e *Amaranthus caudatus* L., segundo MENDONÇA e BRESSANI (1987) foi demonstrada ser igual a da caseína.

1.4 Amarantho e doença celíaca

A Doença Celíaca é representada pela atrofia da mucosa intestinal em resposta ao consumo de produtos que contenham Glúten. Assim pacientes celíacos não podem consumir produtos que contenham trigo, cevada e centeio (PARCKER e col. 2000). A dieta, destes pacientes é bastante restrita, uma vez que representativa fração de produtos contém estes cereais, principalmente o trigo, como ingredientes para pães, biscoitos, massas, entre outros.

Nos últimos anos o amaranto vem sendo aclamado como potencial substituto na dieta do paciente celíaco (THOMPSON 2001). Observações taxonômicas verificaram que o trigo, a cevada e o centeio são monocotiledôneas e os cereais considerados 'seguros', tais como o amaranto, são dicotiledôneas (KASARDA 2000, KASARDA 1994). AUBRECHT e col. (1998) verificaram que o conteúdo de prolamina no amaranto está abaixo dos valores necessários para causar danos à mucosa de pacientes celíacos. MATUZ e col. (2000b) não observaram alergenicidade do amaranto através de eletroforese e *imunoblot* das proteínas.

TOSI e col. (1996) e MARCÍLIO (2001) elaboraram biscoitos isentos de glúten, com farinha de amaranto, destinadas a pacientes com doença celíaca, com bons resultados de análise sensorial, com a vantagem de apresentar conteúdo protéico similar aos produtos recomendados para este fim, devido ao representativo conteúdo de proteína de alto valor biológico presente no amaranto.

Considerando que um número expressivo de produtos apresentam glúten, a dieta do paciente celíaco é muito restrita, apontando os produtos de amaranto e em particular o snack, (por terem sido avaliadas diferentes propriedades nutricionais de destaque), como produto alternativo para diversificar e enriquecer a dieta deste grupo.

Todavia uma forte relação entre Doença Celíaca e Diabetes Mellitus é bem reconhecida, observando-se que pacientes com Doença Celíaca tem maior probabilidade de desenvolverem Diabetes Mellitus e vice-versa. (ANDREELLI e col. 1998, CRONIN e col. 1997). Documenta-se que, estatisticamente, crianças celíacas desenvolvem o Diabetes Mellitus ao longo dos 10 anos seguintes ao diagnóstico (KARAGIOZOGLOU-LAMPOUDI e col. 1996) e a prevalência de pacientes diabéticos com Doença Celíaca varia em torno dos 10 % (DE VITIS e col. 1996).

O alicerce do tratamento do diabético baseia-se no controle da glicemia, sendo a principal ferramenta o controle dietético. Torna-se dessa forma relevante a verificação do comportamento glicêmico dos alimentos destinados a este público. Considerando intrínseca a relação entre Diabetes e Doença

Celiaca e o aumento do consumo de amaranto por estes pacientes, se faz importante avaliar o comportamento glicêmico do snack de amaranto.

1.5 Carboidratos

Os carboidratos são considerados a principal fonte de energia para o organismo. Primordialmente representam combustível de rápida obtenção e armazenamento para o suprimento das necessidades energéticas. São também importantes veículos para micronutrientes e fitoquímicos. Nas últimas décadas destaca-se o interesse de estudo do papel fisiológico dos carboidratos. As principais fontes de carboidratos são os cereais, os quais representam 50% do total de carboidratos consumidos tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, seguidos pelos tubérculos, frutas, leguminosas e produtos lácteos (FAO/WHO 1998). Segundo a NATIONAL ACADEMIC OF SCIENCES (2002) uma dieta equilibrada contempla entre 45 a 65 % do total energético na forma de diferentes fontes de carboidratos.

1.5.1 Categorização dos carboidratos e comportamento glicêmico

Os carboidratos, quando classificados pelo grau de polimerização, são agrupados em três grandes grupos principais: açúcares, oligossacarídeos e polissacarídeos. Tradicionalmente os valores para carboidratos presentes nas tabelas de composição de alimentos seguem uma classificação baseada

apenas no grau de polimerização, não contemplando os efeitos fisiológicos promovidos pelo consumo de carboidratos (FAO/WHO 1998).

Uma forma bastante divulgada de classificação divide os carboidratos em simples e complexos. O termo carboidrato complexo envolve por definição o conjunto de polissacarídeos, e surgiu primeiramente com o intuito de incentivar o consumo de alimentos considerados saudáveis tais como grãos de cereais integrais. Assumiu-se que os carboidratos complexos são lentamente digeridos e absorvidos pelo intestino delgado, promovendo um incremento glicêmico gradual, contrapondo-se aos efeitos promovidos pelos carboidratos simples, representados pelos açúcares (FAO/WHO 1998).

Outra classificação dos carboidratos, os categoriza fisiologicamente segundo grau de digestibilidade. Desse modo os carboidratos podem ser divididos em “disponíveis” e “não disponíveis”, sendo considerado “disponível” todo carboidrato que pode ser hidrolisado pelas enzimas do trato gastrointestinal e absorvido no intestino delgado, representado por açúcares e amidos. Já os “não disponíveis” seriam os demais polímeros, representados pelas fibras alimentares e amidos resistentes. No entanto esta nomenclatura não considera que quando metabolizados pela flora do colón, a fibra alimentar e o amido resistente são utilizados pelo organismo. Desse modo o diferencial dos carboidratos “não disponíveis” seria não contribuir de forma direta no incremento glicêmico, e dentro deste contexto são sugeridos como substitutos aos termos carboidrato “disponível” e “não disponível” a utilização de carboidrato “glicêmico” e “não glicêmico” (FAO/WHO 1998).

ENGLYST e HUDSON (1996) propuseram a classificação do amido em frações denominadas de amido rapidamente digerível, lentamente digerível e amido resistente. Dentro desta proposta considera-se por amido rapidamente digerível aquele encontrado aos primeiros 20 minutos de digestão, amido lentamente digerido entre 20 e 120 minutos e amido resistente a diferença entre o amido total e a soma entre o amido rapidamente digerido e amido lentamente digerido. Ao considerarem que a velocidade da digestão do amido reflete a magnitude da duração da resposta glicêmica, os autores propõem esta classificação do amido *in vitro* como alternativa para estimar a resposta glicêmica dos alimentos.

Durante muitos anos foi sugerido que os efeitos fisiológicos dos carboidratos digeríveis estavam relacionados ao seu peso molecular, ou seja, baseava-se na classificação dos carboidratos em simples e complexos, comentada anteriormente. Nesse contexto sustentava-se que os alimentos fonte de polímeros de amido (carboidratos complexos) eram lentamente digeridos no intestino delgado promovendo baixas respostas glicêmicas pós prandiais, e em contra partida os mono e dissacarídeos (carboidratos simples) promoviam rápido incremento glicêmico (BORNET e col. 1997). Com esse intuito os produtos fonte de carboidratos complexos foram amplamente recomendados principalmente ao público diabético (TRUSWELL 1992). Entretanto apesar de largamente divulgada, tal classificação e seus efeitos fisiológicos nunca haviam sido verificados experimentalmente, sendo que até a década de 80 acreditava-se que o amido era todo digerido no intestino delgado (FILER 1977, SOUTHGATE 1976). Os primeiros trabalhos contestadores de tal

pressuposto foram os de CRAPO e col. (1976) e OTTO e col. (1973), que demonstraram que idênticas quantidades de carboidratos obtidas de diferentes alimentos promoviam diferentes respostas glicêmicas pós-prandiais (BJÖRK 1996, TRUSWELL 1992).

Observou-se que a extensão e duração do aumento da concentração de glicose no sangue, após as refeições, é dependente da velocidade 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 (glicose, frutose e galactose); natureza do amido relação amilose/amilopectina, interação amido nutriente, presença de amido resistente); tipo e grau de processamento (grau de gelatinização), tamanho de partículas (acessibilidade ao amido), tempo e temperatura de armazenamento; forma do alimento e estrutura celular; outros componentes do alimento (lipídeos, proteína, fibra alimentar, antinutrientes e ácidos orgânicos), viscosidade do meio e tempo de mastigação (CARREIRA 2001, FAO/WHO 1998, BORNET e col. 1997, MENEZES e col. 1996, BJÖRCK 1996, BJÖRK e col. 1994, TRUSWELL 1992, 1992, ENGLYST e col. 1992, GALLANT e col. 1992, COLONNA e col. 1992).

1.5.1.1 Índice Glicêmico

Acredita-se que a principal característica que parece determinar os efeitos metabólicos dos carboidratos sobre o comportamento sérico de açúcares, lipídeos e endócrino é a velocidade pela qual esses carboidratos são digeridos (JENKINS e col. 1994). Reconhecendo que mesmas quantidades de carboidratos obtidas de diferentes alimentos promoviam diferentes respostas glicêmicas pós-prandiais o Índice Glicêmico (IG) surgiu como agente indexador, uma vez que a avaliação da curva glicêmica isolada apresentava grande variação inter-pessoal entre os indivíduos estudados (WOLOVER 1990). Por sua vez o IG diminui esta variabilidade, pois seu cálculo se baseia nos valores glicêmicos intra-pessoais, sendo definido como a área sob a curva de resposta glicêmica de um determinado alimento expressa como porcentagem da área de um produto de referência (pão branco ou glicose) equivalentes em carboidratos, para um mesmo indivíduo (JENKINS e col. 1981, WOLOVER 1991). Assim a proposta do IG é categorizar os alimentos segundo a velocidade de resposta glicêmica pós-prandial que proporcionam (FOSTER-POWELL e col. 2002, JENKINS e col. 2002, BORNET e col 1997, JENKINS e col. 1981). Para contemplar os efeitos fisiológicos dos carboidratos, a utilização do IG é preconizada por diferentes órgãos, entre eles European Association for Study of Diabetes (1995) e a FAO/WHO (1998), como complemento aos dados presentes nas tabelas de composição dos alimentos, na elaboração de dietas e recomendações alimentares.

Como produto referência, para a obtenção do IG, inicialmente foi utilizada solução de glicose (IG=100) (JENKINS e col. 1981), no entanto posteriormente foi sugerida a utilização de pão branco, alegando-se que a solução glicosada era inapropriada para alimentos ricos em carboidratos, com o argumento de não precisar ser digerida e possuir alta osmolaridade (WOLEVER e col. 1985).

Abaixo são apresentados exemplos de IG para alguns alimentos.

Tabela 1- Exemplos de Índice Glicêmico para alguns produtos.

Produto	IG (glicose =100)	IG (pão=100)
Glicose ¹	100	143
Sacarose ¹	68	97
Frutose ¹	19	27
Lactose ¹	46	66
Mel ¹	55	78
Pão branco ¹	70	100
Batata assada ^{1,3}	60	85
Batata frita ¹	75	107
Polenta ²	54	74
Macarrão ²	47	64
Arroz branco ¹	64	91
'Corn Flaks' ¹	81	116
Feijão carioca ²	28	38
Grão-de-bico ¹	25	34
Soja ¹	18	25
Maça ¹	38	52
Laranja ¹	42	60
Banana ¹	52	74
Leite ¹	27	38

¹ FOSTER- POWELL e col.2002

² CARREIRA 2001

³ *Baked potato*

Como pode ser observado o IG da glicose é muito superior ao da sacarose que ainda é considerado alto quando comparado ao do pão branco. No entanto outros mono e dissacarídeos apresentam IG intermediário e baixo, como é o caso, respectivamente da lactose e frutose. A frutose e a galactose

precisam ser primariamente metabolizadas no fígado para serem convertidas em glicose, produzindo menor elevação da glicemia (WOLOVER 2000, FAO/WHO 1998). Portanto, o comportamento glicêmico destes carboidratos se contradiz a afirmação que sugere que a utilização de produtos fonte de carboidratos simples eleve rapidamente a glicemia. Na realidade tanto alimentos fonte de carboidratos complexos como simples podem, quando absorvidos rapidamente, elevar os níveis de glicose e insulina plasmáticos.

CARREIRA (2001) verificou em humanos os IG para alguns alimentos brasileiros: arroz, polenta, macarrão, feijão e grão de bico. (tabela 1)

As massas possuem IG intermediários, pois no processo de fabricação o amido gelatinizado é encapsulado em uma rede de glúten, limitando a ação das amilases (COLONNA e col. 1990).

É relatado que a substituição de carboidratos com alto IG por de baixo índice promove a melhora de diversos parâmetros metabólicos em portadores de Diabetes insulino-dependente, não insulino-dependente, indivíduos com altos níveis de triglicérides, entre outros (BORNET e col. 1997). Dentre os potenciais efeitos da liberação lenta da glicose no sangue temos: melhora do controle glicêmico de pacientes diabéticos; redução dos níveis lipídêmicos em pacientes hiperlipidêmicos e normais; melhora da sensibilidade à insulina; melhora da performance física durante exercícios; aumento da saciedade e redução do potencial cariogênico (BRAND-MILLER 2002, WOLOVER 2000, MORRIS e col. 1999, FROST e col. 1999, BORNET e col. 1997, BJÖRCK 1996, BRAND-MILLER 1994).

Dietas com baixo IG reduzem os valores de lipoproteína de baixa densidade (LDL) colesterol e triglicérides em diabéticos (FONTVIEILLE e col. 1992, WOLOVER e col. 1991), e em pacientes hiperlipidêmicos (JENKINS e col. 1987). FROST e col. 1999 observaram associação de dieta de baixo IG com aumento das concentrações da fração HDL do colesterol. BRAND MILLER (1994) analisando diferentes estudos verificou que em média dietas com baixo IG reduzem a taxa de colesterol em 6% e triglicérides em 9%. Estes resultados são modestos, mas estas melhoras plasmáticas estão relacionadas apenas com alterações na dieta. BRAND-MILLER (1994) observou que a administração de dietas com baixo IG melhoraram os valores de índices de controle glicêmico, tais como: redução das taxas de hemoglobina glicosilada, frutamina e níveis de glicose durante o dia.

Através de questionário de frequência alimentar validado, foi observada correlação positiva para alta carga glicêmica (*glycemic load*) e risco para Diabetes tipo 2, em homens e mulheres, mesmo quando ajustados valores de IMC, atividade física, história familiar e total de energia ingerida (SALMERON 1997a, 1997b). Como carga glicêmica considera-se a multiplicação da quantidade carboidrato da dieta pelo IG. Ressalta-se que o risco de Diabetes tipo 2 se relacionou somente com o IG e não com a quantidade de carboidratos total da dieta.

Em estudo prospectivo com mulheres acompanhadas por 10 anos observou-se associação entre carga glicêmica e risco de doenças cardiovasculares, mesmo quando ajustado a idade, ao tabagismo, ao total energético ingerido e outros fatores de risco para doenças cardiovasculares.

Tal associação foi mais evidente em mulheres com IMC acima de 23 kg/m² (LIU e col. 2000). Observa-se também uma relação negativa entre IG e a fração HDL do colesterol, ao qual valores baixos é atribuído risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (FROST e col. 1999).

Originalmente os efeitos glicêmicos dos alimentos ricos em carboidratos estavam, na sua maioria, relacionados ao Diabetes Mellitus. Posteriormente os efeitos fisiológicos advindos de dietas de baixo IG começaram a ser discutidos e verificados também para pacientes com outras desordens metabólicas como também em atletas e indivíduos saudáveis (BJÖRCK 1996).

Uma dieta de baixo IG imediatamente antes exercícios extenuantes, por um período prolongado de tempo, é recomendada para melhorar o rendimento do atleta durante o exercício, induzindo menor hiperglicemia. Dessa forma evita-se o aumento da resposta glicêmica, diminuem-se os níveis de lactato no plasma e mantêm-se bons os níveis de glicose e ácidos graxos durante o exercício (THOMAS e col. 1991). Por outro lado dietas ricas em carboidratos com alto IG promovem síntese de glicogênio mais rapidamente que dietas com baixo IG após o exercício (COYLE 1995). KIRWAN (2001) observou que uma refeição com moderado IG, 45 minutos antes do exercício, melhora o tempo de performance, mantendo regular a glicemia durante todo o exercício, quando comparada com uma refeição de alto IG.

Produtos de alto IG favorecem a formação de cáries. A alta disponibilidade do amido para ação da α -amilase salivar libera maltoses e dextrinas na cavidade oral que servirão de substrato para bactérias pertencentes à placa bacteriana (BJÖRCK 1996).

Em geral, a digestibilidade de dietas com baixo IG são menores em relação às dietas com alto IG. As primeiras favorecem o aumento da quantidade de carboidratos que alcançam o colón (FAO/WHO 1998). Desse modo contribuí-se com substratos para a fermentação colônica, que por sua vez promovem efeitos fisiológicos benéficos ao organismo, tais como aumento da flora bacteriana benéficas, produção de ácidos graxos de cadeia curta, mucosa intestinal saudável e inibição do crescimento de células neoplásicas (BJÖRK 1996, GOÑI-CAMBRODÓN e MARTÍN CARRÓN 2001).

Alguns fatores tem sido sugeridos para explicar os efeitos das fibras alimentares, principalmente solúveis, na glicemia pós prandial. Devido a alta viscosidade, esta fração de fibra alimentar contribui para a diminuição da velocidade de esvaziamento gástrico e diminuição da motilidade do conteúdo luminal. Pelo mesmo princípio reduzem a disponibilidade de substrato para as amilases digestivas, reduzindo a resposta glicêmica e insulinêmica pós prandial através da redução da velocidade de difusão de hidrólise (BJÖRCK 1996).

Sugere-se que alimentos de baixo IG aumentam a saciedade e diminuem a fome. A velocidade de absorção de glicose e a velocidade de esvaziamento gástrico são possíveis fatores relacionados. BRAND e col. (1994) encontraram uma relação inversa entre o IG e Índice insulinêmico (II) em relação ao pico de saciedade. Observou-se que os valores de IG e II foram inversamente relacionados com a secreção pós-prandial de colescistoquinina, hormônio cuja função, entre outras, é reduzir a velocidade de esvaziamento gástrico. LEATHWOOD e POLLET (1988) compararam duas espécies de tortas feitas com batata e feijões, e observaram que o retorno da fome foi mais

demorado quando consumida a torta de feijões. Todavia a FAO/WHO (1998) salienta que a variabilidade dos dados encontrados e a falta do claro entendimento do mecanismo envolvido na regulação da ingestão dos alimentos sugerem que a utilização de um único alimento no controle da saciedade durante as refeições não seja efetivo, e sim controlar a fome e o aumento da saciedade com mudanças no total da dieta.

1.5.1.2 Investigação da digestibilidade do amido *in vitro*

Reconhecendo a dificuldade de realização de ensaios de digestibilidade *in vivo*, uma vez que estes procedimentos são custosos, trabalhosos e invasivos, alguns autores se envolveram na investigação do comportamento do amido dos alimentos por análises *in vitro* (ROSIN e col. 2002, GÓNI e col. 1997, ENGLYST e col. 1992).

ENGLYST e HUDSON (1996) propuseram uma classificação nutricional do amido através de investigação *in vitro*, com enzimas e condições que mimetizam as condições fisiológicas de digestão do amido. A partir dessa digestão é estimado o provável comportamento glicêmico dos alimentos *in vivo*. Por esta classificação, o amido é categorizado por: amido rapidamente digerido (representado pelo amido digerido até os primeiros 20 minutos de digestão); amido lentamente digerido (representado pelo amido digerido entre 20 e 120 minutos de digestão); e amido resistente (considerado a diferença entre o amido total e a soma entre amido rapidamente digerido e lentamente digerido)

Da mesma forma, como alternativa para os ensaios em humanos, GOÑI e col. (1997) propuseram a avaliação da velocidade de digestão dos alimentos pela

observação da cinética de digestão do amido, realizada através de hidrólise controlada, similares as preconizadas por ENGLYST e HUDSON (1996). Estes autores propuseram o cálculo de um Índice de Hidrólise, baseado na área sob a curva observada relativa a um alimento padrão. GOÑI e col. (1997) assim como ROSIN e col. (2002) observaram, para os alimentos estudados, significativa correlação positiva entre o Índice Glicêmico (IG) e o Índice de Hidrólise (IH), assim calculados.

1.5.2 Amido resistente

Amido resistente é a soma do amido e produtos da degradação do amido não absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis (EURESTA 1992). Esta fração não proverá glicose para o organismo, mas irá fermentar no intestino delgado produzindo gases e ácidos graxos de cadeia curta. Por esta razão o amido resistente é comparado a fibra alimentar, e muitas vezes considerado como tal (CHAMP e FAISANT 1996).

Acredita-se que o amido resistente está envolvido em vários aspectos fisiológicos importantes como fermentação colônica, crescimento bacteriano, glicemia pós-prandial, aumento do bolo fecal e tempo de trânsito intestinal (GOÑI e col. 1996).

Tanto alimentos crus como processados apresentam amido resistente, sendo que a taxa amilose/amilopectina, forma física, grau de gelatinização, tratamentos térmicos, resfriamento e estocagem podem afetar seu conteúdo. A retrogradação da amilose ocorre mais rapidamente do que a da amilopectina devida à alta ramificação desta última e os polímeros de amilopectina

retrogradados serem menos fortemente ligados que os de amilose. Esta recristalização depende da formação de pontes de hidrogênio interligadas (ENGLYST e col. 1992).

Acredita-se que o teor de amido resistente possa influenciar o valor do IG, e por sua vez o metabolismo da glicose, já que somente a fração de amido digerível tem capacidade de promover aumento dos níveis plasmáticos de glicose. Outra hipótese levantada seria que a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) a partir da fermentação colônica possa melhorar a tolerância a glicose na próxima refeição ou a longo prazo (BJÖRCK 1996). Por outro lado TRUSWELL (1992) relata pouca correlação entre IG e amido resistente, exemplificando o caso de batatas, 'corn flakes' e bananas verdes, que apresentam alto teor de amido resistente, mas possuem altos índices glicêmicos (TRUSWELL 1992). Todavia, para alguns alimentos brasileiros, CARREIRA (2001) observou reduzida, porém positiva, correlação negativa entre IG e amido resistente.

Alguns países, empenharam-se na obtenção e compilação dos dados do conteúdo de amido resistente em alimentos e produtos ibero-americanos, visto sua importância nutricional (MENEZES e LAJOLO 2000).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar a digestibilidade do amido do amaranto da espécie *Amaranthus cruentus* L. com ensaios *in vitro* e em humanos.

2.2 Objetivos Específicos

Calcular o Índice de hidrólise (IH) do amido em ensaios *in vitro*.

Verificar o efeito da ingestão de amaranto extrusado sob a resposta glicêmica e insulinêmica plasmática no período pós-prandial em humanos.

Calcular o Índice Glicêmico (IG) para o sanck de amaranto.

Determinar as frações de amido resistente presente antes e após a extrusão termoplástica do grão de amaranto.

3 METODOLOGIA

3.1 Matéria- prima

Para a produção dos snacks foram utilizados grãos de amaranto da espécie *Amaranthus cruentus* L. variedade BR Alegria, fornecidos pela Embrapa Cerrados (Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados).

3.2 Extrusão termoplástica

Após moagem, a farinha foi desengordurada utilizando como solvente hexano. Este procedimento se faz necessário para proporcionar maior atrito entre o material, a ser extrusado, e o canhão do equipamento.

A farinha foi ajustada a 19% de umidade (em base seca) e acondicionada sob refrigeração (8°C) por 48 horas para adequada homogeneização da umidade.

Para a produção utilizou-se extrusora modelo RXPQ labor 24 (Inbramaq-Ind. de máquinas Ltda-Ribeirão Preto-SP), a partir de parâmetros de otimização propostos por CHÁVEZ-JÁUREGUI e ARÉAS (2000) com algumas modificações:

Temperaturas:

Zona 1 – 20 °C

Zona 2 – 20 °C

Zona 3 – 20 °C

Zona 4 – 40 °C

Zona 5 – 50 °C

Camisa: helicoidal de duas entradas

Rosca: passo normal de duas entradas

Taxa de compressão da rosca: 1:1

Rotâmetro: 8cc/min

Velocidade da rosca: 400 rpm

Velocidade da rosca dosadora: 13%/10 rpm

Velocidade de corte: 35%/820rpm

Matriz: 2 furos de 2 mm

Sub-matriz: 74 furos de 2 mm

Essa configuração proporcionou máximo atrito e compressão do produto, típicos para a produção de snacks e outros produtos expandidos.

Os snacks destinados ao teste de curva glicêmica foram aromatizados com 12 % de óleo de milho, 4 % de aroma sabor queijo (Aromax indústria e comércio Ltda-Pindamonhangaba-SP), 0,5% de sal, embalados e armazenados em lugar seco e arejado.

3.3 Análises de composição centesimal

As frações umidade, extrato etéreo e cinzas foram obtidas segundo as normas estabelecidas pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). A análise de proteína seguiu os procedimentos recomendados pela AOAC (1990). O amido total foi determinado segundo GOÑI e col. (1997). As frações de fibra alimentar solúvel e insolúvel foram analisadas com base na metodologia empregada por MONGEU e BRASSARD (1993). O amido resistente foi obtido segundo

metodologia de GOÑI e col. (1996), ressaltando que os valores de amido resistente não compõem a composição centesimal, uma vez que tal fração geralmente é determinada juntamente com a fração fibra alimentar.

3.4 Verificação da digestibilidade do amido do snack de amaranto *in vitro*

A verificação *in vitro* da cinética de digestão do amido propõe estimar a resposta glicêmica metabólica de um dado alimento por meio de hidrólise enzimática controlada. Para tanto ao longo da hidrólise, alíquotas de amostra são retiradas para mensuração da glicose liberada no período. O método utilizado foi baseado na metodologia empregada por GOÑI e col. 1997.

A técnica baseia-se na incubação da amostra com protease, para digestão da proteína presente, seguida de incubação com α -amilase. Durante esta segunda incubação alíquotas de amostra foram colhidas aos 0; 7,5; 15; 30; 60 e 90 minutos. Em cada etapa de coleta a ação enzimática foi interrompida através da agitação sob aquecimento a 100° C, por 5 minutos, e refrigeradas. Posteriormente a amostra foi incubada com amiloglicosidade. Para mensurar a glicose liberada utilizou-se método GOD/POD segundo BERGMEYER (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 de amaranto pela área sob a curva de hidrólise de um alimento de referência (pão branco).

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

3.5 Verificação da resposta glicêmica plasmática em humanos

Uma das estratégias propostas para a avaliação da velocidade de digestão do snack foi a aplicação da metodologia de obtenção do Índice Glicêmico (IG) (WOLOVER 1991). O IG é obtido através do cálculo da área sob a curva de resposta glicêmica de um determinado alimento, expressa como porcentagem da área após a ingestão da mesma quantidade de um alimento de referência.

$$IG = \frac{\text{Área sob a curva glicêmica do alimento estudado}}{\text{Área sob a curva glicêmica do alimento de referência}} \times 100$$

As áreas sob a curva glicêmica foram calculadas geometricamente, aplicando-se a regra trapezoidal, que considera apenas a área de incremento glicêmico acima do ponto de jejum, exemplificada na figura 1.

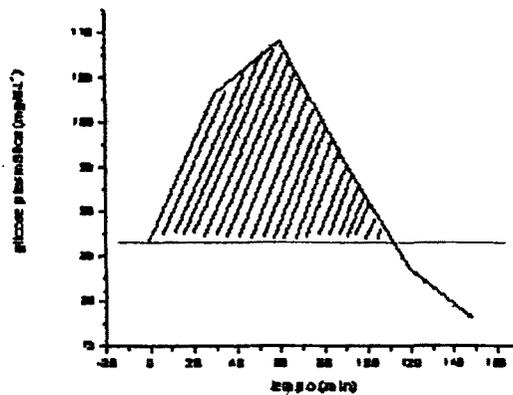


Figura 1 – Gráfico regra trapezoidal.

A obtenção das curvas glicêmicas foi realizada em dois momentos utilizando-se protocolos de coleta distintos.

Na primeira coleta foi observada variabilidade expressiva nos resultados (que será discutida adiante). Por esse motivo, considerou-se adequado a repetição do protocolo com algumas modificações. Ambos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Faculdade de Saúde Pública sendo os participantes esclarecidos das implicações do protocolo pelo Termo de Consentimento. (Anexo1)

Desse modo, deste ponto em diante, os protocolos serão referidos como 1º e 2º ensaio. Abaixo são descritos os respectivos protocolos, com justificativas para as modificações incluídas no 2º ensaio.

3.5.1 - 1º ensaio

Amostra

Esta etapa contou com a participação de 11 indivíduos, 3 homens e 8 mulheres, com idade média entre $28,5 \pm 9,7$ anos.

Produtos: referência e teste

Como produtos de referência foram utilizados solução de glicose e pão branco. Este último preparado no Laboratório de Técnica dietética da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, a partir de uma formulação convencional, sem adição de leite e ovos, de modo a reduzir o teor protéico. (Anexo 2)

O produto testado foi o Snack de amaranto.

Preparação, coleta e análise bioquímica

Nos três dias anteriores ao teste, os voluntários foram incentivados a consumir 150 g de carboidratos por dia (BORNET 1997). Para tanto foi fornecida uma tabela com quantidades de carboidratos expressas em medidas caseiras. (Anexo 3)

A coleta foi realizada pela manhã no Laboratório do Centro de Saúde Geraldo de Paula Souza, após jejum de 10 horas. Foi orientado a cada participante o consumo do respectivo produto em no máximo 15 minutos.

O exame foi conduzido com a coleta de 5 ml de sangue em jejum, seguido pelo consumo do produto correspondente, e posteriores punções nos tempos 30, 60, 90, 120 e 150 min.

A glicose foi determinada no plasma, pelos próprios técnicos do Centro de Saúde, através de kits enzimáticos baseados no método GOD/POD. (Celm – Cia Equipadora de Laboratórios Modernos-Barueri-SP)

Número e periodicidade das curvas glicêmicas

Cada voluntário realizou três curvas glicêmicas, glicose, pão e snack, que foram oferecidas de forma aleatória segundo sorteio prévio.

Como no Centro de saúde havia disponibilidade para a realização de apenas uma a duas curvas glicêmicas por dia, estas foram agendadas segundo conveniência do participante.

O período de coleta foi de novembro de 2001 a março de 2002.

Quantidade de carboidrato glicêmico

A quantidade de carboidratos glicêmico preconizada pela metodologia selecionada (WOLOVER 1991) são 50 g, porém as porções oferecidas neste estudo apresentaram 25 g. Tal quantidade é justificada no fato do snack de amaranto ser um produto expandido e pouco denso, assim a administração de 50 gramas de carboidrato glicêmico resultaria em uma porção de aproximadamente 90 g de snack. Tal quantidade representa volume muito grande para ser consumido ao se respeitar a capacidade gástrica dos participantes e o pequeno intervalo de tempo entre as coletas de sangue.

As porções de snack e pão, foram pesadas em balança digital, aceitando como erro de pesagem 0,2 gramas.

3.5.2 - 2º ensaio

Amostra

Nesta segunda etapa participaram 11 mulheres com idade média de $28,6 \pm 6,1$ anos e IMC médio de $21,24 \pm 1,55$ kg/m².

Produtos: referência e teste

Como produto de referência foi utilizado pão branco e como produto teste o snack de amaranto. (Anexo 5)

Preparação, coleta e análise bioquímica

Neste ensaio além da glicose foram encolhidos três pontos para a dosagem de insulina.

Nos três dias anteriores ao teste foi incentivado aos participantes o consumo de 150g de carboidratos por dia. Com o intuito de incentivar este consumo, além da tabela com quantidades de carboidratos em medidas caseiras, foram oferecidos, aos participantes, tickets refeição para o almoço no restaurante COSEAS, de qualquer unidade da Universidade de São Paulo, e para o lanche da tarde, na Lanchonete da Faculdade de Saúde Pública.

Partindo que o snack de amaranto é um produto com baixa umidade, optou-se por servir o pão branco na forma de torrada. Este artifício teve como

intuito proporcionar, dentro do possível, semelhante grau de mastigação e potencial de produção de saliva quando comparado com o snack.

A coleta foi realizada na sala dos alunos de pós-graduação da Faculdade de Saúde Pública, gentilmente cedida pelos mesmos, sendo a coleta realizada por um técnico de enfermagem contratado.

As coletas foram realizadas com a utilização de dispositivo intravenoso para coletas múltiplas. (Anexo 6) Após jejum de 10 horas foram colhidos 5 ml de sangue em jejum, seguido da administração dos produtos e das coletas aos 15, 30, 45, 60 e 120 min.

Como o primeiro intervalo de tempo para coleta de sangue foi aos 15 minutos estipulou-se como tempo máximo para consumo da amostra 10 minutos, sendo que para facilitar a ingestão foi oferecido 200 ml de água mineral.

Nos tempos 0, 30 e 45 min foi coletada uma alíquota adicional de sangue para a análise de insulina, realizada pelo Laboratório de Carboidratos da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Número e periodicidade das curvas glicêmicas

Neste ensaio cada participante realizou duas curvas glicêmicas para o pão branco e uma para o snack. Pois a metodologia de verificação do IG preconiza a realização de mais de uma curva para o produto de referência (WOLOVER 1991).

No protocolo anterior o período total de coleta foram 5 meses, com realização de em média uma curva glicêmica por dia. As datas de participação

no projeto foram marcadas conforme conveniência de cada participante, sendo que o intervalo de coleta para cada indivíduo variou de 7 a 60 dias.

No novo delineamento as curvas glicêmicas foram realizadas durante 3 semanas, onde o intervalo individual foi de 7 dias.

3.6 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 $p < 0,05$.

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal

A tabela 2 apresenta os valores da composição centesimal e do teor de amido resistente para o amaranto antes e após a extrusão termoplástica, expressos em porcentagem. A tabela apresenta os dados de composição centesimal para farinha integral e desengordurada, e para o snack não aromatizado e aromatizado.

Com relação ao amido resistente pode-se observar que a quantidade presente no grão de amaranto é pequena e não houve incremento deste conteúdo após processo de extrusão.

RABE e SIEVERT (1992) observaram com relação ao trigo que a extrusão termoplástica não foi eficiente na formação de amido resistente, mesmo com adição de lipídeos, que promoveu maior formação de complexos amilolípides. Através de outras formas de processamento foi observado incremento nos valores de amido resistente tais como produção de pão, massas (RABE e SIEVERT 1992) e congelamento a baixas temperaturas (ROSIN 2002).

LINTAS e CAPPELONI (1992) observaram em leguminosas que a extrusão termoplástica apresentou menor perda da fração de amido resistente (1 a 7%), quando comparada ao processo de cozimento úmido tradicional (3 a 15%).

Tabela 2 - Composição centesimal da farinha de *Amaranthus cruentus* L e snack em g%.

Análise	Farinha Integral		Farinha desengordurada		Snack não aromatizado		Snack aromatizado	
	BS	BI	BS	BI	BS	BI	BS	BI
Umidade	-	11,4 ± 0,26 2,25	-	11,8 ± 0,08 0,69	-	7,38 ± 0,17 2,26	-	6,16
Proteína	12,5 ± 0,30 2,45	11,1	13,8 ± 0,16 ^a 4,23	12,2	13,5 ± 0,08 ^a 0,60	12,6	11,2	10,5
Extrato etéreo	5,72 ± 0,36 6,33	5,07	0,79 ± 0,03 ^a 3,23	0,70	0,30 ± 0,03 ^b 11,75	0,27	13,0	12,2
Cinzas	3,05 ± 0,09 2,86	2,70	3,21 ± 0,07 ^a 2,19	2,83	3,03 ± 0,08 ^b 2,56	2,81	5,15	4,84
Amido total	62,8	55,7	66,1 ± 2,89 ^a 4,37	58,3	69,6 ± 2,01 ^a 2,88	64,5	59,5	55,8
Fibra total	10,8	9,60	11,4	10,1	10,6	9,8	8,7	8,2
<i>Fração solúvel</i>	4,97	4,40	5,23 ± 0,24 ^a 4,61	4,62	4,83 ± 0,12 ^a 2,48	4,48	3,98	3,74
<i>Fração insolúvel</i>	5,87	5,20	6,18 ± 0,34 ^a 5,44	5,45	5,79 ± 0,08 ^a 1,36	5,36	4,76	4,47
Amido resistente*	0,45	0,39	0,48 ± 0,02 ^a 4,65	0,43	0,54 ± 0,04 ^a 7,10	0,50	0,45	0,42

BS- base seca BI- base integral

As determinações estão expressos em média ± desvio padrão e coeficiente de variação, as quais não apresentam indicadores estatísticos foram ajustados de acordo com os devidos valores de umidade e lipídios.

*não faz parte da composição centesimal

Letras iguais indicam que não há diferença estatística na mesma linha.

Considera-se que a recristalização da fração amilose seja um dos principais fatores de formação de amido resistente após processamento. (RABE e SIEVERT 1992). A retrogradação da amilopectina ocorre mais lentamente quando comparada com a amilose, pois esta fração do amido é muito ramificada. Os polímeros de amilopectina quando retrogradados estão fracamente ligados em relação aos da amilose (ENGLYST e col. 1992).

Para a 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 %. HOOVER e col. (1998) observaram que do total de amilose 10,3-15,8 %, estão complexados a lipídeos.

Essa pequena quantidade de amilose do grão de amaranto justifica, em parte, a não formação de amido resistente pelo processo de extrusão. Além disso como o processo de extrusão é bastante enérgico, a retrogradação e a formação de amido resistente é minimizada.

Partindo do princípio que somente a fração digerível tem a capacidade de elevar a glicemia pós prandial (BJÖRK 1996) alguns autores correlacionam o conteúdo de amido resistente ao IG, uma vez que a fração de amido resistente presente naturalmente, ou formado pelo processamento dos alimentos, proporcionalmente limita a quantidade de carboidrato disponível para a digestão. TRUSWELL (1992) não considera esta relação uma regra, mostrando exemplos como a batata, banana verde e "corn flakes" que, mesmo sendo ricos em amido resistente apresentam alto IG. CARREIRA (2001) por sua vez encontrou positiva, porém reduzida correlação inversa entre a presença de amido resistente e IG para alguns alimentos brasileiros.

BAKER e RAYAS (1998) verificaram que os géis de amido do *Amaranthus hypocondriaccus* apresentaram melhor resistência a retrogradação a 25°C, 4°C e -20°C quando armazenados, ao serem comparados com milho, arroz e trigo. Os autores sugerem que esta propriedade possa ser utilizada com sucesso em produtos que requerem as temperaturas de armazenamento citadas.

Ao se considerar o produto final, ou seja, o snack aromatizado pronto para consumo, verifica-se que 100 g apresentam em torno de 400 kcal (considerando que para 1 g de fibra alimentar atribui-se 2,0 kcal (OKU 1996)), e uma porção de 30 g em torno de 120 kcal. Quanto à distribuição energética dos macronutrientes observa-se 61,9%, 27,5% e 10,5%, respectivamente, para carboidratos, lipídeos e proteínas, distribuição esta de acordo com a recomendação da NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (2002).

O snack: foi aromatizado com óleo de canola rico em ácidos graxos poliinsaturados, apresenta perfil balanceado de aminoácidos e contém quantidade significativa de fibra alimentar (8,21g) com destaque para a fibra solúvel (3,74 g). Ao considerar estas características, o snack de *Amaranthus cruentus* L. apresenta-se como um produto de excelente valor nutritivo.

Particularmente, o snack, é um produto consumido como um lanche, no intervalo das refeições, ou como aperitivo. O consumo de snacks apresenta aumento crescente entre a população brasileira, principalmente entre crianças e adolescentes. Todavia os snacks comerciais apresentam amplas desvantagens nutricionais quando comparados ao snack de amaranto, que apresenta perfil de aminoácidos, teor de fibra alimentar e perfil lipídico

superiores, além de valor calórico expressivamente inferior, podendo inclusive ser incluído em programas de reeducação alimentar para controle ou perda de peso.

4.2 Verificação da digestibilidade do amido do snack de amaranto *in vitro*.

A tabela 3 e a figura 2 expressam os dados obtidos na digestão do snack de amaranto frente ao pão branco *in vitro*.

Tabela 3 - Porcentagem de amido digerido ao longo do tempo para o pão branco e snack de amaranto.

Produto	% amido digerido						
	tempo (min)						
	0*	0,01	7,5	15	30	60	90
Pão branco	11,1 ^a	30,9 ^a	75,0 ^a	75,0	79,2 ^a	77,1 ^a	77,3 ^a
	±	±	±	±	±	±	±
	0,62	2,88	4,13	2,45	4,63	5,21	4,00
	5,58	9,34	5,51	3,18	5,85	5,85	5,17
Snack	81,6 ^b	80,3 ^b	79,9 ^a	79,5	80,4 ^a	79,1 ^a	80,4 ^a
	±	±	±	±	±	±	±
	6,12	6,43	6,77	8,87	8,27	5,03	5,48
	7,49	8,01	8,48	11,16	10,29	6,35	6,82

Os dados estão expressos em média ± desvio padrão e coeficiente de variação

* tempo 0 sem adição de α -amilase

Letras diferentes indicam diferença estatística entre as amostras na mesma coluna

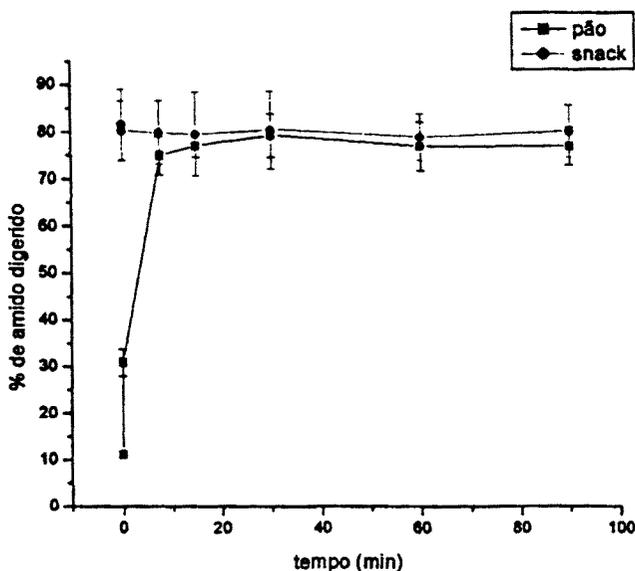


Figura. 2 - Gráfico da velocidade de digestão do amido em porcentagem.

O gráfico 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, ao contrário do pão branco.

Pelo método original (GOÑI e col. 1997) as coletas de amostras ao longo da digestão enzimática são realizadas de trinta em trinta minutos. Caso este trabalho seguisse o mesmo padrão de coleta, não seriam observadas quaisquer diferenças entre os produtos. Perfil semelhante seria observado ao coletar a segunda alíquota aos 15 minutos. Para tanto a segunda alíquota foi colhida aos 7,5 minutos.

Considerando que ao tempo 0 o snack de amaranto já apresentava sua digestão máxima, o tempo 0 foi dividido em duas alíquotas com e sem a

enzima α -amilase. Esse procedimento foi realizado a fim de investigar melhor o grau de processamento sofrido pelo snack de amaranto. Pôde-se observar que com relação ao pão, nos primeiros segundos de reação, o mesmo sofreu ação da α -amilase sendo digerido de 11,1% para 30,9 % (tabela 3). Todavia com relação ao snack o grau de digestão manteve-se no padrão máximo, 81,6 e 80,3%, respectivamente, para a amostra sem e com α -amilase, sugerindo que a extrusão foi altamente eficiente na gelatinização das moléculas de amido, facilitando a ação posterior de amiloglicosidase. O alto valor inicial de glicose observado poderia sugerir que a extrusão produziu extensiva hidrólise do amido. Entretanto, apesar de não ter sido efetuada uma determinação da glicose livre, o produto extrusado obtido é altamente estruturado, mostrando características típicas de produto amiláceo expandido, o que não ocorreria com a hidrólise, mesmo que parcial, do amido. A estrutura observada depende da rede tridimensional formada, para a qual o tamanho molecular é fundamental (ARÊAS 1996). Provavelmente a extrusão promoveu uma estruturação das moléculas de amido de resistência frágil, que, independentemente da ação prévia da α -amilase, foram facilmente hidrolisadas.

O método no qual foi baseada a digestibilidade do amido, empregado neste trabalho (GOÑI e col. 1997) teve como proposta avaliar a correlação entre a digestão dos alimentos *in vivo* e *in vitro*. Tal proposta é interessante uma vez que a verificação e obtenção de respostas glicêmicas (e quando necessário o IG) são trabalhosas, custosas, e muitas vezes invasivas aos indivíduos participantes. Traçando um paralelo entre o método *in vitro* e o IG

considerou-se digestão 0 para o tempo 0 da análise *in vitro* (figura 3), e pela regra trapezoidal foi calculado o Índice de Hidrólise (IH).

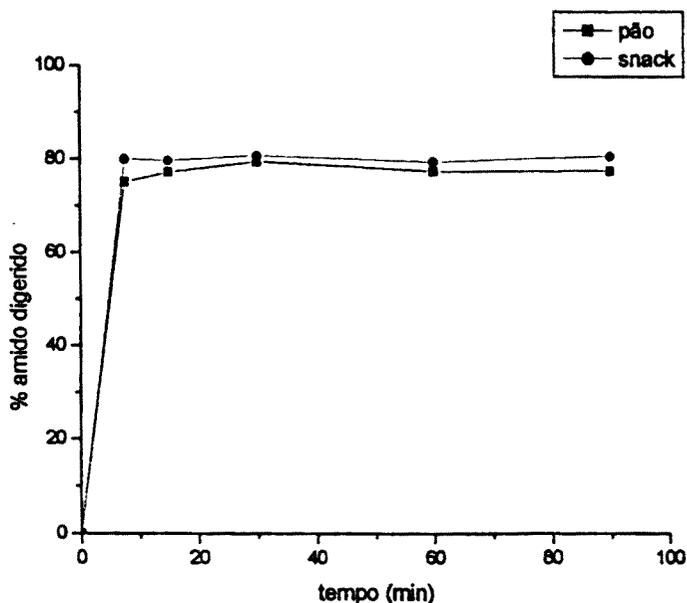


Figura 3 – Curva de hidrólise *in vitro* do snack de amaranto e do pão branco.

O IH foi calculado segundo a relação:

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

Tabela 4 – Área sob a curva de hidrólise e Índice de Hidrólise.

	Snack de amaranto	Pão branco
Área (% amido.min ⁻¹)	6882,8 ^a	6670,8 ^a
Desvio Padrão	567,6	335,5
Coefficiente de variação	8,24	5,02
Índice de Hidrólise	103	

Letras iguais indicam que não há diferença estatística na mesma linha

No ensaio *in vitro* a digestibilidade do snack de amaranto, quando utilizado o IH, mostrou-se próxima a do pão branco, não sendo observada diferença estatística entre as áreas dos dois produtos.

CARREIRA (2001) e GOÑI e col. (1997) encontraram forte correlação positiva entre IH e IG, 0,95 e 0,9 respectivamente, sugerindo que o método *in vitro*, para os alimentos estudados, teve utilidade para estimar os valores de IG, apesar do efeito mastigatório, variações inter e intra-pessoais, moagem e homogenização da amostra.

4.3 Verificação da digestibilidade do snack de amaranto em humanos

1º ensaio

O gráfico e a tabela abaixo apresentam as concentrações glicêmicas obtidas para a solução de glicose, pão branco e snack de amaranto, referentes ao 1º ensaio.

Tabela 5 – Glicemia plasmática da solução de glicose, pão branco e snack de amaranto.

Produto	Glicose plasmática (mmol/L)					
	Tempo (min)					
	jejum	30	60	90	120	150
Glicose	4,81 ± 0,50 ^a	5,73 ± 1,31 ^a	6,03 ± 2,34 ^a	5,30 ± 1,61 ^a	4,62 ± 0,91 ^a	4,31 ± 0,58 ^a
	10,4	22,9	38,8	30,4	19,7	13,5
Pão	4,91 ± 0,64 ^a	5,53 ± 1,07 ^a	5,35 ± 0,67 ^a	4,70 (0,77 a)	4,64 (0,65 a)	4,79 (0,53 a)
	13,0	19,3	12,5	16,4	14,0	11,1
Snack	4,94 ± 0,76 ^a	5,42 ± 0,83 ^a	5,11 ± 1,13 ^a	4,58 ± 0,80 ^a	4,69 ± 0,66 ^a	4,58 ± 0,47 ^a
	15,4	15,3	22,1	17,5	14,1	10,3

Os valores estão expressos em média ± desvio padrão e coeficiente de variação.
Letras iguais indicam que não há diferença estatística na mesma coluna.

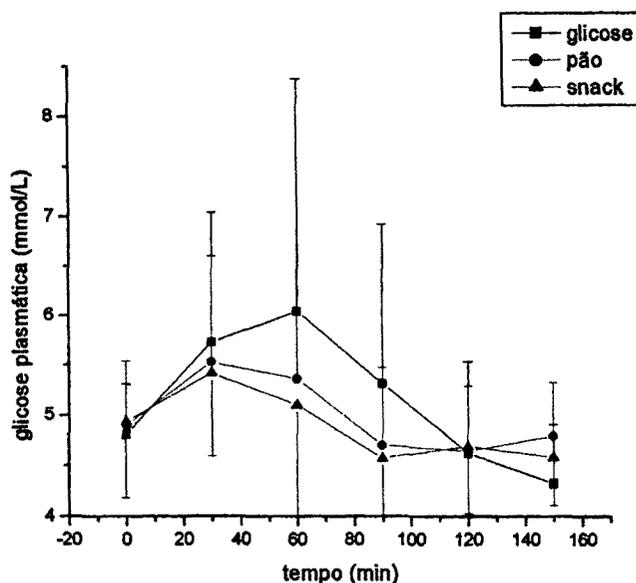


Figura 4 – Gráfico da média do incremento glicêmico da solução de glicose, pão branco e snack com respectivo desvio padrão.

Não foi verificada diferença estatística entre as curvas de solução de glicose, pão branco e snack de amaranto, apesar do perfil da curva de solução de glicose ser consideravelmente diferente dos demais.

Para o cálculo do Índice Glicêmico (IG) é necessária a obtenção da área sob a curva glicêmica, para que seja possível calcular a relação entre o produto teste (snack) e referência (pão branco e glicose). Abaixo são apresentados os valores das médias das áreas glicêmicas para este 1º ensaio.

Tabela 6 – Média das áreas glicêmicas para a solução de glicose, pão branco e snack para o 1º ensaio.

Área Glicêmica (mmol.min/L)			
	Glicose	Pão branco	Snack
Média	97,9 ^a	48,9 ^a	48,9 ^a
Desvio padrão	91,5	54,1	43,2
Coefficiente de variação	93,5	110,6	88,3

Letras iguais indicam que não há diferença estatística na mesma linha.

A principal problemática observada neste ensaio foi o pequeno, ou nulo, incremento da glicemia, impossibilitando o cálculo do Índice Glicêmico. Tal dificuldade pode ser observada através dos dados da tabela 6, onde se observa grande variabilidade das áreas glicêmicas para os três produtos. A seguir são apresentados alguns exemplos dos gráficos obtidos:

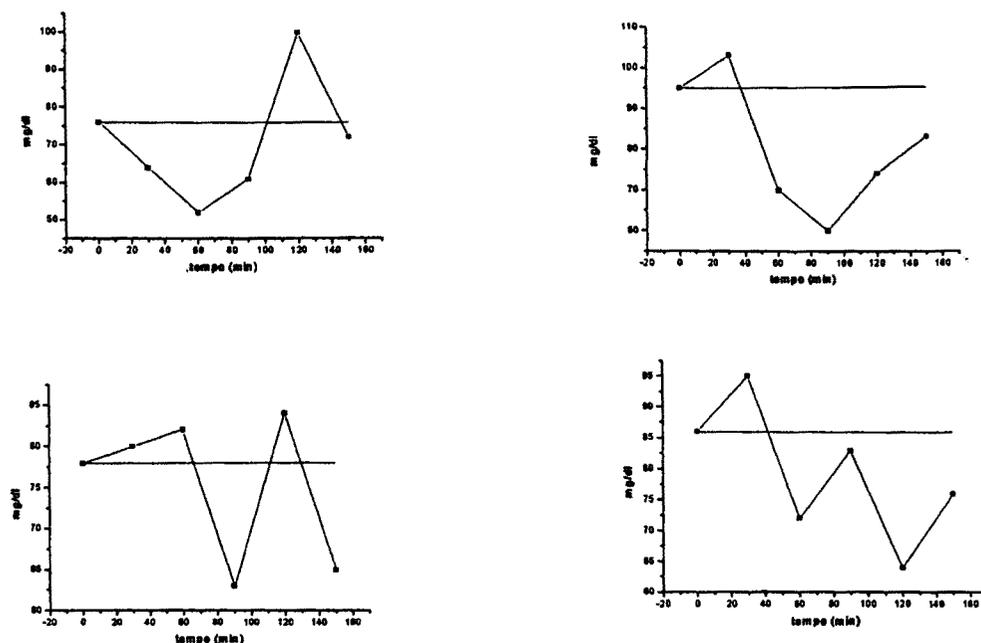


Figura 5 - Exemplos de gráficos com baixo ou nenhum incremento glicêmico (1º ensaio)

Algumas hipóteses foram levantadas para tentar justificar tais perfis. Em primeiro lugar considerou-se a utilização de carga glicêmica inferior a recomendada uma vez que as amostras apresentam 25g de carboidrato glicêmico frente a 50g. Porém o principal fator levantado foi o número de punções para cada indivíduo, uma vez que no Centro de Saúde a técnica empregada para obtenção da curva glicêmica implica em uma punção para cada ponto da curva. Esse tipo de intervenção pode ter provocando um stress emocional que possivelmente influenciou significativamente a glicemia observada.

Em vista da dificuldade de análise dos resultados, optou-se pela reprodução do ensaio com algumas modificações no protocolo, sendo a amostra de voluntários padronizada para o sexo feminino respeitando intervalo de idade e Índice de Massa corporal (IMC) a coleta foi efetuada com dispositivo intravenoso para coletas múltiplas (scalp); o período entre as coletas foi diminuído; como produto de referência foi adotado apenas o pão branco; foram oferecidas refeições para padronizar o consumo entre os voluntários e acrescentou-se ao protocolo a análise de insulina.

2º ensaio

Abaixo são apresentados a tabela e o gráfico referentes às concentrações glicêmicas obtidas para pão branco e snack de amaranço, referentes ao 2º ensaio.

Tabela 7 - Glicemia plasmática do pão branco e snack de amaranço.

Produto	Concentração plasmática de glicose (mmol/L)							Área sob as curvas glicêmicas (mmol.min/L)
	tempo (min)							
	0	15	30	45	60	90	120	
Pão branco ¹	4,53 ^a	4,68 ^a	5,64 ^a	5,44 ^a	4,80 ^a	4,54 ^a	4,65 ^a	53,1 ^a
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,38	0,45	0,48	0,46	0,43	0,46	0,56	16,0
Snack	8,38	9,62	8,51	8,45	8,96	10,1	12,0	30,1
	4,49 ^a	4,93 ^a	6,02 ^a	5,51 ^a	4,88 ^a	4,13 ^a	4,40 ^a	50,4 ^a
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,30	0,38	0,58	0,66	0,57	0,70	0,49	18,0
	6,68	7,70	9,63	12,0	11,7	16,9	11,14	35,7

Os dados estão expresso em média ± desvio padrão e coeficiente de variação.

¹ Foram considerados para no cálculo o valor médio de 2 curvas glicêmicas realizadas pelo mesmo indivíduo.

Letras iguais indicam que não há diferença estatística na mesma coluna.

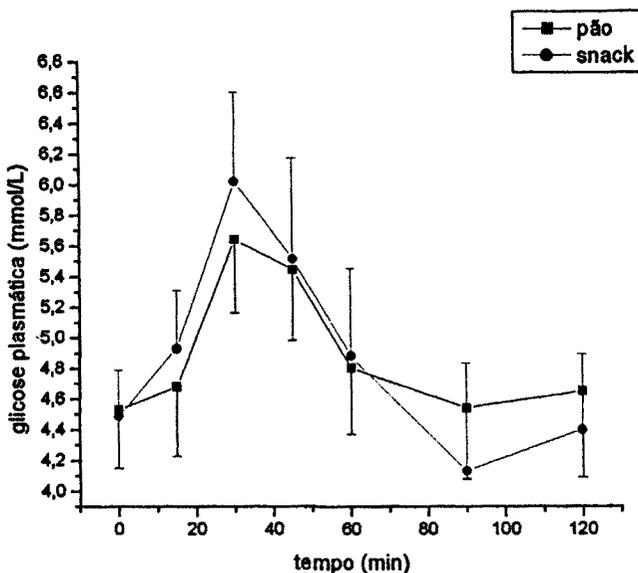


Figura 6 – Gráfico da média do incremento glicêmico do pão branco e snack com respectivo desvio padrão.

Não foi observada diferença estatística significativa entre as curvas de pão branco e snack de amaranto.

O pico glicêmico do snack e do pão branco ocorreram aos 30 minutos da curva.

Diferentemente do 1º ensaio, seguindo este novo protocolo, as áreas glicêmicas puderam ser calculadas permitindo o cálculo do IG para o snack de amaranto.

Tabela 8 – Índice Glicêmico do snack de amaranto

Snack de amaranto	
IG	107
Desvio Padrão	15,1
Coefficiente de variação	14,2

Ao se calcular o IG, a variação entre os dados diminui sensivelmente, uma vez que neste cálculo é respeitada a variação intra-individual, ou seja, a relação entre produto teste e produto de referência é calculada com as áreas glicêmicas de um mesmo indivíduo. Ilustrativamente podemos citar um voluntário que apresenta área sob a curva glicêmica para pão branco e snack de 44,4 e 45,4 mmol/L respectivamente e outro que apresenta 65,1 e 75,1 mmol/L. Ao se aplicar a fórmula do IG são observados valores semelhantes, apesar das áreas tão diferentes entre si. Portanto no cálculo do IG a variação dos dados foi menor, sendo o IG do snack 7% maior em relação ao pão.

Quando se avalia a resposta glicêmica frente ao pão branco, a partir do IG, nota-se que o snack apresenta comportamento semelhante ao do pão, indicando que é um produto que sendo rapidamente digerido promove rápido incremento glicêmico pós-prandial. No entanto, apesar de não ser observada diferença estatística entre as curvas médias de pão branco e snack de amaranto (figura 6) podem ser observadas singularidades nos perfis, onde a velocidade de incremento e queda da curva glicêmica do snack é levemente mais acentuada. Este perfil de comportamento da curva glicêmica do snack corresponde aos dados obtidos *in vitro* onde o snack de amaranto apresentou rápida digestão independente da ação da α -amilase.

A tabela abaixo apresenta os dados obtidos para a curva de insulina:

Tabela 9 - Insulina plasmática e área sob a curva insulinêmica do pão branco e snack de amaranto.

Produtos	Concentração plasmática de insulina (pmol/L)			Área sob a curva insulinêmica (pmol.min/L)
	Tempo (min)			
	0	30	45	
Pão ¹	63,8 ± 16,9 ^a	229,9 ± 74,2 ^a	217,4 ± 47,5 ^a	5299,3 ± 1742,4 ^a
	26,45	32,3	21,8	32,9
Snack	52,4 ± 13,3 ^a	441,4 ± 156,7 ^b	302,0 ± 128,6 ^b	9611,1 ± 3607,6 ^b
	25,3	35,5	42,6	37,5

Os dados estão expressos em média ± desvio padrão e coeficiente de variação.

¹ Foram considerados para no cálculo o valor médio de 2 curvas insulinêmicas realizadas pelo mesmo indivíduo.

² Baseado nos valores das áreas sob a curva insulinêmica de 3 pontos, 0, 30 e 45 min.

Letras diferentes indicam diferença estatística na mesma coluna

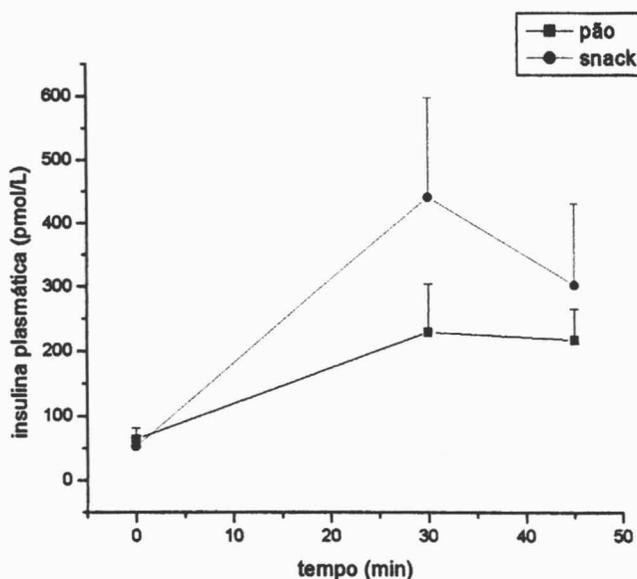


Figura 7 – Curva insulinêmica média para pão branco e snack de amaranto com respectivo desvio padrão.

O pico de insulina acompanhou o glicêmico aos 30 minutos da curva. Foi observada diferença significativa (ANOVA $p < 0,05$) entre a área da curva insulinêmica do amaranto e a do pão. Isso indica a maior capacidade do

amaranto de estimular a produção de insulina em relação ao pão branco e pode explicar a maior velocidade de incremento e de queda dos níveis de glicose observado na figura 6.

A variabilidade encontrada para os valores de insulina é a esperada e pode ser justificada pela variabilidade analítica e biológica da insulina plasmática, que são maiores quando comparadas com a da glicose. Entre os principais fatores relacionados a variação estatística encontrada estão o tempo de permanência da insulina na corrente sanguínea, em torno de 7 minutos, e o pequeno número de participantes. Outro fator foi a utilização de apenas 3 pontos da curva, impossibilitando a verificação do tempo e perfil de declínio da curva insulinêmica em maior detalhe.

Os alimentos de alto IG, através da rápida digestibilidade e absorção, promovem hiperglicemia acompanhada de hiperinsulinemia que provoca rápida queda dos valores glicêmicos abaixo de níveis basais. Dentre os reflexos desse perfil metabólico está a baixa saciedade, seguida de alto consumo na refeição posterior. Por outro lado alimentos com baixo IG promoveriam sensação de saciedade e plenitude gástrica (BRAND-MILLER 2002, BJÖRCK 1996), sendo esta característica sustentada por diferentes trabalhos (LUDWIG 2000). Esta condição de maior saciedade observada em produtos de baixo IG é reflexo da baixa velocidade de digestão e absorção, permitindo que receptores gastrointestinais sejam estimulados por período maior de tempo, prolongado o feedback dos hormônios colescistoquinina e glucagon, traduzido pelo centro de saciedade cerebral como plenitude gástrica (LAVIN 1998).

Sugere-se que esta hipótese de mecanismo de saciedade está envolvida no controle de peso. Um dos fatores relacionados é o fato de dietas de alto IG promoverem baixa saciedade e efeito compensatório na próxima refeição com aumento do consumo além das reais necessidades energéticas. A hiperglicemia e hiperinsulinemia são acompanhadas da expressão de enzimas envolvidas na síntese lipídica, e supressão das enzimas envolvidas com a oxidação lipídica. Baseado nesta hipótese sugere-se que a longo prazo há favorecimento da expansão dos estoques lipídicos (BRAND-MILLER 2002).

Sob jejum as concentrações de ácidos graxos livres estão elevadas, indicando que o tecido adiposo está sendo mobilizado como combustível muscular. Em indivíduos normais após as refeições a resposta insulinêmica retira estes ácidos graxos da circulação. No entanto quando há rápida digestão seguida de hiperglicemia e hiperinsulinemia as concentrações de glicose caem rapidamente seguido do retorno dos ácidos graxos livres à circulação. Destaca-se que elevadas concentrações de ácidos graxos livres estão associadas com Diabetes Mellitus tipo 2 e resistência a insulina (JENKINS e col. 2002, WOLOVER 2000).

Segundo ROBERTS (2000) saciação é definida como a sensação de plenitude gástrica que se desenvolve durante a progressão de uma refeição e contribui para o seu término, enquanto saciedade é definida como a sensação de plenitude entre uma refeição e a próxima. Partindo deste princípio podemos considerar o snack de amaranto como um produto que promove rápida saciação. Provavelmente por ser um produto expandido seu consumo é gradual. No próprio ensaio a quantidade de snack oferecida (45 g) foi

consumida em 10 minutos, porém caso fosse permitido aos participantes comer sem um tempo pré-determinado, o tempo de duração do consumo seria maior, visto que o pesquisador precisou apressar os voluntários para que os 10 minutos não fossem ultrapassados.

JENKINS e col.(2002) observaram que quando 50 g de solução de glicose foram oferecidos gradualmente por um período de 180 min houve dramática redução da área glicêmica e insulinêmica, quando comparada com a solução de glicose que foi oferecida em 5 min. (figura 8)

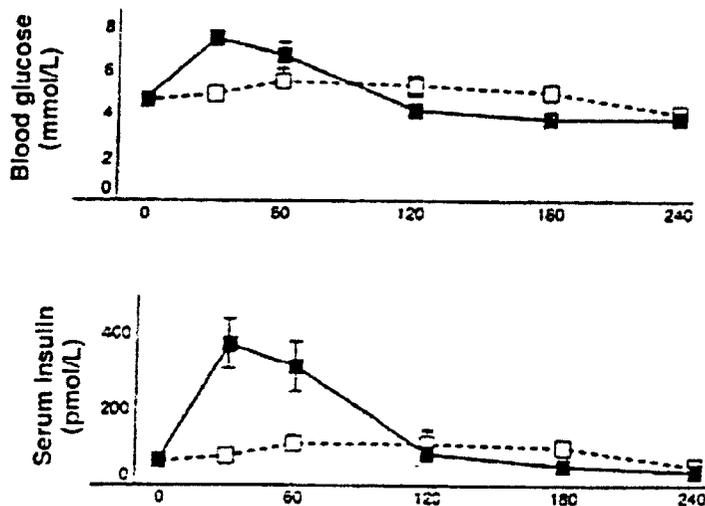


Figura 8 . Resposta glicêmica e insulinêmica para solução de glicose oferecida em 180 min (□) e 5 min (■) durante 240 min. (retirado de JENKINS e col. 2002)

Sugere-se o aumento da freqüência alimentar para melhorar o perfil da resposta glicêmica e insulinêmica (JENKINS e col. 2002). Com base no que foi comentado no parágrafo anterior e no fracionamento das refeições questiona-

se se o comportamento glicêmico e insulinêmico do snack de amaranto seria diferente caso o tempo de ingestão do produto não fosse controlado.

Com relação à saciedade, e considerando o tempo de consumo de 10 minutos preconizado no estudo, a tendência de acentuada queda nas concentrações da curva de resposta insulinêmica e glicêmica indicam que o snack de amaranto pode promover baixa saciedade, todavia não foi investigado se há rápido retorno da sensação de fome na próxima refeição após o seu consumo.

Segundo BRAND MILLER (2002) e WOLOVER (2000) outro ponto de destaque relacionado ao quadro de hiperinsulinemia e hiperglicemia pós-prandiais promovidos por produtos de alto IG seria a contribuição, em indivíduos com resistência a insulina, para a exaustão das células β pancreática, e o desenvolvimento do Diabetes tipo 2. A exata razão que leva a instalação do Diabetes tipo 2 não está perfeitamente estabelecida, mas acredita-se que o excesso de secreção de insulina pode eventualmente reduzir a função das células β levando ao aumento dos níveis de glicose e futuro prejuízo da sensibilidade à insulina e células β .

Considerando a relação entre IG e Índice Insulinêmico (II), BJÖRCK (2000) e BORNET e col. (1994) encontraram correlações positivas, $r=0,88$ e $r=0,90$ entre os valores de IG e II, respectivamente, quando utilizada a mesma quantidade de carboidratos. Estes autores defendem que a utilização de II na prática clínica não é necessária uma vez que o IG reflete a resposta insulinêmica. WOLOVER e cols (1998) avaliando as respostas glicêmicas e insulinêmicas de diferentes grupos (saudáveis, intolerantes à glicose e

diabéticos) observaram que com a aplicação do IG não é observada variação entre os grupos, todavia o mesmo não aconteceu com o II onde foi observado variabilidade entre os grupos.

Quando o 1º e 2º ensaios são comparados, verifica-se que apesar de no primeiro não ter sido possível o cálculo do Índice Glicêmico, em ambos não foi observada diferença estatística entre as curvas do pão branco e do snack de amaranto.

O quadro abaixo mostra a relação entre as médias das áreas sob as curvas glicêmicas para o 1º e 2º ensaio.

Quadro 2 – Relação entre as áreas sob as curvas glicêmicas entre solução de glicose, pão branco e snack (1º ensaio) e entre pão branco e snack (2º ensaio).

	pão/glicose	Snack/glicose	Snack/pão
1º ensaio	0,5	0,5	1,00
2º ensaio	-	-	0,95

Ao observar o quadro 2 verifica-se que em ambos a relação entre a média das áreas entre snack de amaranto e pão branco foram próximas a 1,00 indicando que a digestibilidade do snack é semelhante a do pão branco.

BRAND-MILLER e col. (1985) avaliando milho, arroz e batata sobre processamento térmico caseiro (tradicional) e processamento industrial (produtos industrializados para preparo instantâneo), observaram maior digestibilidade do amido dos produtos processados industrialmente, quando aplicadas análises *in vivo* e *in vitro*.

A susceptibilidade dos grânulos de amido ao ataque enzimático é variável, em parte pela diferente morfologia e organização cristalina dos grânulos de amido. Pela fotossíntese as plantas sintetizam e armazenam os carboidratos de forma condensada em grânulos de amido, sendo que as características dos grânulos variam de acordo com as necessidades e atividade enzimática de cada variedade de planta. A organização cristalina é geralmente do tipo A para os cereais, do tipo B para os tubérculos, e do tipo C para as leguminosas, sempre com algumas exceções. Observa-se que os tipos B e C são em geral mais resistentes a ação da α -amilase quando comparado ao tipo A. Todavia com o cozimento há desorganização do grânulo de amido resultando em novos padrões de organização (GALLANT e col. 1992).

O amido constitui-se essencialmente de amilose e amilopectina, onde a amilose é um polímero linear composto de unidades de glicose unidas por ligações α -1,4, e a amilopectina é um polímero ramificado com várias cadeias lineares de ligações α -1,4 unidas por ligações α -1,6 (GALLANT e col. 1992).

A relação amilose/amilopectina nos alimentos é bastante variável, podendo se apresentar diferente conforme produção e entre a mesma espécie. Atualmente técnicas de engenharia genética são capazes de produzir amidos com diferentes quantidades de amilose e amilopectina conforme a finalidade desejada (FAO/WHO 1998).

Existe uma relação inversa entre a quantidade de amilose e a força de resposta glicêmica, esta característica é embasada na tendência da amilose formar géis resistentes, propriedades de retrogradação após processamento e formação de complexos amilo-lipídes. Exemplo desta relação são as

leguminosas cujo amido é rico em amilose, esta característica atua como fator coadjuvante para o comportamento de baixa velocidade de digestão e absorção apresentado pelas leguminosas (BORNET 1997).

HUAIXIANG e CORKE 1999, analisando diversos cultivares de amaranto produzidos na China, observaram ampla variação entre as propriedades testadas, entre as diferentes espécies e genótipos da mesma espécie. Todavia em geral a quantidade de amilose apresentou-se baixa, sendo documentado para a variedade *Amaranthus cruentus* 4,2 %. O fato do grão de amaranto e, conseqüentemente, o snack apresentarem baixo conteúdo de amilose também contribue para os altos valores de IG e Índice de Hidrólise (IH) observados.

O processo de quebra e fragmentação de grãos, que podem ocorrer em diferentes granulometrias, aumenta a superfície de contato entre os grânulos de amido e as enzimas hidrolíticas, ao mesmo tempo que desestrutura as paredes celulares eliminando barreiras físicas ao acesso enzimático (COLONNA e col. 1992).

A produção de snacks através da extrusão termoplástica é baseada na gelatinização do amido e desnaturação de proteínas com posterior reorganização celular (BARROS e col. 1987). Ao longo do processamento as condições enérgicas dentro do equipamento promovem a dissociação e desenovelamento dos biopolímeros, expondo sítios de interação que permitem a formação de uma rede supramolecular ao produto final (ARÉAS 1996). O grão de amaranto sofreu moagem, desengorduramento e posterior gelatinização pelo processo de extrusão, o que possibilitou grande reorganização celular. Considera-se esta nova organização das matrizes

moleculares do amaranto a principal responsável pelas altas respostas glicêmica, insulinêmica e *in vitro* observadas, uma vez que disponibilizou o amido (BORNET 1997, BJÖRCK 1994, TRUSWELL 1992).

Outras características do grão de amaranto que podem ter influenciado na alta digestibilidade são: o pequeno tamanho do grânulo de amido, cujo diâmetro apresenta entre 1 a 3 μm ; apresentar baixa temperatura de gelatinização.(BREENE 1991); e ter a sacarose como açúcar preponderante, ocorrendo duas vezes mais do que no milho e arroz por exemplo (SAUNDERS e BECKER 1984).

A presença de outras substâncias tais como proteína, lipídios, fibra alimentar e fatores antinutricionais estão, em menor ou maior grau, envolvidas com a velocidade de digestão e absorção dos alimentos ao longo do trato gastrointestinal.

A proteína influencia na resposta glicêmica de alguns alimentos, uma vez que pode representar barreira física, conforme organização estrutural na célula. (BORNET e col. 1997) Tal como é o caso do espaguete, onde pelo processamento o amido é encapsulado em uma rede de glutén que impede o acesso enzimático (COLONNA e col. 1992, BORNET e col. 1990).

Os lipídeos estariam envolvidos no retardo do esvaziamento gástrico (BORNET e col.1997) apesar de alguns autores não observarem diferença na quantidade de lipídeos e resposta glicêmica (WOLOVER e col 1996).

Fatores antinutricionais tais como fitatos e taninos são reconhecidos como inibidores de α -amilase, atuando como retardadores da digestão (BJÖRCK 1996). Todavia esta influencia parece ser pequena quando

comparada com a presença de outros nutrientes tais como lipídeos, proteína e fibras alimentares (BORNET e col. 1997).

Atribuí-se a presença de fibras alimentares o retardamento da digestão e absorção, contribuindo desta forma para o controle glicêmico. Dentre as características da fibra alimentar responsáveis por estes efeitos destacam-se a atuação da fração solúvel que pela sua propriedade viscosa age na formação de uma camada intermediária entre o lúmen intestinal e as enzimas da borda em escova, limitando a absorção. Outro mecanismo seria o de aumentar a viscosidade e volume do bolo alimentar retardando o esvaziamento gástrico e conseqüentemente a digestão (FAO/WHO 1998, BORNET e col. 1997).

Sugere-se que apenas a presença de fibra alimentar não esteja relacionada com a melhora do controle glicêmico, mas sim a presença de fibra como componente estrutural do tecido vegetal, uma vez que pode representar barreira mecânica contra o ataque de α -amilase (BJÖRCK 1996, WOLOVER 1990). O snack de amaranto foi produzido com grãos processados por moagem a qual se atribui a quebra das paredes celulares originais da planta (BORNET e col. 1997). Posteriormente esta farinha foi submetida a extrusão termoplástica que possui a propriedade de solubilizar as fibras alimentares (FAO/WHO 1998, MITCHELL e ARÊAS 1992). Considerando que as fibras alimentares retardam a velocidade de absorção e digestão dos alimentos somente quando apresentam suas estruturas originais conservadas, explica-se em parte o fato do snack de amaranto possuir significativa quantidade de fibra alimentar e alta digestibilidade.

O quadro abaixo apresenta valores de IG para alguns produtos a base de cereais, que passaram por processamentos semelhantes ao do snack de amaranto; gelatinização sob baixa umidade e altas temperaturas e pressão.

Quadro 3- Valores de IG para alguns produtos com processamento semelhante ao do snack.

Produto	IG
Corn Flakes	116
Flocos de arroz	124
Snack de amaranto	107

Fonte: Foster-Powell e col. 2002

Considerando o quadro acima pode-se observar uma diferença de 13% e 11% respectivamente para o 'corn flaks' e flocos de arroz em relação ao IG encontrado para o snack de amaranto. Uma das diferenças entre o snack de amaranto em relação a estes produtos é o veículo de aroma do snack ser lipídico. A composição centesimal do snack é de 12,2 % de lipídeos. Aos lipídeos é atribuída a propriedade de retardar o esvaziamento gástrico (BORNET e col. 1997). Sugere-se que a fração lipídica do snack possa ter influenciado na diferença observada entre os IG do 'corn flaks' e flocos de arroz quando comparados ao do snack de amaranto, que passaram por processamento semelhante.

CHATHURVEDI e col. (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 proporção de 50:50, 25/75 amaranto/trigo, e amaranto estourado

com leite não adoçado respectivamente. Estes resultados mostram maior IG para a preparação de *Chapati* com maior proporção de amaranto. Sendo observado altíssimo IG para o amaranto estourado. No presente trabalho foi verificado o aproveitamento do amido do grão de amaranto processado pela moagem e extrusão, observando rápido incremento glicêmico pós prandial e rápida digestibilidade *in vitro*, tal qual observado por CHATURVEDI e col. (1997). Ambos os trabalhos empregaram técnicas de preparo que envolvem alta gelatinização do conteúdo amiláceo do amaranto. Não se sabe, porém, se processamentos que preservem 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.

MENEZES e LAJOLO (1995) em estudo do aproveitamento do amido do feijão observaram que a integridade da parede celular pode atuar como barreira física, dificultando o intumescimento e completa gelatinização dos grânulos de amido.

O grão de amaranto tem sido recomendado como opção para pacientes celíacos em substituição ao trigo, cevada e centeio, uma vez que não foi constatada reação alérgica (KASARDA 1994). Considera-se a existência de íntima correlação entre a fisiopatologia do Diabetes Mellitus e Doença celíaca, já que a prevalência de celíacos com Diabetes tipo 1 e vice-versa é bastante significativa. Estudos epidemiológicos sugerem que rápido incremento glicêmico age como fator de risco para o desenvolvimento do Diabetes tipo 2 (SALMERON e col. 1997a, 1997b), uma vez que promovem hiperinsulinemia,

que pode estar relacionada à resistência a insulina e exaustão das células β pancreáticas.

Todavia não é necessário ou desejável evitar os alimentos rapidamente digeridos da dieta. Alguns alimentos podem ser boas escolhas em algumas situações e não em outras e vice-versa (FAO/WHO 1998). Desse modo o IG não pode ser considerado isoladamente na avaliação e escolhas dietéticas, pois outros fatores nutricionais devem ser considerados. Exemplos de alimentos de alto IG, porém com rico valor nutricional são a cenoura, a banana e a aveia. Não raramente os produtos de alto IG representam a base da alimentação de muitas culturas. Considerando o hábito alimentar brasileiro podemos citar, mandioca e farinha de trigo amplamente utilizados em diferentes preparações. Do mesmo modo alguns alimentos com baixo IG não devem ser consumidos em grandes quantidades, tais como chocolates e sorvetes, devido ao alto teor de lipídeos.

São inúmeras as constatações levantadas a respeito das vantagens metabólicas e benefícios para o controle e prevenção de doenças crônicas associadas a uma resposta glicêmica gradual. Porém objetivando este perfil de comportamento glicêmico sugere-se o planejamento da dieta como um todo e não a escolha dos alimentos isoladamente. Desse modo os alimentos que promovem alta resposta glicêmica não precisam ser retirados da dieta mas consumidos dentro de um planejamento onde no cômputo geral as refeições proporcionem baixa e gradual resposta glicêmica.

O snack de amaranto é um produto de alto valor nutritivo visto sua distribuição equilibrada de nutrientes (CHÁVEZ-JÁUREGUI e ARÊAS 2000,

FERREIRA 1999) aprovação sensorial (CHÁVEZ-JÁUREGUI e ARÊAS 2000), propriedades funcionais com relação ao controle da hipercolesterolemia, (PLATE e ARÊAS 2002, GRAJETA 1999, QURESHI 1996, CHATURVEDI 1993) e não ser alérgico para a população celíaca (KASARDA 2000, 1994, MATUZ e col. 2000b).

Uma vez que neste estudo foi constatado que o snack proporciona altas respostas glicêmica e insulinêmica pós prandiais, recomenda-se que seu consumo por pacientes celíacos e diabéticos, como o consumo dos demais alimentos de alto IG, seja precedido de planejamento da dieta para propiciar, no cômputo geral, baixo IG e adequada resposta glicêmica.

5 CONCLUSÕES

O snack de *Amaranthus cruentus* L. apresentou alta digestibilidade a partir de ensaios *in vitro* e *in vivo*.

Pela digestão do snack *in vitro* foi observada ampla digestão aos primeiros momentos de reação, independente da ação da α -amilase. Foi observado Índice de Hidrólise de 103.

A resposta glicêmica do snack de amaranto, assemelhou-se à resposta do produto de referência, pão branco. O Índice Glicêmico do snack foi de 107.

A resposta insulinêmica do snack de amaranto foi maior do que a observada para o pão branco.

Considerando que o snack de amaranto apresentou alta digestibilidade, sugere-se que seu consumo seja precedido do planejamento da dieta, a fim de proporcionar no cômputo geral baixa resposta glicêmica e insulinêmica pós-prandiais.

6 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreelli F, Plotton I, Riou JP, Thivolet C. Diabetic instability and celiac disease. A frequent association to keep in mind. **Diabetes Care** 1998; 21: 2192-3.
- Araújo, RSRM. Utilização de snack com elevado conteúdo de ferro em pré-escolares para controle da anemia ferropriva.2000 [Tese de Doutorado-Faculdade de Ciências Farmacêuticas –Universidade de São Paulo]
- Arêas JAG. Uso de matérias-primas não convencionais na composição de Dietas especiais. **Cadernos de Nutrição** 1983; 6:11-15.
- Arêas JAG. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Bol. SBCTA** 1996; 30: 28-29.
- Arêas JAG, Lajolo FM. Starch transformation during banana ripening: I – The phosphorylase and phosphatase behavior in *musa acuminata*. **J Food Biochem** 1981 5 (1): 19-37.
- Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of Analisis**. 13^a ed. Washington: AOAC; 1990. p. 858.
- Aubrecht E, Horacsek M, Gelencser E, Dworschak E. Investigation of prolamin content of cereals and different plant seeds. **Acta Alim** 1998; 27 (2): 119 25.
- Baker LA, Rayas-Duarte P. Retrogradation of Amaranth starch at different storage temperatures and the effects of salt and sugars. **Cereal Chem** 1998; 75(3): 308-14.

- Barros, Silva RSF, Borsato D, Arêas JAG. Otimização das condições de extrusão de farelo de soja pelo emprego da metodologia de superfície de resposta. **Bol Centro Pesquisa e Process Aliment** 1987; 5: 61-70.
- Batistuti JP, Barros R M C, Arêas JAG. Optimization of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer arietinum*, L.) deffated flour by response surface methodology. **J Food Sci** 1991; 56:1695-8.
- Becker R, Wheeler EL, Lorenz K, Stafford AE, Grosjean OK, Betschart AA, Saunders RM. A compositinal study of amaranth grain. **J Food Science** 1981; 46: 1175-80.
- Bergmeyer MV, Bernet E. Determination of glucose with glucose oxidase and peroxidase. In: Bergmeyer HU. **Methods of ezymatic analysis**. 2^a ed. New York: Academic Press; 1974. p. 1204-12.
- Björck I Liljeberg H, Ostman E. Low glycemic index foods. **Br J Nutr** 2000; 83: S149-55.
- Björck I. Starch: Nutritional aspects. In Eliasson AC. **Carbohydrates in food**. 2 ed Marcel Dekker; 1996. p 505-553.
- Björck I, Granfeldt Y, Liljeberg H, Tovar J, Asp N. Food properties the digestion and absorpion of carbohydrates. **Am J Clin Nutr** 1994; 59 (supl): 699S-705S.
- Bornet F, Cleorec D, Barry JL, Colonna P, Goniloud S, Delordlaval J, Galmiche JP. Pasta cooking time, influence ond starch digestion and plasma glucose and insulin resposses in healthy subjects. **Am J Clin Nutr** 1990; 51:421-7.

Bornet FRJ, Billaux MS, Messing B. Glycemic index concept and metabolic diseases. **Inter J Biol Macrom** 1997; 21: 207-219.

Brand-Miller JC, Holt SHA, Pawlak DB, McMillan J. Glycemic Index and obesity. **Am J Clin Nutr** 2002; 76: 281S-5S.

Brand-Miller JC. Importance of glycemic index in diabetes. **Am J Clin Nutr** 1994; 59: 747S-52S.

Brand JC, Holt S, Soveny C, Hansky J. Relationship of satiety to postprandial glycemic, insulin and cholecystoquinin responses. **Appetite** 1992, 18, 129-141. apud Truswell AS. Glycemic Index of foods. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46 (Suppl.2): S91-S101.

Brand-Miller JC, Nicholson PL, Thorburn AW, Truswell AS. Food processing and the glycemic index. **Am J Clin Nutr** 1985;42 :192-6.

Bravo L, Englyst H, Hudson G J. Nutritional evaluation of carbohydrates in the Spanish diet: Non-starch polysaccharides and in vitro starch digestibility of breads and breakfast products. **Food Res Inter** 1998; 31 (2): 129-135.

Breene W M. Food uses of grain amaranth. **Cereal Food World** 1991; 36 (5): 426-30.

Bressani R. Amaranth: the nutritive value and potential uses of the grain and by products. **Food Nutr Bull** 1998; 10: 49-59.

Bressani R. Efectos del procesamiento sobre la calidad nutricional del amaranto. El amaranto y su potencial. **Boletín** 1987; 3: 10-11.

- Calzetta-Rezio NA, Tolava MP, Suarez C. Some physical and thermal characteristics of amaranth starch. **Food Sci Technol Inter.** 6(5) 371-8 2000.
- Camacho LM, Garcia_Gonçales DL, Aparício R. A detailed and comprehensive study of amaranth (*Amaranthus cruentus* L). **Eur Food Res Technol**; 213 (4/5) 349-355. 2001.
- Cardoso-Santiago R A, Arêas JAG. Nutritional evaluation of snacks obtained from chickpea and bovine lung blends. **Food Chem** 2001; 74: 35-40.
- Carreira MC. Índice Glicêmico de alimentos brasileiros: efeito do armazenamento sob baixa temperatura(-20°C) 2001.83 p [Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo].
- Cassar R. Efeito da adição de glutamato monossódico e inosinato dissódico no sabor textura de extrusados à base de grão-de-bico, pulmão bovino e amaranto São Paulo. 2000.169p. [Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].
- Champ M, Faisant N. Resistant Starch: analytical and physiological aspects. **Bol SBCTA** 1996; 30:37-41.
- Chaturvedi A, Sarojini G, Nirmala G, Nirmalamma N, Satynarayana D. Glycemic index of grain amaranth, wheat and rice in NIDDM subjects. **Plant Foods Human Nutr** 1997; 50: 171-8.
- Chaturvedi A: Sarojini G, Devi NL. Hypocholesterolemic effect of amaranth seeds (*Amaranthus esculantus* L.). **Plant Food Human Nutr.** 44 (1) 63-70 1993.

- Chávez-Jáuregui RN, Silva MEMP, Arêas JAG. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) **J Food Sci** 2000; 65: 1009-15.
- Colonna P, Barry JL, Cloarec D, Bornet F, Guillaud S, Galmich JP. Enzymic susceptibility of starch from pasta. **J Cereal Sci** 1990; 11: 59-70.
- Colonna P, Leloup V, Buléon A. Limiting factors of starch hydrolysis. **Eur J Clin Nutr** 1992;46:S17-32.
- Coyle EF. Substrate utilization during exercise in active people. **Am J Clin Nutr**1995; 61 (4):S968-79.
- Crapo PA, Reaven G, Olefsky. Plasma glucose and insulin responses to orally administered simple and complex carbohydrates. **Diabetes** 25: 741. 1976. apud Björck I. Starch: Nutritional aspects. In Eliasson AC. **Carbohydrates in food**. 2 ed Marcel Dekker; 1996. p 505-553.
- Cronin CC, Shanahan F. Insulin-dependent diabetes mellitus and coeliac disease. **Lancet** 1997; 349: 1096-1097.
- De Vitis I, Ghirlanda G, Gasbarrisni G. Prevalence of coeliac disease in type I diabetes: a multicentre study. **Acta Paediatr** 1996; 85: 56-7.
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46 (Suppl 2): S33-S50.
- Englyst HN, Hudson JH. The classification and measurement of dietary carbohydrates. **Food Chem** 1996; 57(1):15-21.

Escarpa A, Gonzales MC, Morales M D, Saura-Calisto F. An approach to the influence of nutrients and other food constituents on resistant starch formation. **Food Chem** 1997; 60 (4): 527-532.

EURESTA (European Flair-Concerned Action on Resistent Starch) News letter IV(1992). Human Nutrition Department;. Waneningen Agricultural University. Waneningen. Netherlands. p.-2. Apud: Goñi I, García-Diz L, Mañas E, Saura-Calisto F. Analysis of resistance starch: a method for foods and food products. **Food chem** 1996; 56 (4): 445-9.

European Association for the study of diabetes. Diabetes and Nutrition Study Group. Recommendations for nutritional management of patients with diabetes mellitus. **Diab Nutr Metab** 1995; 8: 185-189.

FAO/WHO Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. **Carbohydrates in human nutrition**. Report of a join FAO/WHO expert consultation. 66. Rome 1998.

Ferreira TAPC. Avaliação Nutricional do Amarantho (*Amaranthus caudatus* L.) Extrusado em diferentes condições de umidade São Paulo, 1999. [Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo].

Filer LJ. Digestion, absorption and metabolism of starch. Carbohydrates and health. Wetsport. Conn. Cop., p. 39. 1977 apud in BJÖRCK I. Starch: Nutritional aspects. In Eliasson AC. **Carbohydrates in food**. Marcel Dekker 2 ed. p 505-553. 1996.

Fontvieille AM, Rizkalla SW, Penfromis A, Acosta M, Bornet FRJ, Slama G. The use of the glycemic index foods improve metabolic control of diabetic subjects over five weeks. **Diab Med** 1992; 9: 444.

- Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. **Am J Clin Nutr** 2002; 76(5): 5-56.
- Frost G, Leeds AA, Doré CJ, Madeiros S, Brading S, Dornhost A. Glicemic Index as a determinant of serum HDL- cholesterol concentration. **Lancet** 1999; 353: 1045-8.
- Gallant DJ, Bouchet B, Buléon A, Pérea S. Physical characteristics of starch granules and susceptibility to enzymatic degradation. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46: S3-16.
- Golay A, Coustom AM, Hollenbeck CB, Kaiser LL, Würsch, Reaven G. Comparison of metabolic effects of white beans processed into two different physical forms. **Diabet Care** 1986; 49: 1228-9.
- Goñi-Cambrodón I, Martín-Carrón N. Fermentación colónica de fibra dietética y almidón resistente. In Lajolo FM, Saura-Calixto F, Penna E W, Menezes E W. **Fibra dietética em iberoamérica: tecnologia e salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos**. São Paulo: Livraria Varela; 2001. p 311-38.
- Goñi I, García-Diz L, Mañas E, Saura-Calixto F. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food chem** 1996; 56 (4): 445- 449.
- Goñi I, Garcia Alonso A, Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutr Res** 1997; 17(3): 427-7.
- Grajeta H. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats. **Nahrung** 43 (2), 114-117. 1999. (abstract)
- Han-Ping H, Yizhong C, Mei S, Corke H. Extration and purification of squaleno from *Amaranthus* grain. **J Agric Food Chem**. 50 (2) 368-372 2002.

- Hoover R, Sinnott AW, Perera C. Physicochemical characterization of starches from *Amaranthus cruentus* grains. **Starch/Staerke**; 50 (11/12) 456-463. 1998. (Abstract)
- Huaixiang W, Corke H. Genetic diversity in physical properties of starch from a world collection of *Amaranthus*. **Cereal Chem.** 76 (6) 877-83. 1999.
- Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3ed. São Paulo: SN; 1985. V1.
- Jenkins DJA, Kendall CWR, Augustin LSA, Franceschi S, Hamidi M, Marchie A, Jenkins AL, Axelsen M. Glycemic index: overview of implications in health and disease. **Am J Clin Nutr** 2002; 76: 266S-73S.
- Jenkins DJA, Jenkins AL, Wolover TMS, Vuksan V, Rao V, Thompson LU, Josse RG. Low glycemic index: lent carbohydrates and physiological effects of altered food frequency. **Am J Clin Nutr**. 1994; 59: 706S.
- Jenkins DJA, Wolover TMS, Collier GR, Orana A, Rao AV, Buckley G, Larry Mayer A, Thompson LU. Metabolic effects of a low glycemic index diet. **Am J Clin Nutr** 1987. 46 (6): 968-75.
- Jenkins 1981, Wolover TMS, Taylor R, Baker HM, Fielder H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. **Am J Clin Nutr** 1981; 34: 362-6.
- Jian YQ, Kuhn M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. **Starch/Staerke**. 51 (4) 116-120. 1999. (Abstract)

Karagiozoglou-Lampoudi T, Nousia-Arvanitaki S, Augoustidou-Savoupolou P, Salem N, Polymenidis Z, Kanakoudit-Ssakalidou F. Insulin secretion decline unrelated to jejunal morphology or exocrine pancreatic function in children with celiac disease. **J Pediatr Endocrinol Metab** 1996; 9: 585-91. apud: Andreelli F, Plotton I, Riou JP, Thivolet C. Diabetic instability and celiac disease. A frequent association to keep in mind. **Diabetes Care** 1998; 21: 2192-3.

Kasarda DD. **Grains in relation to celiac (coeliac) disease**. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service Western Regional Research Center Albany, 2000. Disponível em <URL:<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/topics>> [2001 janeiro 22]

Kasarda DD Toxic cereal grain in coeliac disease In: Feighery C, O'Farrelly C. **Gastrointestinal immunology and gluten-sensitive disease: Proceedings of the Sixth international Symposium on coeliac disease**. Dublin: Oak Tree Press; 1994. p.203-220. apud: Thompson T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and oats from a patient with celiac disease. **J Am Diet Assoc** 2001; 101: 586-7.

Kirwan JP, Cyr- Campbell D, Campbell WW, Scheiber J, Evans WJ. Effects of moderate and high glycemic index meals on metabolism and exercise performance. **Metab** 2001; 50 (7): 849-55.

Lavin JH, Wittert GA, Andrews J Interaction of insulin, glucagon like-peptide 1, gastric inhibitory polypeptide, and appetite in response to intraduodenal carbohydrate. **Am J Clin Nutr** 1998; 68: 591-8.

- Leathwood P, Pollet P. Effects of slow release carbohydrates in the form of bean flakes on the evolution of hunger and satiety in man. **Appetite** 1998; 10, 1-10. apud Truswell AS. Glycemic Index of foods. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46 (Suppl.2): S91-S101.
- Lintas C, Cappelonni M. Effect of processing on legume resistant starch. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46(2), S103-4.
- Liu S, Willit WC, Stampfer MJ, Hu FB, Franz M, Dampson L, Hennekens CH, Manson JE. A prospective study of dietary glycemic load, carbohydrate intake, and risk of coronary heart disease in US women. **Am J Clin Nutr** 2000; 71: 1455-61.
- Lehmann JW. Case history of grain amaranth as an alternative crop. **Cereal Foods World** 1996; 41 (5): 399-411.
- Liljeberg HGM, Åkerberg AKE, Björck IME. Effect of the glycemic index and content of indigestible carbohydrates of cereal-based breakfast meals on glucose tolerance at lunch in healthy subjects. **Am J Clin Nutr** 1999; 69: 647-55.
- Ludwig DS. Dietary glycemic index and obesity. **J Nutr** 2000; 130:280S-3S.
- Macdonald IA. Carbohydrates as a nutrient in adults: range of acceptance intakes. **Eur J Clin Nutr** 1999; 53: S101-6.
- Marcílio R. Uso do grão de amaranto no desenvolvimento de produto tipo "cookie" isento de glúten. Características nutricionais e sensoriais. 2001.162p.[Dissertação de mestrado apresentada a Faculdade de engenharia de alimentos da Universidade estadual de Campinas].

- Matuz J, Artok T, Orocz-Salamon K, Ona L. Structure and potencial allergenic character of cereal proteins. I protein content and amino-acid composition. **Cereal Res Commun** 2000a; 28(3); 263-70.
- Matuz J, Poka R, Boldizzar I, Szerdahelyi E, Hajos G. Structure and potential allergenic of cereal proteins – II. Potential allergenic in cereal samples. **Cereal Res Commun** 2000b; 28 (4): 433-42.
- Menezes EW, Lajolo FL. **Contenido en fibra dietética y almidón resistente en alimentos y productos iberoamericanos**. Proyecto Cytec XI. 6 Obtención y caracterización de fibra dietética para su aplicación en alimentos para regímenes especiales, Cyted/CNPq. Docuprint, São Paulo, 2000.
- Menezes EW, Lajolo FL Utilização do amido de leguminosas. **Arch Latnoam Nutr.**1995 45 (1): 270S-272S.
- Menezes EW, Lajolo FL, Serravalii EAG, Vannucchi H, Moreira EAM. Starch availability in Brazilians foods “in vivo” and “in vitro” assays. **Nutr Res** 1996; 16 (8): 1425-36.
- Mendonça C, Bressani R. Nutritional and functional characteristics of extrusion-cooked amaranth flour. **Cereal Chem** 1987; 64:218-22.
- Mitchell JR, Arêas JAG. Structural changes in biopolymers during extrusion. In: Kokini LK, Ho C, Karwe MV. **Food extrusion science and technology**. New York: Marcel Dekler;. 1992. p.345-60.
- Mongeu 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** 1993; 76, 4: 923-925.

Morris KL, Zemel MB. Glycemic index, cardiovascular disease, and obesity. **Nutrition Reviews**. 1999; 57 (9): 273-6.

National Academic Sciences. **Dietary Reference Intake: application in Dietary Assessment**. Washington DC: National Academic Press; 2000.

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.144-6.

Oke OL. Amaranth. In: Chan HT, **Handbook of tropical foods**. New York:: Marcel-Dekker; 1983. p.1 apud: Teutonico RA, Knorr D. Amaranth, composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. **Food Technol** 1985; 39(4) ,49-60.

Oku T. Oligosaccharides with beneficial health effects: a Japanese perspective. **Nutr Rev**. 1996.54;S59-66.

Otto H, Bleyer G, Pennartz M, Sabin G, Schauburger G, Spaethe K. Kohlenhydratauschnach biologischen aquivalenten. Diatetik Mellitus In Otto H, Spaethe K. Huber. Bern. 1973. p 41. apud Björck I. Starch: Nutritional aspects. In Eliasson AC. **Carbohydrates in food**. 2 ed Marcel Dekker; 1996. p 505-553.

Parcker SC, Dornhorst A, Frost GS. The glycemic index of a range of gluten-free foods. **Diab Med** 2000; 17: 657-660.

Pedersen B, Kalinowski LS, Egum BO. Nutritive value of grain (*Amaranthus caudatus* L.): 1. Protein and minerals of raw and processed grain. **Plant Foods Hum Nutr** 1987; 36: 309-24.

- Plate AYA, Arêas JAG Cholesterol-lowering effects of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. **Food Chem** 2002; 76: 1-6.
- Philippi ST, Szarfac SC, Latterza AR. **Virtual Nutri (software). Versão 1.0 for Windows**. Departamento de Nutrição/ Faculdade de Saúde Pública/ Universidade de São Paulo; 1996.
- Qureshi AA, Lehmann JW, Peterson DM. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chicken. **J Nutr** 1996; 126: 1972-8.
- Rabe E, Sievert D. Effects of baking, pasta production, and extrusion cooking on formation of resistant starch. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46 (2), S105-7.
- Roberts SB. High-glycemic index foods, hunger, and obesity: is there a connection? **Nutr Reviews**. 2000; 58 (6): 163-9.
- Rosin PM, Lajolo FM, Menezes EW. Measurement and characterization of dietary starches. **J Food Comp Anal** 2002; 15: 367-77.
- Sala M, Berardi S, Bondioli P. Amaranth seed: the potentialities. **Riv Ital Sost Gras**; 75 (11) 503-506. 1998. (Abstract)
- Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, Stampfer MJ, Wing AL, Willet WC. Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. **Diab Care** 1997a; 20: 545-50.
- Salmeron J, Mandon JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Wing AL, Willet WC. Dietary fiber, glycemic load and risk of non-insulin dependent diabetes mellitus in women. **J Am Med Ass** 1997b; 277: 472-7.

- Saunders RM, Becker R. Amaranth: a potential food and feed recourse. **Adv Cereal Sci Technol** 1984; 6: 357-96.
- Smith U. Carbohydrates, fat, and insulin action. **Am J Clin Nutr** 1994; 59: 686-9.
- Southgate DTA . **Determination of food carbohydrates**. London. Applied Science.1976 apud Truswell AS. Glycemic index of food. **Eur J Clin Nutr** 1992, 42; S91-S101.
- Stone LA, Lorenz K. The starch of *Amaranthus*- Physicochemical properties and functional characteristics. **Starch** 1984; 36: 232. apud: Teutonico RA, Knorr D.Amaranth, composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. **Food Technol** 1985; 39(4) ,49-60.
- Teutonico RA, Knorr D. Amaranth, composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. **Food Technol** 1985; 39(4) ,49-60.
- Thomas DE, Brotherhood JR, Brand JC. Effects of different pre-events meals on performance in cyclists. **Proc of the Nutr Soc Austr Sixteenth Annual Scientific Meeting**. Perth. The Society. 1991. p 9-14.
- Thompson T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and aots from a patient with celiac disease. **J Am Diet Assoc** 2001; 101: 586-7.
- Tosi EA, Ciappini MC, Masciarelli R. Use of a wholemeal amarathus (*Amaranthus cruentus*) flour in manufacture of biscuits for coelic disease patients. **Alimentaria** 2000; 269: 49-51.

- Truswell AS. Glycemic Index of foods. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46 (Suppl.2): S91-S101.
- Walkowski A, Fornal J, Lewandowicz G, Sadowska J. Structure, physico-chemical properties, and potencial uses of starch. **Polish-J Food Nutr Sci.** 1997; 47(2): 11-22
- Wolover TMS Dietary carbohydrates and insulin action in humans. **Br J Nutr** 2000; 83: S97 S102.
- Wolover TMS, Chiasson JL, Hunt JA, Palmason C, Ross SA, Ryan EA. Similarity of relative glycemic but not relative insulinemic responses in normal, IGT and diabetics subjetsics. **Nutr Res** 1998; v126: p 2798-806.
- Wolover TM, Bolognesi C, Predition of glucose and insulin responses of normal subjects after consumin mixed meals varying in energy, protein, fat, carbohydrate and glycemic index. **J Nutr** 1996; 126: 2807-12.
- Wolover TMS, Jenkins DJA, Jenkins AL, Josse RG. The glycemic index: methodological and clinical implications. **Am J Clin Nutr** 1991; 54: 846-54.
- Wolover TMS, Relationship between dietary fiber content and composition in foods and the glycemic index. **Am J Clin Nutr** 1990; 51: p.72-5.
- Wolover TMS, Nuttal FQ, Wong GS, Josse RG, Czima A, Jenkins DJA. Predictions of the relative blood glucose of mixed meals using the white bread glycemic index. **Diabet Care** 1985; 8: 418-428.
- Yáñez E, Zacarias I, Granger D, Vásquez M, Éstevez AM. Caracterizacion química y nutricional del amaranto (*Amaranthus cruentus*). **Arch Latinoam Nutr** 1994; 44 (1): 57-62.

ANEXOS

Anexo 1

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, _____,
voluntariamente, participarei da pesquisa intitulada: "Digestibilidade *in vitro* e resposta glicêmica de snacks de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.)", sob responsabilidade de Andrea Carvalheiro Guerra Matias.

Fui esclarecido que:

- o objetivo da pesquisa é verificar o comportamento do grão de amaranto (um grão normalmente consumido no Peru) na forma de salgadinho, sob a glicemia (teor de glicose sanguínea) de pessoas saudáveis, sendo que os resultados poderão ser úteis para o tratamento de pessoas diabéticas e celíacas.
- realizarei em três dias diferentes (uma vez por semana) um exame denominado **curva glicêmica**, para o qual ficarei 10 horas em jejum a partir do dia anterior.
- serão oferecidos os seguintes produtos:
 - *pão branco* (2 dias)
 - *salgadinho de amaranto* (1 dia)
- será coletada uma alíquota de 5 ml de sangue em jejum, e após a ingestão do produto serão colhidas alíquotas aos 15, 30, 45, 60, 90 e 120 min.
- deverei permanecer em repouso durante o período do exame.
- todo o material utilizado será descartável.
- esta pesquisa não envolve nenhum risco à minha integridade física.
- as informações obtidas são sigilosas, e somente serão divulgados nos meios científicos os valores médios e totais observados, não havendo identificação dos participantes.
- estou livre para desistir de participar da pesquisa a qualquer momento ao longo da mesma.

Ciente: _____

Assinatura do participante

São Paulo ____ / ____ / ____

Anexo 2

Formulação do pão utilizado como produto de referência.

Ingrediente	Peso	%
Farinha de trigo	1000 g	87,11
Fermento biológico	100 g	8,71
Óleo de milho	20 g	1,74
Sal	8 g	0,70
Açúcar refinado	20 g	1,74

Anexo 3

Tabela de Substituição de Carboidratos

<i>Produto</i>	<i>Porção</i>	<i>Carboidratos (g)</i>
Arroz branco	colher de sopa (30g)	7,0
Arroz doce	1 porção (pote) (100g)	25,0
Aveia em flocos (cozida)	colher de sopa (36g)	22,0
Banana	unidade média (85g)	19,0
Banana caramelada	unidade (100g)	76,0
Batata doce cozida	escumadeira (100 g)	24,0
Batata frita	escumadeira (70g)	25,0
Batata holandesa cozida	unidade média (120g)	24,0
Batata inglesa cozida	unidade (30g)	6,0
Batata sauté	escumadeira (50g)	10,0
Biscoito cream cracker	unidade	4,0
Biscoito de leite	unidade	4,5
Biscoito maizena	unidade	3,0
Biscoito recheado	unidade	9,5
Bolinho de arroz	unidade (5 g)	5,0
Bolo (Tipo Pulmman)	fatia (50g)	32,0
Bolo de milho	fatia (60g)	20,0
Bolo simples	fatia (60g)	20,0
Cereal Matinal (tipo sucrilos)	xícara de chá padrão	40,0
Espaguete	escumadeira	21,0
Feijão (50%grãos/caldo)	concha média (85g)	7,0
Goiaba	unidade (190g)	32,5
Grão-de-bico (sem caldo)	colher de sopa (24g)	6,5
Iogurte (Bliss)	embalagem (200 g)	32,0
Iogurte batido	pote (200g)	14,0
Laranja bahia	unidade(180g)	21,0
Leite desnatado	copo de requeijão	11,0
Leite integral	copo de requeijão	10,0
Maçã verde	unidade (170g)	26,0
Maçã vermelha	unidade (130g)	20,0
Macarrão instantâneo	pacote	42,5
Mamão papaya	unidade (280g)	28,0

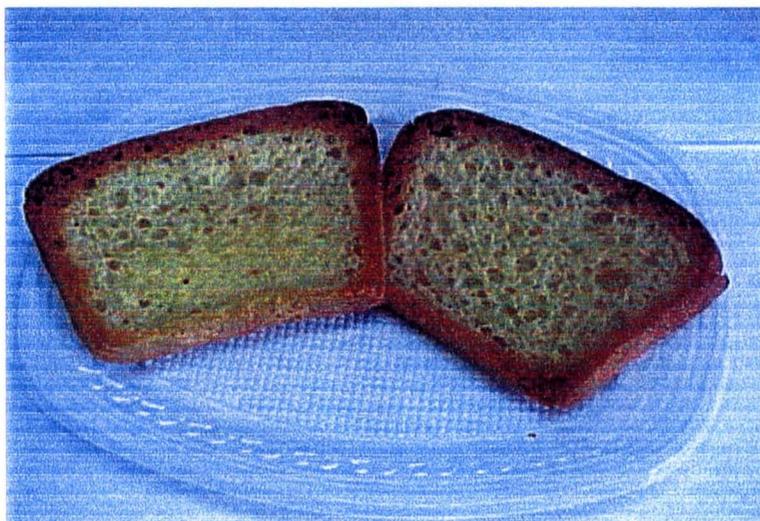
Mandioca cozida (amassada)	escumadeira (120 g)	43,0
Mandioca gratinada	colher de servir (150g)	44,0
Manga	fatia (20g)	3,5
Mexerica (murcote)	unidade (45g)	16,5
Milho verde cozido	colher de sopa (23g)	5,0
Nhoque	colher de servir (50g)	23,0
Pão de forma	fatia (20 g)	8,0
Pão de mel	1 unidade (90g)	48,0
Pão de queijo	1 unidade média (30g)	12,0
Pão francês	unidade (50g)	28,0
Pão hot dog	unidade (50g)	16,0
Pão italiao	fatia (45g)	22,5
Pão tipo Bisnaguinha	unidade (20g)	7,0
Polenta	pedaço médio (95g)	12,0
Polenta frita	fatia (45g)	15,0
Pudim de baunilha	pote (145g)	26,0
Purê de batata	colher de servir (65g)	10,0
Sagu com vinho tinto	pote (130g)	41,0
Sorvete de creme	bola (40g)	9,5

Fonte: Philipp e col. 1996.

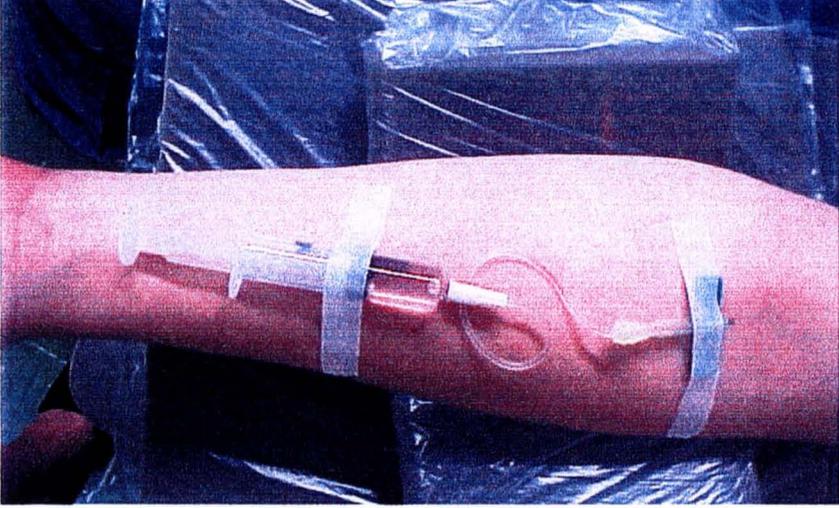
Anexo 4



Porção de snack de amaranto



Porção de pão branco

Anexo 5

Dispositivo intravenoso para coletas múltiplas