

Arroz parboilizado efeito na glicemia de ratos *Wistar*

Elizabete Helbig, Álvaro Renato Guerra Dias, Rafael Aldrighi Tavares, Manoel Artigas Schirmer, Moacir Cardoso Elias

Universidade Federal de Pelotas – Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Pelotas, RS, Brasil

RESUMO. O amido é uma importante fonte energética podendo representar mais de 60% da ingestão calórica na dieta humana. A fração do amido, que é resistente à digestão enzimática, é denominada de amido resistente. Na parboilização de arroz ocorre a retrogradação do amido, com a formação do amido resistente tipo 3 (retrogradado), que apresenta efeitos benéficos à saúde, por atuar como prébiótico. Neste estudo, três amostras de arroz com alta, média e baixa amilose foram selecionadas, com o objetivo de avaliar o efeito de arroz convencional e parboilizado na glicemia de ratos *Wistar*. As amostras com alta e média amilose foram encharcadas durante 6h a 65°C e a amostra com baixa amilose durante 7h a 70°C, posteriormente foram autoclavadas em pressão 0,7 kgf.cm⁻² durante 10 minutos. Utilizou-se 6 ratos *Wistar*, machos, adultos por tratamento. Foram elaboradas 7 dietas experimentais, formuladas de acordo com AIN-93M, dieta controle e, dietas com substituição da fonte de carboidratos por arroz convencional e parboilizado. Determinou-se amido resistente nas dietas e a glicemia foi monitorada por leitura de glicofita, com sangue da parte distal da cauda do rato. Para a curva glicêmica as medidas de glicemia foram feitas em jejum, e ao longo de 90 minutos. Os resultados indicam que não foram encontradas diferenças significativas entre as dietas formuladas com arroz de alta, média e baixa amilose, parboilizado ou convencional na glicemia de jejum e pós-prandial de ratos *Wistar*.

Palavras-chave: Arroz, amido resistente, amilose, parboilização, glicemia, rato.

INTRODUÇÃO

Os carboidratos têm um papel fisiológico essencial para o organismo. A taxa de digestão e absorção pode ser determinada pelo controle metabólico, sendo de grande interesse a utilização biológica dos carboidratos na alimentação humana, especialmente o amido e seu efeito na resposta glicêmica (1). A baixa digestão e absorção de carboidratos são favoráveis na manutenção de desordens metabólicas tais como no diabetes e na hiperlipidemia. Neste contexto, o tratamento de diabetes não-insulino-dependente e a variabilidade na digestibilidade do amido de arroz tem particular interesse (2,3). O arroz é um dos cereais mais cultivados, e um dos principais alimentos energéticos da dieta da população brasileira, sendo consumido preferencialmente na forma de grãos brancos polidos, obtidos por processo convencional de industrialização, apresentando limitado conteúdo de fibra alimentar. O consumo de arroz parboilizado tem crescido substancialmente nos últimos anos,

SUMMARY. The effect of parboiled rice on glycemia in *Wistar rats*. Starch is an important energy source and can represent more than 60% of the calories of the human diet. The starch fraction resistant to enzymatic digestion is called resistant starch. When rice is parboiled, the starch retrogrades with the formation of type 3-resistant starch (retrograded), which presents beneficial effects on the health, since it acts as a prebiotic. In the present study three types of rice were selected, with high, medium and low amylose contents, with the objective of evaluating the effects of conventional and parboiled rice on glycemia in *Wistar rats*. The samples with high and medium amylose contents were soaked for 6 h at 65°C, and the low amylose sample for 7 h at 70°C. The samples were subsequently autoclaved for 10 minutes at 0.7kgf.cm⁻². Six male *Wistar rats* were used for each treatment. Seven experimental diets were elaborated, formulated according to AIN-93M, the control diet and diets substituting the carbohydrate source with conventional or parboiled rice. Resistant starch was determined in the diets and glycemia monitored using glucose paper strips, the sample being blood obtained from the distal part of the rat's tail. For the glycemic curve, glycemia was measured in the fasting state and during 90 minutes post-prandial. The results indicated there were no significant differences between the diets formulated with high, medium and low amylose, parboiled or conventionally prepared, with respect to fasting or post-prandial glycemia in *Wistar rats*.

Keywords: Rice, resistant starch, amylose, parboiling, glycemia, rats.

passando de 12% para aproximadamente 25% em duas décadas (1986 – 2006). O arroz parboilizado em relação ao branco polido apresenta vantagens nutricionais de suma importância, como o aumento de minerais, vitaminas e de substâncias com ação semelhante a das fibras, denominadas de amido resistente (AR), que atua na manutenção da glicemia (4).

Para Freitas (5), várias diferenças no índice glicêmico (IG) e na digestibilidade do amido tem sido encontradas em diferentes fontes de amido e dentro da mesma planta. De acordo com Hu et al. (6), o índice glicêmico (IG) e o conteúdo de amido resistente (AR) são dois importantes indicadores da digestibilidade do amido. Do ponto de vista nutricional, uma baixa resposta glicêmica é considerada benéfica, especialmente para os indivíduos com intolerância à glicose. O arroz é conhecido como de alto índice glicêmico quando comparado a outros alimentos fontes de amido. Entretanto, na literatura existe discordância de valores de índice glicêmico

de arroz. Jenkins et al. (7) encontraram índice glicêmico de 96 para arroz integral e 83 para o branco, já para Miller et al. (8) os valores encontrados variaram de 64 a 93. Segundo Walter et al. (9) o arroz parboilizado apresenta menor índice glicêmico quando comparado ao arroz branco polido.

Apesar de o arroz ser um alimento secular, alguns aspectos nutricionais ainda não são conclusivos. Os carboidratos presentes no arroz não teriam apenas caráter energético, mas também complexas funções fisiológicas. Considerando-se o aumento do consumo de arroz parboilizado e a importância da fração amido resistente na saúde, a pesquisa foi conduzida com três amostras de arroz de diferente teor de amilose, objetivando avaliar a influência do teor de amilose e do processo de parboilização de arroz na resposta glicêmica em ratos *Wistar*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo foi utilizado arroz (*Oryza sativa* L.) com alto (31,57%), médio (21,84%) e baixo (6,31%) teor de amilose.

Foram utilizados ratos adultos machos, da linhagem *Wistar*, com peso médio de $317,89 \pm 17,27$ g, provenientes do Biotério da Universidade Federal de Pelotas, RS.

Procedimentos experimentais

A parboilização foi realizada de acordo com Elias (10), empregando-se temperatura e tempos de encharcamento de 6 horas, a 65°C para alto e médio teor de amilose, enquanto no de baixo teor de amilose foram 7 horas a 70°C. Utilizou-se 0,7 kgf.cm⁻² como pressão de autoclavagem (Autoclave Vertical – Marca Bio Eng – Modelo A50) durante 10 minutos.

Antes do descascamento e após a autoclavagem as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar (Marca – Nova Ética). O armazenamento foi feito em sala climatizada a 20°C, até o momento da determinação do teor de amido resistente e da cocção para elaboração das dietas experimentais. As amostras aguardaram três dias para a completa estabilização da umidade. O polimento foi previamente definido por calibração em branquímetro de amostras comerciais. O polimento e o descascamento foram realizados em engenho de provas Suzuki, previamente regulado para cada grupo de amostras.

A cocção do arroz foi realizada segundo método proposto por Gularte (11). Para a cocção das amostras, foram utilizados recipientes de alumínio com tampa, aquecidos em chapa com termostato, com água equivalente à relação água/arroz de 2,3:1 (v/v) para o arroz parboilizado e 2,0:1 (v/v) para o arroz convencional.

Após a cocção, os grãos foram transferidos para peneiras de polietileno e secos em estufa com circulação forçada de ar durante 24 horas em temperatura de 60°C.

Ensaio biológico

Na Tabela 1 são apresentadas as dietas experimentais utilizadas no ensaio biológico, que foram elaboradas conforme a formulação da AIN-93M (12) para ratos em manutenção de peso, isocalóricas e isoprotéicas, utilizando-se as amostras de arroz parboilizado polido e branco polido (convencional) como fonte de carboidratos complexos, para a fibra foi considerada somente a fração existente no arroz e o seu respectivo teor de amido resistente. Dietas experimentais: - alta amilose convencional (AAC); - alta amilose parboilizado (AAP); - média amilose convencional (MAC); - média amilose parboilizado (MAP); - baixa amilose convencional (BAC); - baixa amilose parboilizado (BAP) e; - dieta controle (DC).

O ensaio biológico foi conduzido no Laboratório de Nutrição Experimental da Faculdade de Nutrição da UFPel, constou de 42 ratos que foram sorteados aleatoriamente para comporem os sete grupos experimentais com seis animais cada um. Os animais permaneceram em gaiolas metabólicas, sob condições controladas de temperatura e umidade relativa, respectivamente ($23 \pm 1^\circ\text{C}$ e 50 a 60%), fotoperíodo de 12 horas, com água e ração oferecidas “*ad libitum*”. A seqüência experimental foi dividida em dois períodos: adaptação, sete dias e tratamento, vinte e oito dias. Os animais foram pesados no início do tratamento (1º dia), no meio (14º dia) e no final do experimento (28º dia), sendo o consumo de dieta monitorado diariamente.

O ensaio biológico foi aprovado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEA-UFPel), em reunião realizada no dia 08/07/2005, Ata 03/2005.

Avaliações

A composição centesimal foi determinada nas amostras de arroz branco polido, parboilizado polido e nas dietas experimentais, segundo os respectivos procedimentos: Umidade: Pearson (13); Proteínas: AOAC (14), utilizando 5,95 como fator de conversão de nitrogênio para proteína; Lipídeos: Bligh & Dyer (15); Cinzas: Lees (16); Fibra Bruta: Angelucci et al. (17); Carboidratos: por diferença, usando a fórmula: $100 - (\text{proteína bruta} + \text{lipídeos totais} + \text{fibra bruta} + \text{cinzas} + \text{umidade})$.

Para a determinação do teor de amilose nas amostras foi utilizado o método proposto por Martinez y Cuevas (18).

As amostras de arroz foram descascadas e polidas em engenho de provas Zacaria, e posteriormente foram moídas em moinho Perten e peneiradas em malha de 60 mesh. Amostras de 100mg foram transferidas para balões de 100 mL, acrescentado 1 mL de álcool etílico 96% GL e 9 mL de solução 1N de NaOH. Os balões foram colocados em banho-maria por 10 minutos a 100°C, seguidos de resfriamento durante 30 minutos, até a temperatura ambiente de 20°C, ajustando-se o volume com água. Foi retirada uma alíquota de 5 mL e transferida para balão de 100 mL, sendo acrescido 1 mL de ácido acético 1N e 2 mL de solução de iodo 2% (p/

v) recém preparada sendo ajustado o volume do balão com água.

Para a curva padrão foram utilizados 40mg de amilose pura submetida ao mesmo procedimento das amostras de arroz. Do balão, alíquotas de 1, 2, 3, 4, e 5 mL foram retiradas e acrescidas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1 mL de ácido acético e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2 mL de iodo, respectivamente, completando o volume de cada balão com água destilada.

A leitura foi realizada a 610 nm e os resultados de absorbância (A) multiplicados por fator de correção (FC) obtido pela média dos valores lidos com as amostras de amilose pura. O teor de amilose das amostras foi obtido pela fórmula: % Amilose = A x FC

O amido resistente foi determinado através do método proposto por Goñi et al. (19). As amostras de arroz foram incubadas com pepsina (40°C; 1h; pH 1,5) e á-amilase (37°C; 16h; pH 6,9), sendo centrifugadas a 3000 rpm durante 15 minutos e descartado o sobrenadante. Os resíduos foram tratados com KOH (2M) e incubados com amiloglicosidase

(60°C; 30 min; pH 4,75), sendo retirada uma alíquota de 1mL do sobrenadante e determinado o teor de glicose livre pelo método enzimático (glicose oxidase/peroxidase/ABTS). Todas as avaliações químicas foram realizadas em triplicatas.

Os níveis de glicemia foram monitorados por leitura de glicofita (ACCU-CHEK® Advantage II), contendo sangue obtido por punção da parte distal da cauda do rato. A leitura foi realizada em glicosímetro específico (ACCU-CHEK® Advantage II - Roche), expressando-se os valores da glicemia em miligramas por decilitro (mg.dL⁻¹). Foram realizadas três medidas de glicemia de jejum, no início (1º dia), no meio (14º dia) e no fim (28º dia) do experimento. Para a obtenção da curva glicêmica as medidas de glicemia foram feitas em jejum e após o consumo de 20g da dieta, coletando-se sangue em 30, 60 e 90 minutos para monitoramento da glicemia pós-prandial. O QEA foi avaliado pela razão entre o ganho de peso e o consumo alimentar durante o experimento (20).

TABELA 1
Composição das dietas experimentais

Ingredientes (g.k ⁻¹)	Dietas						
	AAC	AAP	MAC	MAP	BAC	BAP	DC
Arroz convencional	670,7		670,7		670,7		-
Arroz parboilizado		670,7		670,7		670,7	-
Caseína*	143,0	144,5	143,9	146,5	148,2	151,9	154,0
Proteína do arroz	52,6	53,9	27,6	34,5	40,3	44,2	-
Fibra*	-	-	-	-	-	-	50,0
Fibra do arroz	8,2	8,1	8,1	8,6	8,2	17,8	-
Amido de milho*							465,7
Amido dextrinizado*							141,0
Sacarose*	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Óleo de soja*	37,1	35,8	36,1	33,6	31,8	28,1	40,0
Lípídeos do arroz	2,9	4,2	3,9	6,4	8,2	11,9	-
Mistura mineral*	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Mistura vitamínica*	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
L-cistina*	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Bitartarato de colina*	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tetrabutylhidroquinona*	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Amido resistente	17,1	21,0	21,5	24,1	19,8	22,3	14,9
Proteínas	121,2	121,7	118,2	119,3	120,0	121,0	121,9
Valor calórico (Kcal.k ⁻¹)	3731,4	3706,1	3812,3	3769,6	3747,2	3690,0	3802,8

AAC: alta amilose convencional; AAP: alta amilose parboilizado; MAC: média amilose convencional; MAP: média amilose parboilizado; BAC: baixa amilose convencional; BAP: baixa amilose parboilizado; DC: dieta controle (AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado, fibra: celulose microcristalina). * Segundo formulação da AIN-93M.

Estatística

Para a avaliação estatística foi utilizada a análise de variância ANOVA, seguida do teste de Tukey, de comparação

de médias, considerando como nível de significância estatística o limite de 95% (p<0,05).

RESULTADOS

No estudo do efeito do processamento de arroz com alto, médio e baixo teor de amilose nos níveis glicêmicos de 42 ratos *Wistar* machos, adultos, foram formuladas dietas experimentais com variação no amido resistente resultantes do processo de parboilização. Na Tabela 2 são apresentados os valores de ganho de peso, consumo alimentar e quociente de eficiência alimentar (QEA).

Observa-se que os animais apresentaram diferença no ganho de peso, sendo os menores valores encontrados para o arroz convencional de alta amilose (29,30 gramas) e de baixa

amilose (29,61 gramas), no entanto não houve diferença estatística quando comparados ao controle (34,10 gramas).

O QEA é um método de avaliação da eficiência alimentar, determina o valor nutritivo da dieta, conferindo ao animal um crescimento adequado, manutenção de peso e um bom estado nutricional. O amido resistente nas diferentes dietas, não alterou a eficiência das mesmas quando comparadas ao controle.

Nas Tabelas 3 e 4 são apresentados os teores de amido resistente nas dietas e os níveis de glicemia de jejum e pós-prandial dos animais.

TABELA 2
Efeito da amilose e da parboilização no ganho de peso (g), consumo de dieta (g) e quociente de eficiência alimentar (QEA) em ratos

Dietas	Ganho de Peso (g)	Consumo de Dieta (g)	QEA
Alta amilose convencional	29,30±3,40 ^c	357,52±12,71 ^{a,b}	0,08±0,009 ^c
Alta amilose parboilizado	36,79±2,48 ^{a,b}	345,33±12,23 ^{b,c}	0,11±0,007 ^{a,b}
Média amilose convencional	37,27±5,27 ^a	365,75±19,79 ^a	0,10±0,010 ^{a,b,c}
Média amilose parboilizado	37,76±4,67 ^a	322,24±26,46 ^c	0,12±0,015 ^a
Baixa amilose convencional	29,61±5,17 ^{b,c}	334,39±22,13 ^{c,d,e}	0,09±0,015 ^{b,c}
Baixa amilose parboilizado	33,61±4,01 ^{a,c}	341,21±18,20 ^{b,c}	0,10±0,013 ^{a,b,c}
Dieta controle	34,10±3,04 ^{a,c}	343,76±3,04 ^{b,d}	0,10±0,007 ^{a,b,c}

QEA: g ganho de peso durante 28 dias/ g de consumo de dieta durante 28 dias.

Dados expressos em média ± desvio padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p<0,05).

Amilose: alta = 31,57±0,22; média = 21,84±0,20; baixa = 6,31±0,10.

TABELA 3
Glicemia de jejum (mg.dL⁻¹) no tempo inicial, meio e fim do ensaio biológico

Dietas	Glicemia de Jejum (mg.dL ⁻¹)			
	*AR (%)	1º dia	14º dia	28º dia
Alta amilose convencional	1,71±0,10 ^c	70,58±10,25 ^a	64,33±11,35 ^a	69,91±7,54 ^a
Alta amilose parboilizado	2,10±0,10 ^b	73,17±20,43 ^a	67,17±10,20 ^a	74,17±26,39
Média amilose convencional	2,15±0,03 ^{a,b}	65,58±10,40 ^a	64,08±9,40 ^a	59,75±6,52 ^a
Média amilose parboilizado	2,41±0,12 ^a	66,67±7,75 ^a	61,67±8,47 ^a	71,67±9,34 ^a
Baixa amilose convencional	1,98±0,10 ^b	76,17±14,37 ^a	62,08±9,37 ^a	70,17±8,35 ^a
Baixa amilose parboilizado	2,23±0,08 ^{a,b}	63,14±6,27 ^a	64,47±7,89 ^a	59,89±7,10 ^a
Dieta controle	1,49±0,10 ^c	54,67±17,21 ^a	55,67±3,51 ^a	67,67±2,52 ^a

Dados expressos em média ± desvio padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p<0,05).

*AR: Amido Resistente

Amilose: alta = 31,57±0,22; média = 21,84±0,20; baixa = 6,31±0,10.

TABELA 4
Curva glicêmica (mg.dL⁻¹) das dietas experimentais em ratos machos *Wistar*

Dietas	Glicemia (mg.dL ⁻¹)			
	0 min	30 min	60 min	90 min
Alta amilose convencional	72,2±11,38 ^a	93,2±10,40 ^a	97,5±4,02 ^a	105,0±3,64 ^a
Alta amilose parboilizado	64,6±17,53 ^a	103,7±13,67 ^a	102,5±8,27 ^a	103,5±9,68 ^a
Média amilose convencional	60,2±5,89 ^a	94,7±6,98 ^a	96,3±5,35 ^a	98,9±3,57 ^a
Média amilose parboilizado	71,0±13,24 ^a	91,2±5,91 ^a	99,5±8,54 ^a	104,7±8,54 ^a
Baixa amilose convencional	72,5±9,95 ^a	89,5±6,86 ^a	97,7±4,02 ^a	93,2±8,75 ^a
Baixa amilose parboilizado	57,7±6,80 ^a	92,7±12,42 ^a	95,5±1,29 ^a	95,6±3,90 ^a
Dieta controle	67,5±2,88 ^a	90,2±17,32 ^a	101,7±1,44 ^a	105,5±3,89 ^a

Dados expressos em média ± desvio padrão.

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística (p<0,05).

Amilose: alta = 31,57±0,22; média = 21,84±0,20; baixa = 6,31±0,10.

Os maiores teores de amido resistente foram observados nas dietas elaboradas com arroz de médio teor de amilose, tanto convencional quanto parboilizado, e no arroz de baixa amilose parboilizado.

Os níveis glicêmicos dos ratos mantiveram-se na faixa de normalidade, demonstrando que independente do tipo de processo a que foi submetido o arroz e do teor de amilose, este alimento foi capaz de manter a glicemia, e ao longo de 90 minutos comportou-se igual ao controle. Observa-se que o teor de amido resistente não interferiu na glicemia.

DISCUSSÃO

Ganho de peso e consumo de dieta

Para o ganho de peso, não houve diferença em comparação com o grupo controle. Quanto ao consumo de dieta, os animais dos grupos alimentados com arroz de médio teor de amilose, obtidos por beneficiamento convencional e parboilizado, apresentaram o maior e o menor consumo, respectivamente, diferindo do grupo controle.

O Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) não diferiu significativamente entre as dietas experimentais contendo arroz e o controle, indicando que a presença de carboidratos não digeríveis nas dietas experimentais não alterou a eficiência das mesmas. Estes resultados estão em concordância com Walter et al. (9), que utilizaram dietas suplementadas com amido resistente em ratos. Os resultados para ganho de peso e QEA apresentaram valores baixos para as dietas, indicando que os animais encontravam-se em manutenção de peso em função da idade, e o arroz não modificou a eficiência alimentar destas dietas.

Glicemia de Jejum e Curva Glicêmica

O amido resistente desempenha várias funções benéficas ao organismo e também possui valor energético. Esta energia

é utilizada na fermentação pela microflora do cólon produzindo ácidos e derivados de ácidos orgânicos de cadeia curta como acetato, butirato e propionato (21,22). Estes compostos atuam na redução da hipercolesterolemia, da hiperlipoproteinemia e na prevenção de câncer de cólon pela proteção e importante função no crescimento da mucosa colônica (23).

Os teores de amido resistente nas dietas experimentais apresentaram diferença significativa em relação ao controle. Os maiores valores foram para o arroz parboilizado em todos os níveis de amilose, 2,41% para média amilose; 2,23% para baixa amilose e 2,10% para alta amilose. Os menores valores foram 1,71% para arroz de alta amilose convencional e 1,49% para a dieta controle.

Verifica-se que as dietas experimentais mantiveram normais os níveis de glicemia nos ratos, não apresentando diferença estatística entre os grupos nos três tempos avaliados, indicando que os diferentes níveis de amido resistente presente nas dietas não foram suficientemente capazes de promover uma resposta glicêmica significativa.

Estudos com humanos descrevem variabilidade nas respostas glicêmicas e/ou insulinêmicas na ingestão de amido resistente. Em geral, é aceito que o consumo de amido resistente reduz as concentrações pós-prandiais de glicose e de insulina. Alguns grupos de pesquisadores (24,25) reportam um decréscimo na glicemia pós-prandial ou resposta insulinêmica associada à ingestão de amido resistente em comparação ao amido digerível consumido, enquanto outros pesquisadores não encontraram mudanças (7,21).

Segundo Raben (24) e Hoebler (26), o conteúdo de lipídeos da dieta tem significativo impacto na resposta glicêmica da alimentação. Em estudos de dietas com e sem lipídeos com variações no conteúdo de amido resistente resultaram em dificuldade de interpretação dos dados. Também a fonte do amido resistente pode influenciar na resposta glicêmica/

insulinêmica, devido as suas diferentes propriedades físico-químicas (22).

O amido resistente não apresentou efeito na curva glicêmica ao longo de 90 minutos em ratos, provavelmente pela pequena quantidade presente nas dietas, indicando que o teor de amilose, bem como o tipo de processamento (convencional ou parboilização) tem o mesmo comportamento na glicemia. Segundo Englyst et al. (27) os carboidratos de baixa ou lenta digestão, e os classificados como amido resistente, são digeridos ou não, lentamente no intestino delgado e, como resultado reduzem a glicemia pós-prandial. Os alimentos de baixo índice glicêmico são resultantes de muitos fatores incluindo a forma e a natureza do amido. É evidente que as baixas absorção e digestão de carboidratos da dieta são favoráveis na manutenção de distúrbios metabólicos decorrentes de diabetes e hiperlipidemias (2,28).

Segundo alguns estudos (29,30) ocorre uma melhora do controle glicêmico após a administração de diferentes fontes de fibras. Embora os resultados destes trabalhos não sejam coincidentes em todos os estudos, constatou-se que a fibra solúvel e o amido resistente proporcionam em maior ou menor grau, uma alternativa efetiva e benéfica para o controle dos níveis de glicemia de jejum e pós-prandial. Para Higgins (22), estas evidências estão associadas à relação dose-resposta na ingestão de amido resistente na glicemia pós-prandial, insulinemia, oxidação lipídica e armazenamento de lipídeos.

Os efeitos do amido resistente sobre a resposta glicêmica ainda são conflitantes, embora se tenha o conceito de amido resistente e o conhecimento dos diferentes graus de digestibilidade do amido. Caruso e Menezes (31) demonstraram que cornflakes produziram elevada resposta glicêmica, embora contenham elevado teor de amido resistente e amido rapidamente digerível.

Conforme os resultados apresentados (Tabelas 3 e 4), observa-se que o teor de amilose não interferiu na resposta glicêmica, contrariando Caruso e Menezes (31) que sugerem ser o elevado teor de amilopectina responsável pelo aumento da glicemia, onde a digestão ocorre mais rapidamente devido às ramificações do glicano que contribui para aumentar a superfície exposta à hidrólise enzimática. Para os alimentos ricos em amilose, a resposta glicêmica poderá ser menor em decorrência da formação de complexos entre essa e ácidos orgânicos, lipídios e fatores antinutricionais.

Embora evidentes, os avanços nas pesquisas sobre o efeito do amido resistente na saúde humana, principalmente no metabolismo de carboidratos, ainda existe necessidade de continuar as pesquisas sobre este assunto, para obter correlações seguras entre os valores determinados *in vitro* com aqueles observados *in vivo*, em animais de experimentação, e assim extrapolar para seres humanos. No presente estudo, os resultados obtidos em ratos Wistar devem ser considerados haja vista a similaridade metabólica de roedores e humanos.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o teor de amilose e o processo de parboilização do arroz não interferem no ganho de peso, no consumo de dieta e no quociente de eficiência alimentar. A glicemia de jejum e ao longo de 90 minutos não é afetada pelo teor de amilose e nem pelo processo de beneficiamento industrial do arroz. Desta forma, a utilização de arroz como fonte de carboidratos na dieta é capaz de manter em níveis normais as concentrações sanguíneas de glicose.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de doutorado e, ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo financiamento do projeto de pesquisa, ao IRGA (Instituto Rio-Grandense do Arroz), Granja Quatro Irmãos, do grupo JOSAPAR (Joaquim Oliveira Participações Ltda.) e Indústria Comércio e Representações Líder Ltda. pela doação das amostras de arroz.

REFERÊNCIAS

- Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, Franceschi S, Hamidi M, Marchie A, Jenkins AL, Axelsen M. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *Am J Clin Nutr* 2002;76:266-273.
- Wolever TMS, Mchling C. High-carbohydrate-low-glycemic-index dietary advice improves glucose disposition index in subjects with impaired glucose tolerance. *Br J Nutr* 2002;87:477-487.
- Urooj A & Puttaraj S. Glycaemic responses to cereal-based Indian food preparations in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus and normal subjects. *Br J Nutr* 2002;83:483-488.
- Amato GW, Elias MC. Parboilização do arroz. Ed., Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005.
- Freitas MCJ. Amido resistente: propriedades funcionais. *Rev Nutr Br* 2002;1:40-48.
- Hu P, Zhao H, Duan Z, Linlin Z, Wu D. Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. *J Cereal Sci* 2004;4:231-237.
- Jenkins DJ, Vuksan V, Kendall CW, Wursch P, Jeffcoat R, Waring S, Mehling CC, Vidgen E, Augustin LS, Wong E. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. *J Am Coll Nutr* 1998;17:609-616.
- Miller JB, Pang E, Bramall L. Rice: a high or low glycemic index food? *Am J Clin Nutr* 1992;34:1034-1036.
- Walter M, Silva LP, Perdomo DMX. Resposta biológica de ratos ao amido resistente. *Rev Inst Adolfo Lutz* 2005;64(2):252-257.

10. Elias MC. Espera para secagem e tempo de armazenamento na qualidade de arroz para semente e indústria. 1998. 164f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
11. Gualarte MA. Metodologia analítica e características tecnológicas e de consumo na qualidade do arroz. 2005. 95f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
12. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey Jr, GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents; final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee and the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 1993;123(11):1939-1951.
13. Pearson D. Técnicas de laboratorio para el analisis de alimentos. Zaragoza: Acribia. 1976.
14. AOAC. Official Methods of Analysis International. 16 ed., Washington DC: Cunniff, 1995.
15. Bligh EG & Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 1959;37:911-917.
16. Lees R. Manual de análises de alimentos. Zaragoza: Acribia. 1979.
17. Angelucci E, Carvalho CRL, Carvalho PRN, Figueiredo IB, Mantovani DMB, Moraes RM. Manual técnico de análises de alimentos. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1987.
18. Martinez CY, Cuevas F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Guia del estudio. Cali: CIAT. 1989.
19. Goñi I, Garcia-Diaz L, Mañas E, Saura-Calixto F. Analysis of resistant starch: A method for foods and food products. *Food Chem* 1996;56(4):445-449.
20. Pellet PL, Young VR. Nutritional evaluation of protein foods. Tokyo: The United Nations University. 1980.
21. Behall KM, Scholfield DJ. Effect of starch structure on glucose and insulin responses in adults. *Am J Clin Nutr* 1988;47:428-432.
22. Higgins JA, Higbee DR, Donahoo WT, Brown IL, Beel ML, Bessesen DH. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. *Nutr Metab* 2004;1(8):1-11.
23. Roberfroid MB. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *J Nutr* 1999;129(7):1398-1401.
24. Raben A. Resistant starch the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. *Eur J Clin Nutr* 1994;48:151-163.
25. Heijnen ML, Van Amelsvoort JM, Weststrate JA. Interaction between physical structure and amylase: amylopectin ratio of foods on postprandial glucose and insulin responses in healthy subjects. *Eur J Clin Nutr* 1995;49:446-457.
26. Hoebler C, Karinthe A, Chiron H, Champ M & Barry JL. Bioavailability of starch in bread rich in amylose: metabolic responses in healthy subjects and starch structure. *Eur J Clin Nutr* 1999;53:360-366.
27. Englyst HN, Hudson GJ. The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chem* 1996;57(1):15-21.
28. Asp NG. Nutritional classification and analysis of food carbohydrates. *Am J Clin Nutr* 1994;59:6795-6815.
29. Lajolo FM, Menezes EW. Dietary fiber and resistant starch intake in Brazil: recommendations and actual consumption patterns. In: *Dietary Fiber*. New York: Ed. Handbook, 2001.
30. Parks EJ. Dietary carbohydrates effects on lipogenesis and the relationship of lipogenesis to blood insulin and glucose concentrations. *Brit J Nutr* 2002;87(2):247-253.
31. Caruso L, Menezes EW. Índice glicêmico dos alimentos. *Nutrire* 2000;19/20:49-63.

Recibido: 20-09-2007

Aceptado: 22-02-2008