



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AGROINDUSTRIAL**

**EFEITOS DO TEOR DE AMIOSE E DA PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ
NA FORMAÇÃO DE AMIDO RESISTENTE E NOS NÍVEIS GLICÊMICO E
LIPÊMICO DE RATOS *Wistar***

ELIZABETE HELBIG

Nutricionista

Mestre em Ciência da Nutrição

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Pelotas
Rio Grande do Sul - Brasil
Março de 2007

ELIZABETE HELBIG
Nutricionista
Mestre em Ciência da Nutrição

**EFEITOS DO TEOR DE AMILOSE E DA PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ
NA FORMAÇÃO DE AMIDO RESISTENTE E NOS NÍVEIS GLICÊMICO E
LIPÊMICO DE RATOS *Wistar***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Co-orientadores: Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer
Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes

Pelotas
Rio Grande do Sul - Brasil
Março de 2007

BANCA EXAMINADORA

Dr. Moacir Cardoso Elias

Dr^a. Leonor Almeida de Souza Soares

Dr^a. Luciana Bicca Dode

Dr^a. Márcia Rúbia Duarte Buchweitz

Dr. Walter Augusto Ruiz

FOLHA DE APROVAÇÃO

Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Orientador

Profa. Dra. Leonor Almeida de Souza Soares

Profa. Dra. Luciana Bicca Dode

Profa. Dra. Márcia Rúbia Duarte Buchweitz

Prof. Dr. Walter Augusto Ruiz

Este trabalho é dedicado...

... ao meu esposo e à minha filha,
torcedores,
pelo eterno incentivo, carinho, respeito e paciência
durante esta etapa de nossas vidas,
amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador, prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, pela amizade e extrema competência, e pelo crédito na realização deste trabalho.

Aos co-orientadores Dr. Manoel Artigas Schirmer e Dr. Pedro Luiz Antunes, pelos ensinamentos e valiosa experiência.

A CAPES pela bolsa de doutorado, a qual permitiu o desenvolvimento deste trabalho, e também pelos recursos que proporcionaram suporte financeiro para a sua execução.

Ao CNPq (Processo nº. 474853/2004-7 APQ) pela concessão do Auxílio à Pesquisa.

Ao IRGA, na pessoa de Carlos Alberto Fagundes, Granja Quatro Irmãos e ao Sr. Roni Radünz, pelo fornecimento do arroz, matéria-prima utilizada neste trabalho.

Ao Dr. Olavo Rusig de M. Cassab Indústria e Comércio Ltda., pela doação da mistura vitamínica.

À Faculdade de Nutrição, UFPel, em especial aos professores Márcia Rúbia Duarte Buchweitz e José Beiro Carvalhal, por possibilitarem a realização do ensaio biológico.

Aos amigos do Laboratório de Grãos, pela amizade com que me acolheram em especial à Cátia Maria Romano, Alexandra Morás, Márcia Arocha Gularte, Ana Clara Klug Tavares, Olívia Schwonke, Flávio Manetti Pereira e Daniel Simioni, e aos demais pela boa vontade em compartilhar seus conhecimentos profissionais permitindo a realização de parte deste trabalho.

Aos colegas pós-graduandos: Ana Paula, Cátia, Elvio, Fernanda (F1), Fernanda (F2), Jéferson, Leandro, Magna, Marcelo, Maurício, Pablo, Romeu e Volnei

pela convivência, a qual permitiu que os dias de trabalho se passassem entre conversas, guloseimas, chimarrão, músicas, conselhos e piadas, e que desta forma ou pelas sugestões e ajudas contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos estagiários e bolsistas pela valiosa cooperação e amizade, em especial a Juliane Mascarenhas Pereira e Daniel Rutz.

Aos amigos, colegas, professores e funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, pela prazerosa convivência e presteza com que sempre me receberam nestes anos.

Aos funcionários do Biotério da UFPel, em especial aos professores Milton Amado e Leonor Almeida de Souza Soares, pela amizade e apoio técnico imprescindível durante toda realização deste trabalho e, aos graduandos do curso de medicina veterinária, Rafael, Lucas, Matheus, Vagner e Tanaia.

Aos membros da banca examinadora, que contribuíram para o aprimoramento do trabalho através das correções e sugestões.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, aqui não mencionados, mas não esquecidos.

Acima de tudo, a Deus pela vida, por Sua presença, por Seu zelo e por todas as graças já concedidas.

“ A alma é indestrutível e sua atividade continua através da eternidade. É um quadro semelhante ao sol que, aos nossos olhos, parece se pôr à noite, quando, na realidade, vai difundir a sua luz em outros lugares.”

Goethe

RESUMO

AUTOR: Elizabete Helbig – Nutricionista – Mestre em Ciência da Nutrição

TÍTULO: Efeito do Teor de Amilose e da Parboilização do Arroz na Formação de Amido Resistente e nos Níveis Glicêmico e Lipêmico de Ratos *Wistar*

ORIENTADOR: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

CO-ORIENTADORES: Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer; Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes

Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial – DCTA, UFPel, Março-2007

O consumo de arroz parboilizado tem aumentado no Brasil e as alterações provocadas pelo processo nos grãos têm despertado interesses quanto ao conhecimento de suas conseqüências tanto nos aspectos tecnológicos quanto nutricionais vinculados à saúde. Foram estudados os efeitos da parboilização, do teor de amilose, da pressão de autoclavagem e do tempo de armazenamento na formação de amido resistente em arroz. Três amostras de arroz com alto, médio e baixo teores de amilose foram utilizadas. As amostras foram parboilizadas nas pressões 0,4; 0,7 e 1,0kgf.cm⁻² e armazenadas por 30; 60 e 120 dias. A determinação de amido resistente foi realizada em arroz branco (controle) e parboilizado polido, nas seguintes condições, cru, cozido e cozido seco em estufa com circulação de ar, e no arroz parboilizado cru armazenado. O arroz parboilizado apresentou diferenças quanto à composição centesimal e quanto ao rendimento de amido resistente, quando comparado com o arroz branco convencional. A formação de amido resistente está relacionada ao teor de amilose e à pressão de autoclavagem. O tempo de armazenamento de arroz parboilizado interfere no teor de amido resistente. Através de ensaio biológico com ratos, foram avaliados efeitos de dietas contendo arroz convencional ou parboilizado, com alto, médio e baixo teor de amilose, sobre glicemia, ação hipolipidêmica e volume fecal. As variáveis ganho de peso, consumo de dieta, massa hepática, glicemia de jejum e pós-prandial não apresentaram diferenças com relação ao controle. O volume fecal foi afetado pelo teor de amilose. O arroz parboilizado proporciona redução de colesterol total, sem interferir nos níveis de HDL. Para LDL a redução maior foi observada no arroz parboilizado com médio e alto teores de amilose. Maior teor de amido resistente em material intestinal e fecal foi encontrado para arroz parboilizado de médio e alto teores de amilose.

Palavras-chave: Arroz. Amido Resistente. Amilose. Parboilização. Armazenamento. Colesterol. Glicemia. Rato.

ABSTRACT

AUTHOR: Elizabete Helbig – Nutritionist – M.Sc. in Nutrition Science

TITLE: Effect of Amylose Content and Rice Parboiling Process in the Resistant Starch Formation and in the Glycaemic and Lipaemic Levels in Rats *Wistar*

ADVISOR: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias

CO-ADVISOR: Prof. Dr. Manoel Artigas Schirmer; Prof. Dr. Pedro Luiz Antunes

Department of Agro-industrial Science and Technology–DCTA, UFPel, March-2007

The consumption of parboiling rice has increased in Brazil and the alterations provoked by the process in the grains is of great interest in order to understand its consequences on nutritional and technological aspects related to human health. The effects of parboiling, amylose content, autoclave pressure and storage time on the formation of resistant starch in rice were studied. Three rice samples were used, with high, medium and low amylose contents. The samples were parboiled at pressures of 0.4, 0.7 and 1.0kgf.cm⁻² and stored for 30, 60 and 120 days. Resistant starch was determined in the white (control) and polished parboiled rice samples for the following conditions: raw, cooked and dry cooked in an incubator with air circulation, and in the stored raw parboiled rice. The parboiled rice showed differences with respect to the proximate composition and the resistant starch yield, when compared to conventional white rice. The formation of resistant starch is related to the amylose content and to the autoclaving pressure, and the storage time interfered with the resistant starch content. Using biological trials with rats, the effects of diets containing conventional or parboiled rice with high, medium and low amylose contents were evaluated with respect to their effects on glycaemia, hypolipidaemic action and faecal volume. The variables of weight gain, diet consumption, hepatic mass, fasting and post-prandial glycaemia showed no differences from the control. The faecal volume was affected by the amylose content. The parboiled rice caused a reduction in total cholesterol without affecting the HDL levels, the highest reductions in LDL being shown for the parboiled rice with medium and high amylose contents. The highest resistant starch contents in the intestinal and faecal materials were found for the parboiled rice with medium and high amylose contents.

Keywords: Rice. Resistant Starch. Amylose. Parboiling. Storage. Cholesterol. Glycaemia. Rat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Amido resistente (% b.s.) em função da amilose e da pressão de autoclavagem na parboilização de arroz.....	36
Figura 2.	Teores (mg.dL^{-1}) de colesterol total sérico (CT) dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	47
Figura 3.	Teores (mg.dL^{-1}) de triacilgliceróis séricos (TAG) dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	48
Figura 4.	Redução (%) do colesterol total e de triacilgliceróis séricos quanto ao controle após 28 dias do ensaio com ratos Wistar/UFPEL (n= 6 ratos/grupo).....	48
Figura 5.	Teores (mg.dL^{-1}) de colesterol HDL (c-HDL), colesterol LDL (c-LDL) e colesterol VLDL (c-VLDL) sérico dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	50
Figura 6.	Redução (%) das frações de colesterol HDL (c-HDL), colesterol LDL (c-LDL) e colesterol VLDL (c-VLDL) séricos quanto ao controle após 28 dias do ensaio com ratos Wistar/UFPEL (n= 6 ratos/grupo).....	51
Figura 7.	Glicemia de jejum (mg.dL^{-1}) dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	54
Figura 8.	Curva glicêmica (mg.dL^{-1}) das dietas experimentais em ratos machos Wistar/UFPEL, no tempo inicial (jejum), e aos 30, 60 e 90 minutos após ingestão.....	54
Figura 9.	Curvas glicêmicas (mg.dL^{-1}) das dietas experimentais em ratos adultos Wistar/UFPEL em jejum e ao longo de 90 minutos.....	56
Figura 10.	Lipídeos totais fecais (mg), em base seca, dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	63
Figura 11.	Colesterol total fecal (mg), em base seca, dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	63
Figura 12.	Triacilgliceróis fecais (mg), em base seca, dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Tratamentos para definição da melhor combinação operacional de tempo e temperatura de encharcamento no processo de parboilização – Isotermas de hidratação de amostras de arroz com três teores de amilose.....	20
Tabela 2.	Tratamentos para caracterização da matéria-prima e determinação de amido resistente em arroz convencional (branco) e parboilizado, cru, cozido e cozido seco.....	21
Tabela 3.	Tratamentos para determinação de amido resistente decorrente do teor de amilose, da pressão de autoclavagem e do armazenamento.....	22
Tabela 4.	Ensaio biológico com ratos adultos machos Wistar/UFPeI.....	23
Tabela 5.	Dietas experimentais utilizadas durante 28 dias no ensaio biológico com ratos adultos machos Wistar/UFPeI.....	26
Tabela 6.	Valores calórico (Kcal.100g^{-1}) e protéico (%) das dietas experimentais oferecidas durante 28 dias aos ratos adultos machos Wistar/UFPeI.....	27
Tabela 7.	Efeito do processo de beneficiamento sobre a composição centesimal de amostras de arroz (g.100g^{-1} - b.s.*) com três níveis de amilose.....	32
Tabela 8.	Amido resistente (% - b.s.) em arroz, cru, cozido e cozido seco.....	34
Tabela 9.	Amido Resistente (% b.s.) em função do teor de amilose e da pressão de autoclavagem na parboilização de arroz.....	37
Tabela 10.	Amido resistente (% b.s.) em função do teor de amilose e do tempo de armazenamento em arroz parboilizado cru.....	39
Tabela 11.	Amido Resistente, em base seca, das dietas experimentais.....	40
Tabela 12.	Ganho de peso (g), consumo de dieta (g) e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) dos ratos alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	41
Tabela 13.	Massa dos fígados (g), do material intestinal (g) e fezes (g) dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	43

Tabela 14. Dosagens sorológicas (mg.dL^{-1}) de colesterol total e triacilgliceróis dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	45
Tabela 15. Dosagens sorológicas (mg.dL^{-1}) c-HDL, c-LDL e c-VLDL dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	49
Tabela 16. Glicemia de jejum (mg.dL^{-1}) no tempo inicial, meio e fim do ensaio biológico com ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	52
Tabela 17. Curva glicêmica (mg.dL^{-1}) das dietas experimentais em ratos machos Wistar/UFPeI, no tempo inicial (jejum), e aos 30, 60 e 90 minutos após ingestão.....	55
Tabela 18. Lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis hepáticos de ratos machos Wistar/UFPeI, em base seca.....	58
Tabela 19. Teores de lipídeos, colesterol e triacilgliceróis hepáticos (mg.g^{-1}) específicos, em base seca, dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	59
Tabela 20. Teores de lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis excretados (b.s.), dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	60
Tabela 21. Teores de lipídeos, colesterol e triacilgliceróis excretados (b.s.), dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	61
Tabela 22. Amido resistente (mg.g^{-1}) nas fezes e no material intestinal, e volume fecal (mL) dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Amido Resistente – AR.

Colesterol Total – CT.

Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial – DCTA

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM.

Lipoproteína de Alta Densidade – HDL.

Lipoproteína de Baixa Densidade – LDL.

Lipoproteína de Muito Baixa Densidade – VLDL.

Triacilgliceróis – TG.

Universidade Federal de Pelotas – UFPel.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Aprovação do ensaio biológico pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEAA-UFPEI).....	88
--	-----------

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1 O Arroz	03
2.2 Amido Resistente	08
3 OBJETIVOS	18
3.1 Geral	18
3.2 Específicos	18
4 MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1 Material	19
4.1.1 Arroz	19
4.1.2 Animais para Experimentação	19
4.2 Métodos	19
4.2.1 Delineamentos Experimentais	19
4.2.1.1 Experimento I: Determinação do tempo e temperatura de encharcamento	19
4.2.1.2 Experimento II: Efeito da parboilização e do tempo de armazenamento sobre o conteúdo de amido resistente	21
4.2.1.3 Experimento III: Ensaio Biológico - Efeito do amido resistente nos níveis glicêmicos de ratos Wistar/UFPEL	23
4.2.2 Procedimentos Experimentais	24
4.2.2.1 Processo de Parboilização	24
4.2.2.2 Cocção do Arroz	24
4.2.2.3 Secagem do Arroz Cozido	25

4.2.2.4 Dietas Experimentais.....	25
4.2.2.5 Protocolo para a Condução do Ensaio Biológico.....	27
4.2.3 Determinação de Composição Centesimal.....	28
4.2.4 Determinação de Amilose.....	28
4.2.5 Determinação de Amido Resistente.....	29
4.2.6 Determinação de Lipídeos Totais Hepáticos e Fecais.....	29
4.2.7 Determinação de Colesterol Total Sérico, Hepático e Fecal.....	29
4.2.8 Determinação de Colesterol HDL.....	30
4.2.9 Determinação de Triacilgliceróis Sérico, Hepático e Fecal.....	30
4.2.10 Determinação de Glicemia de Jejum e Curva Glicêmica.....	30
4.2.11 Determinação de Volume Fecal.....	31
4.2.12 Determinação de Ganho de Peso.....	31
4.2.13 Determinação de Consumo de Dieta.....	31
4.2.14 Tratamento Estatístico dos Resultados Experimentais.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Composição Centesimal.....	32
5.2 Amido Resistente.....	33
5.3 Ensaio Biológico.....	40
5.3.1 Ganho de Peso, Consumo de Dieta e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA).....	41
5.3.2 Massa Hepática, Material Intestinal e Massa Fecal.....	43
5.3.3 Dosagens Sorológicas.....	45
5.3.3.1 Colesterol Total, c-HDL, c-LDL, c-VLDL e Triacilgliceróis.....	45
5.3.3.2 Glicemia de Jejum e Curva Glicêmica.....	52
5.3.3.3 Lipídeos Totais, Colesterol Total e Triacilgliceróis Hepáticos.....	57

5.3.3.4 Lipídeos Totais, Colesterol Total, Triacilgliceróis e Amido Resistente Fecais.....	60
6 CONCLUSÕES	67
7 REFERÊNCIAS	68
8 ANEXOS	88

1 INTRODUÇÃO

Os carboidratos, especialmente o amido, são importantes fontes energéticas na alimentação humana. Classificados em simples e complexos representam uma fonte primária de energia, contribuindo com mais de 60% do consumo total calórico. Os carboidratos simples possuem a capacidade de liberar energia de forma rápida, ocorrendo o contrário com os carboidratos complexos, que provêem energia durante tempo prolongado.

Os carboidratos complexos estão relacionados aos seus efeitos fisiológicos e nutricionais. Nesse grupo de nutrientes incluem-se o amido e os outros polissacarídeos, os quais possuem diferenças em suas estruturas químicas e em seus efeitos fisiológicos (LOBO e SILVA, 2003). Por suas diferenças estruturais, uma parte dos componentes que formam o grupo não-amido contribui pouco para o conteúdo energético das dietas, mas pode auxiliar na prevenção de várias doenças relacionadas à alimentação.

O amido resistente, sendo um carboidrato complexo, incluído no conceito de fibra alimentar, conduziu a uma nova linha de pesquisa nas áreas de nutrição, tecnologia e análise de alimentos. Efeitos fisiológicos causados por este componente, como a alteração no trânsito gastrointestinal, o aumento da sensação de saciedade, a ação em colesterolemia, glicemia e níveis de insulina sérica pós-prandiais, são decorrentes de um conjunto de propriedades físicas desempenhadas em função dos componentes químicos encontrados no alimento (LAJOLO et al., 2001a).

Com o decorrer do tempo, ocorreram grandes modificações no conhecimento da função dos carboidratos na nutrição e saúde humana, principalmente em relação aos seus efeitos fisiológicos diferenciados, atribuídos em especial ao amido resistente. Neste sentido, o emprego de ratos de laboratório em pesquisas na área de Nutrição

tem proporcionado importantes descobertas e, contribuído para a formação de bases científicas e de suas aplicações, neste campo de conhecimento (ANGELIS, 1995).

O amido resistente é a fração de amido não digerida no intestino delgado de indivíduos saudáveis, sendo fermentada no intestino grosso. As atuações do amido resistente são similares as da fibra alimentar, incluindo efeito pré-biótico, atuando no metabolismo lipídico, reduzindo o colesterol e os riscos de colite ulcerativa e de câncer de cólon. O amido resistente, por não ser digerido no intestino delgado, também atua na redução da glicemia pós-prandial (SHAMAI et al., 2003).

Dentre os alimentos ricos em carboidratos, o arroz é um dos cereais de maior destaque, pois se trata de alimento básico para a maioria da população mundial. O arroz é consumido preferencialmente na forma de grãos brancos polidos, obtidos por processo convencional de industrialização, e se caracteriza como um alimento que apresenta limitado conteúdo de fibra alimentar.

Vários estudos caracterizam o arroz parboilizado como sendo excelente fonte de carboidratos complexos, possuindo teores significativos de vitaminas do complexo B e minerais (ELIAS et al. 2001; AMATO, 2003; SILVA, 2003). Apesar de 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.

O consumo de arroz parboilizado tem crescido substancialmente nos últimos anos. O arroz parboilizado em relação ao branco polido apresenta vantagens nutricionais de suma importância: o aumento de minerais e vitaminas e de substâncias com ação semelhante a das fibras, como o amido resistente, que atua na manutenção da glicemia. O arroz parboilizado apresenta menor índice glicêmico quando comparado ao arroz branco polido (WALTER et al., 2005).

O Brasil tem grande potencial para explorar o mercado de produtos modificados. Paralelamente ao esforço no aumento da produção, tanto qualitativa como quantitativamente, há necessidade básica de incremento das condições de

beneficiamento. Há, entretanto, a possibilidade de maior consumo de arroz parboilizado, por parte de pessoas saudáveis preocupadas em reduzir o consumo calórico diário e também por aquelas acometidas por patologias como o diabetes mellitus, onde este produto resultaria em menor índice glicêmico, fator benéfico para o bom controle desta patologia.

Diante do exposto, é sabido que a fibra alimentar e as substâncias semelhantes contribuem na prevenção e no controle de alguns problemas de saúde, devido a suas propriedades funcionais. O arroz parboilizado é um produto natural e de fácil acesso em todo o Brasil. Portanto, há necessidade de novas pesquisas a partir deste alimento, especificamente em relação ao amido resistente, para que seus efeitos nutricionais possam ser mais conhecidos e divulgados entre a comunidade científica e os próprios consumidores.

Considerando-se o aumento do consumo de arroz parboilizado e a importância da fração amido resistente na saúde, a pesquisa foi conduzida objetivando avaliar a influência do teor de amilose, da pressão de autoclavagem e do tempo de armazenamento na formação do amido resistente em arroz, assim como verificar efeitos da parboilização de arroz com diferentes teores de amilose sobre os níveis glicêmico e lipêmico de ratos *Wistar*.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Arroz

O arroz é uma planta originária do sudeste asiático, havendo relatos de semeadura na China, há cerca de 5.000 anos (GALLI, 1978). Segundo Pedroso (1982), o arroz é uma das mais importantes culturas, sendo alimento básico de 2/3 da população mundial. Jardim (2000) relata que o arroz fornece 20% de energia para a alimentação mundial, enquanto que o trigo fornece 19% e o milho 5%.

No mundo, existe mais de 240.000 variedades de arroz registradas. Isto ocorre devido ao clima, às características do solo e às culturas diferentes. Desta variação surgem grãos com diversas características como temperatura de gelatinização, textura, estabilidade e viscosidade (HOSENEY, 1991; BOBBIO e BOBBIO, 1992).

O arroz foi introduzido no Brasil por portugueses, no século XVI, constituindo-se como componente essencial da dieta básica da população como fonte de carboidratos (ROVARIS et al., 2003). Apesar do excelente valor nutritivo, o arroz se caracteriza como um alimento que apresenta limitado conteúdo de fibra alimentar, principalmente na forma em que ele é mais consumido, o arroz branco polido.

Além de ser uma fonte rica em energia alimentar, o arroz possui vitaminas do complexo B, como a tiamina, riboflavina e niacina. Na fração lipídica destacam-se o orizanol e o tocotrienol (HEINEMANN et al., 2006). De acordo com vários pesquisadores, o óleo do farelo de arroz é recomendado para o tratamento de hiperlipoproteinemias em humanos, pois auxilia na redução das concentrações plasmáticas de colesterol total (CT), lipoproteína de baixa densidade (c-LDL) e triacilgliceróis (TG), quando adicionado à dieta (WILSON et al. 2000; CICERO e GADDI 2001; BERGER et al. 2004). Estudos com ratos demonstraram a associação entre o consumo de óleo de farelo de arroz e a resposta hipolipidêmica, caracterizada por reduções nas concentrações séricas de triacilgliceróis, colesterol total, lipoproteína de muito baixa densidade (c-VLDL) e lipoproteínas de baixa densidade (RUKMINI e RAGHURAM, 1991; SUNITHA et al. 1997).

O sistema de cultivo e colheita do arroz, a sazonalidade de produção e a perecibilidade do produto, em associação às características anatômicas e funcionais do grão, fazem com que este cereal seja submetido a operações que visam a sua conservação. Para que este alimento possa ser consumido é necessária pelo menos uma operação de processamento. O grão é uma cariopse, envolta por duas glumelas, a lema e a pálea, que formam a casca do arroz, havendo a necessidade do descascamento antes do seu consumo, mesmo que este seja na forma de arroz integral (ELIAS, 2004).

O arroz é consumido na forma integral ou esbramado, ou na forma de grãos brancos polidos, parboilizados ou não parboilizados. Estima-se que entre 70 e 80% do arroz consumido no Brasil seja branco polido. O parboilizado corresponde a 20% - 25%. Todas as demais formas de arroz, incluindo o integral, não chegam juntas a 10% (ELIAS e FRANCO, 2006).

Dentre as formas de processamento do arroz, o uso do pilão é uma das mais antigas, entretanto, processos primitivos de parboilização são também relatados, sem, contudo, identificar cronológica e geograficamente o emprego pela primeira vez do método, sendo o mais provável que tenha sido na Ásia sul-oriental ou na África tropical. Com o passar do tempo o processo de parboilização foi sendo aperfeiçoado, os processos anteriores variavam desde encharcamento do grão com água abundante e secagem ao sol, processo repetido várias vezes, ou então, os grãos eram colocados em vasilhas de argila ou de ferro, com água suficiente e eram aquecidas e, após o arroz era seco ao sol. Atualmente este processo foi tecnificado e mecanizado, utilizando-se o vapor sob pressão após o encharcamento dos grãos (AMATO e ELIAS, 2005)

O processo de parboilização pode ser resumido como uma ação de água e calor promovendo a migração do microconstituintes hidrossolúveis para o interior do grão, deixando-o mais rico sob o ponto de vista nutricional. Uma vez transferidos para o interior do grão, os nutrientes são fixados através da gelatinização do amido pelo calor. As operações unitárias iniciais a que são submetidos os grãos, ainda em casca, através de um processo hidrotérmico, resultam em uma nova vantagem que ora começa tomar importância: o incremento no valor das fibras, devido à formação de amido resistente. Este fato permite cogitar que o parboilizado possa fazer parte de um grupo muito especial de alimentos com propriedades, simultâneas, de nutrir e servir como remédio: os nutracêuticos (AMATO et al., 2002; AMATO, 2003).

Estudos relatam que o processo de parboilização do arroz, através de tratamentos hidrotérmicos modifica a estrutura físico-química de seus constituintes, proporcionando um aumento da fração não digerível (ELIAS et al. 2001; AMATO et al., 2002).

O amido é a mais importante substância de reserva nutricional das plantas superiores, sendo o principal constituinte do arroz, e compreende de 50 a 65% do peso dos grãos dos cereais. É constituído de dois polissacarídeos, a amilose e a amilopectina, cujas proporções são variáveis (BOBBIO e BOBBIO, 1992). A variação nos teores de amilose e amilopectina não afeta o valor nutritivo do arroz, mas influi nas qualidades culinárias, de tal forma que, quanto maior for o teor de amilose, mais separados ficarão os grãos após a cocção (CHANDIER, 1994).

O processo de parboilização provoca modificações que alteram propriedades físicas, químicas e sensoriais nos grãos de arroz, com vantagens econômicas e nutricionais, uma vez que se obtêm maiores renda e rendimentos durante o beneficiamento, quando se compara com o branco convencional, e também pela maior retenção de micronutrientes, como as vitaminas do complexo B (ELIAS et al. 2001; AMATO et al., 2002; PEREIRA, 2006).

Martinez y Cuevas (1989) relatam que a relação amilose/amilopectina depende da origem do amido e é em função dela que existem diferenças nas características dos amidos provenientes de fontes vegetais distintas e que pequenas variações nesta relação podem afetar as propriedades físicas do amido. De acordo com os autores, o teor de amilose para os grãos de arroz é considerado baixo quando inferior a 22%, médio quando entre 23 e 27%; alto quando superior a 28%.

Monks (2001) verificou que a parboilização não altera o conteúdo de amilose dos grãos de arroz. Silva (2003), trabalhando com arroz irrigado, observou que a parboilização aumentou, em média, em relação ao processo convencional de beneficiamento, o teor de matéria mineral de 0,53% para 0,86%, o teor de proteína bruta de 8,55% para 8,77%, o amido disponível de 76,27% para 62,58% e a fibra em detergente neutro de 2,7% para 15,4%.

Segundo Elias (1998), no processo de parboilização do arroz, as operações correspondentes às do beneficiamento convencional são precedidas pelo tratamento hidrotérmico, que em geral consta de três etapas: hidratação, autoclavagem e secagem. A hidratação tem por finalidade promover a entrada de água no grão,

aproveitando a propriedade que tem o amido de absorver até 30% do seu peso em água, tomando o espaço ocupado pelo ar dentro do grão. A temperatura utilizada é um pouco inferior à temperatura de gelatinização e esse valor é próprio para cada cultivar, mas nunca inferior a 58°C, segundo a legislação nacional (BRASIL, 1988).

Nas indústrias mais tecnificadas, após a hidratação o arroz é submetido à autoclavagem, a qual tem por objetivo promover a gelatinização do amido, que é facilitada pelo fato do grão entrar com umidade alta e energia, gerada pelo calor da água de hidratação, mas nas de menor tecnificação, esse processo ocorre em estufas, que ao invés de vapor utilizam ar seco em altas temperaturas (ELIAS e FRANCO, 2006). A autoclavagem é uma etapa da parboilização em que ocorre a completa gelatinização do amido e pode ser realizada a pressões entre 0,3 e 1,2 kgf.cm⁻², por 10 a 20 minutos em temperaturas de 108 a 116°C (SILVA 2003).

A operação de secagem na parboilização pode ser dividida em três etapas, de acordo com Amato e Elias (2005). A secagem primária ocorre quando há uma alta concentração de umidade na superfície do grão, a retirada dessa água superficial é facilitada pela transferência na massa de grãos. A umidade é rebaixada em cerca de 10 pontos percentuais. Esta é uma etapa com rápida perda de água, o que permite o uso de equipamentos de alta taxa de transferência, como os secadores rotativos horizontais e secadores em leito fluidizado.

A secagem secundária ou complementar é caracterizada por ser mais lenta, pois a umidade do interior do grão deve migrar para a periferia, e então ser transferida para o ar de secagem. Nesta etapa, comumente são utilizados os secadores intermitentes, que podem ser precedidos por secadores contínuos adaptados.

Durante a secagem de arroz deve ser considerada a diferença entre a secagem de um grão de arroz comum de um grão gelatinizado, isto torna necessário um comportamento diferenciado, havendo a necessidade de uma operação intermediária entre as duas etapas de secagem. Esta etapa é o revenido, ou temperagem intermediária, caracterizada por reequilibrar a água no grão, deixando-o

estacionado, aproveitando a propriedade de tendência a homogeneizar a distribuição de água segundo a capacidade de retenção de cada uma das camadas.

2.2 Amido Resistente

Os carboidratos contribuem com cerca de 40 a 60% da energia ingerida diariamente pela população. A fonte de carboidratos é variável, entretanto o amido é o maior componente. O amido é composto por macromoléculas, amilose e amilopectina. Os alimentos amiláceos comumente não são consumidos crus, havendo a necessidade de um tratamento térmico, de forma a torná-lo palatável e aumentar sua biodisponibilidade. Quando o amido é aquecido em excesso de água, a estrutura de seus grânulos é alterada pela perda da cristalinização da amilopectina, seguida de lixiviação, hidratação e solubilização. Este processo é conhecido como gelatinização.

A hidratação do amido, seguida de processamento térmico, resulta na formação de amido retrogradado, onde as moléculas de amido formam cadeias lineares através de ligações fortes entre seus polímeros e também com outros componentes do alimento, como exemplo as proteínas (SAGUM e ARCOT 2000).

A definição do amido como um carboidrato nutricionalmente disponível está baseada na facilidade de hidrólise de suas macromoléculas formadoras, no sistema digestório, produzindo carboidratos de baixo peso molecular. Segundo Asp (1995), as propriedades mais importantes com influência no valor nutricional do amido incluem a taxa e a extensão da digestão ao longo do trato gastrointestinal e o metabolismo de seus monômeros absorvidos. Entretanto, alguns aspectos físico-químicos do amido podem afetar a sua digestibilidade. De um modo geral, os principais fatores incluem a origem botânica, as características do próprio amido, a relação amilose/amilopectina, o grau de cristalinidade, a forma física, as condições de processamento a que são submetidos os produtos amiláceos, assim como interações ocorridas entre esta substância e outros constituintes do alimento (COLONNA et al., 1992; GRANFELDT et al., 1993; SKRABANJA e KREFT, 1998; HOOVER, 2003).

A partir da década de 80, do século XX, os trabalhos de Englyst e Cummings (1987) intensificaram as pesquisas a respeito das frações do amido, assim como suas classificações e propriedades.

O amido pode ser classificado de acordo com sua susceptibilidade à hidrólise enzimática. Segundo Englyst et al. (1992), de acordo com a velocidade em que o alimento é digerido, o amido divide-se em (a) rapidamente digerível, quando ocorre conversão em glicose em até 20 minutos; (b) lentamente digerível, quando convertido em glicose em 120 minutos; e (c) amido resistente, quando resiste à ação das enzimas digestivas.

O termo amido resistente foi sugerido inicialmente por Englyst et al. (1982) quando constataram que muitos alimentos processados continham maior teor aparente de polissacarídeos não amiláceos do que os seus produtos crus correspondentes. Estes pesquisadores definiram amido resistente como sendo aquele que resiste à dispersão em água fervente e hidrólise pela ação da amilase pancreática e da pululanase. A partir de 1992, a definição para amido resistente assumiu um caráter mais relacionado a seus efeitos fisiológicos, representando “a soma do amido e produtos de sua degradação que não são absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis” (FAISANT et al., 1993; CHAMP e FAISANT, 1996; GOÑI et al., 1996).

Para Annison e Topping (1994), quimicamente o amido resistente resulta da fração amilose altamente retrogradada. A quantidade formada é diretamente proporcional ao conteúdo de amilose linear presente no amido. Assim, o grau de formação de amido resistente em alimentos depende do tipo de amido, condições de processamento empregadas, e está também influenciado pela duração e pelas condições de armazenamento (GOLDBLITH, 1971; GOÑI et al., 1996).

O amido resistente é classificado em quatro tipos de acordo com Eerlingen e Delcour (1995). O tipo 1 (RS 1) representa o grânulo de amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, fundamentalmente por causa das paredes celulares e proteínas; o tipo 2 (RS 2) refere-se aos grânulos de amido nativo, encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade devido às características intrínsecas da

estrutura cristalina dos seus grânulos; o tipo 3 (RS 3) consiste em polímeros de amido retrogradado, principalmente de amilose, produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização (ENGLYST et al., 1992; COLONNA et al., 1992). O tipo 4 (RS 4) é o amido modificado quimicamente, decorrente de modificações na estrutura química do amido. Estes incluem os amidos substituídos quimicamente com grupamentos ésteres, fosfatos e éteres, bem como amidos com ligações cruzadas (BJÖRK et al., 1989; CHAMP et al., 2001).

Alguns fatores, como, métodos de conservação do alimento, processos culinários e fatores intrínsecos do alimento podem afetar a formação de amido resistente. Durante o processamento e o armazenamento, as mudanças ocorridas na estrutura do amido influenciam profundamente as suas propriedades funcionais e fisiológicas (COLONNA et al., 1992). A quantidade de água, o grau de gelatinização, o tempo e a temperatura de armazenamento são variáveis que influenciam no processo de cristalização e afetam diretamente os rendimentos de amido resistente (ESCARPA et al., 1996).

Durante o aquecimento em meio aquoso, ocorre rompimento das pontes de hidrogênio estabilizadoras da estrutura cristalina interna dos grânulos de amido. Com o prosseguimento do aquecimento, rompe-se a região cristalina e a água entra, fazendo com que o grânulo se rompa e perca a birrefringência (HOSENEI, 1991; GERMANI, 1999). Mangala et al. (1999), em estudo sobre a formação de amido resistente, constataram que a retirada da fração lipídica do arroz aumentou em 110% o amido resistente, e após a autoclavagem das amostras, o amido resistente, passou de 0,03% para 0,89%, resultando em quase 300% de aumento. A retirada da fração lipídica, que internamente é responsável pela interação com as moléculas de amilose, torna este constituinte disponível para maior agregação entre si, e após ciclos de autoclavagem e resfriamento, ocasionam o aumento de amido resistente (EERLINGEN e DELCOUR, 1995).

Para Themeier et al. (2005), entretanto, o teor de amilose não é o único determinante do teor de amido resistente no alimento. Amidos de cereais contendo 34%

de amilose apresentaram baixo teor de amido resistente (1%), já amido de ervilha com teor semelhante de amilose (30-34%) resultou em elevados teores de amido resistente, na faixa de 9 a 11,5%. Os autores atribuem a diferença no teor de amido resistente ao alto grau de cristalinidade destes amidos, que apresentam polimorfismo tipo C, enquanto que o amido de cereais apresenta polimorfismo tipo A.

Em temperatura de refrigeração e de congelamento, as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair e determinando, assim, a chamada sinerese. A recristalização ou retrogradação ocorre quando, após uma solubilização durante o processo de gelatinização, as cadeias de amilose, mais rapidamente do que as de amilopectina, agregam-se formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio (GERMANI, 1999). Os polímeros de amilopectina retrogradada, limitados pela sua estrutura ramificada, são menos firmemente ligados do que os da amilose retrogradada, o que lhes confere uma menor resistência à hidrólise enzimática e por consequência torna o amido mais digerível (COLONNA et al., 1992).

Propriedades físico-químicas desses componentes resistentes à digestão no intestino delgado, e mesmo o seu grau de desintegração durante o processamento e a mastigação, influenciam nos efeitos fisiológicos no organismo. Dentre tais efeitos, é importante salientar a propriedade de sofrer fermentação no cólon. A extensão de sua fermentação é influenciada por fatores como disponibilidade de nutrientes, pH, tempo de trânsito intestinal, suas características físico-químicas, presença de alguns constituintes como fitatos e compostos fenólicos, além da microbiota existente no intestino grosso. Por outro lado, a fermentação gera alguns produtos que aumentam a acidez do cólon, exercendo efeitos protetores. Esses produtos também provêm energia que poderá ser utilizada como reserva energética para a proliferação de bactérias colônicas benéficas (LAJOLO et al., 2001b; LOBO e SILVA, 2003).

Segundo Sievert e Pomeranz (1989) uma parte do amido ingerido escapa da digestão enzimática no intestino delgado. A microflora do cólon utiliza esta fração do amido não digerido fermentando-o. A atuação do amido resistente é similar a das fibras

alimentares, incluindo efeito pré-biótico na microflora do cólon, alteração no metabolismo de lipídeos e colesterol, com redução do risco de colite ulcerativa e câncer de cólon. Por não ser digerido no intestino delgado, também reduz o índice glicêmico do alimento (HOEBLER et al., 1999).

Pesquisas demonstram uma relação positiva entre a fibra alimentar e a saúde humana. A fibra alimentar, definida como o somatório de polissacarídeos e substâncias relacionadas indigeríveis mais a lignina, é o constituinte de alimentos e de produtos alimentícios que resiste à hidrólise dos sucos digestivos do homem. A fibra ingerida na alimentação humana não é hidrolisada até no intestino delgado, mas, sim a partir da porção terminal deste e, principalmente, ao alcançar o intestino grosso, a fração solúvel é extensamente fermentada pela flora natural microbiana, enquanto que, a fração insolúvel permanece quase que totalmente intacta (RAUPP e SGARBIERI, 1997).

A evolução do conhecimento científico permite concluir que a normalidade digestiva, bem como, a prevenção e o tratamento de doenças como a constipação, a diverticulite, a hipercolesterolemia, a hiperglicemia, a obesidade, o câncer do intestino grosso e de mama, estão relacionados, em parte, à ingestão de fibra alimentar. Contudo, os diversos constituintes da fibra alimentar não têm o mesmo efeito ou ação fisiológica. A fibra solúvel contribui para o aumento do volume intra-luminal, no entanto, tem pouco efeito, em contraste com a fibra insolúvel, no peso e no volume fecal (MIKKELSEN et al., 1979; BOLTON et al., 1981; SMITH et al., 1981; ANDERSON e BRYANT, 1986; SCHNEEMAN, 1987; ROEHRIG, 1988; SEVA-PEREIRA et al., 1991; SCHWEIZER e EDWARDS, 1992; HERNANDEZ et al., 1995; RAUPP e SGARBIERI, 1997).

O interesse em estudar os efeitos fisiológicos dos carboidratos baseia-se na hipótese de que do amido ingerido aproximadamente 10% são resistentes à hidrólise que ocorre no trato digestivo, e como tal são fermentados no cólon onde exercem um efeito similar ao da fração solúvel da fibra, motivo pelo qual este amido resistente é considerado um dos componentes da fibra alimentar (GOÑI et al., 1995; VALASCO et al., 1997; OSORIO-DÍAZ et al., 2002; FREITAS, 2002).

O cólon humano é descrito como um complexo ecossistema, contendo mais de 400 espécies de bactérias. Os principais nutrientes para o crescimento das bactérias do cólon são os carboidratos e as proteínas da dieta. A composição da microbiota colônica de adultos é relativamente estável, mas vários fatores, incluindo a dieta, podem alterar a composição ou o metabolismo das bactérias intestinais. A alta ingestão de carboidratos é conhecida por elevar o número de bifidobactérias. Por outro lado, uma alta ingestão de lipídeos ocasiona aumento na população de *Bacteróides* spp, assim como os oligossacarídeos, em particular oligofrutose, podem estimular o crescimento de *Bifidobacterium* spp. Estas descobertas sugerem que o balanço da microbiota intestinal pode ser manipulado por meios dietéticos (WANG et al., 1999).

Tomlin e Read (1990) e Slavin et al. (1997) verificaram que a suplementação da dieta com fibras contribui para a prevenção da constipação intestinal e do câncer do cólon, através do aumento do volume, do peso e da frequência das fezes, aliado ao menor tempo de trânsito intestinal.

O amido não digerido no intestino delgado serve de substrato para a fermentação bacteriana, resultando na produção de gases e ácidos orgânicos voláteis, dos quais o ácido butírico é considerado por atuação específica, com efeito anti-proliferativo de células epiteliais colônicas. Estudos epidemiológicos têm demonstrado a correlação entre a alta ingestão de carboidratos dietéticos (cerca de 400 gramas por dia), e a baixa incidência de câncer colorretal. Estes estudos propõem que este efeito é decorrente dos elevados níveis de ácido butírico encontrados no cólon (CASSIDY et al., 1994; STEPHEN et al., 1995; BINGHAM, 1996).

Pesquisas de Vonk et al. (2000) e Bednar et al. (2001) têm demonstrado a participação do amido resistente no processo fermentativo no cólon, por bactérias probióticas, como as bifidobactérias, promovendo o desenvolvimento de uma microbiota saudável, em detrimento de espécies bacterianas nocivas, com benefícios à saúde, atuando como prebiótico.

Os prebióticos são definidos como “substâncias alimentares não digeríveis que afetam benéficamente e, estimulam seletivamente o crescimento e/ou atividade de uma

ou um número ilimitado de espécies bacterianas residentes no cólon e que auxiliam na manutenção da saúde” (GIBSON e ROBERFROID, 1995).

Um dos fatores reconhecido como de maior importância para a manutenção da saúde do aparelho digestório é a flora colônica, especialmente a composição bacteriana e os “nutrientes” que por ela são metabolizados. Assim sendo, o consumo de carboidratos fermentáveis pela flora pode originar condições metabólicas que supostamente façam à eliminação de substâncias tóxicas e substâncias carcinogênicas (BROUNS et al., 2002). Entretanto, Conway (2001) afirma ser difícil ter conclusões clínicas definitivas, pois os efeitos benéficos em longo prazo são difíceis de mensurar e, geralmente têm sido atribuídos ao efeito conjunto de pré e probióticos na manutenção da saúde.

O pH, originado a partir da fermentação, favorece a vasodilatação e aumenta a absorção de água e sais, melhorando a sintomatologia de indivíduos com diarreia. Além disso, a amônia torna-se ionizada e não é absorvida por difusão passiva, influenciando os níveis sanguíneos e beneficiando pacientes em tratamento de cirrose hepática com ou sem encefalopatia portal sistêmica (FERREIRA, 2003).

O ácido propiônico, resultante da fermentação do amido resistente leva ao aumento da contração muscular do cólon, acelerando o peristaltismo intestinal, reduzindo a constipação. Outro efeito atribuído ao ácido propiônico é o fato de estar envolvido na inibição da síntese de colesterol nos hepatócitos, mediada pela atividade da enzima hidroximetilglutaril-coenzima A redutase (HMG-CoA), diminuindo assim o risco de enfermidades cardiovasculares (FREITAS, 2002; FERREIRA, 2003).

Behall et al. (1989) em estudo com humanos, observaram redução de 30 a 36% na concentração de colesterol para a dieta com amido de milho de alta amilose comparada ao amido de baixa amilose. Em estudos subseqüentes com ratos, Deckere et al., (1993) e Vanhoof e Schrijver (1997) encontraram cerca de 8 a 23% de redução de colesterol.

Em estudo com arroz japonico, com 18,6% de amilose, oferecido a ratos hipercolesterolêmicos, Cheng e Lai (2000) constataram que a dieta contendo 63% de amido de arroz apresentou efeito mais pronunciado na redução de colesterol quando comparado ao amido de milho na mesma concentração.

Em 1992, Miller et al. observaram que o farelo de arroz, servido como purê para indivíduos também saudáveis de 19 a 36 anos, provocou índice glicêmico muito baixo (19 ± 3), concluindo que poderia ser útil suplemento em dietas para diabéticos. Entre as fibras do alimento, as solúveis apresentam efeito hipoglicêmico, hipocolesterolêmico, atuam no esvaziamento gástrico e podem ser metabolizadas no cólon, fornecendo ácidos graxos de cadeia curta, liberando energia (BRENELLI, 1990; SCHENEEMAN e GALLAHER, 1991; READ e ESTWOOD, 1992; ROBERFROID, 1993).

Cummings et al. (1996) observaram que alguns amidos resistem à hidrólise por enzimas pancreáticas, podendo alcançar o intestino grosso, tendo importante implicação na saúde humana. As atividades fisiológicas no intestino, especialmente o hábito intestinal, a produção de ácidos graxos de cadeia curta, o metabolismo do nitrogênio, as atividades bacteriológicas e a proliferação celular são amplamente controladas pelos carboidratos que entram no cólon.

Oguido et al. (1995) trabalharam com ratos diabéticos e observaram que aqueles suplementados com farelo de arroz apresentaram maior ingestão alimentar, diminuição dos níveis glicêmicos sanguíneos e da taxa de glicogênio hepático.

Silva (1996) pesquisou pacientes diabéticas com idade entre 45 e 60 anos e verificou que uma dieta rica em fibras causou diminuição significativa da glicemia de jejum a partir do primeiro dia e da glicemia pós-prandial a partir do terceiro dia.

Para Qureshi et al. (2002), o farelo de arroz atenua a hiperglicemia em indivíduos diabéticos. Os pesquisadores atribuem este efeito aos componentes solúveis presentes no farelo de arroz, onde constataram redução nas concentrações de glicose de 29 e 33%, para indivíduos com diabetes tipo 1 e tipo 2, respectivamente.

Estudos mostram a relação entre o surgimento das complicações agudas e crônicas do Diabetes mellitus com o tratamento inadequado, promovendo a manutenção da hiperglicemia, principal agente desencadeante das mesmas. Logo, é extremamente necessário encontrar procedimentos que promovam a compensação glicêmica, a fim de se evitar e/ou minimizar essas complicações. Por isso, inúmeros trabalhos têm buscado a melhor forma de tratamento, chegando-se ao vital papel da dieta no controle glicêmico. As duas principais formas de diabetes, Diabetes mellitus insulino-dependente e não-insulino-dependente, se beneficiam com o tratamento dietoterápico (SIMPSON et al. 1979; MADAR, 1987; HALPERN e MANCINI, 1995).

O índice glicêmico e o conteúdo de amido resistente dos alimentos têm sido estabelecidos como sendo dois importantes indicadores da digestibilidade do amido. Do ponto de vista nutricional, a baixa resposta glicêmica é considerada benéfica, especialmente para aqueles indivíduos com diminuída tolerância à glicose. O arroz é conhecido por apresentar uma resposta glicêmica relativamente alta comparado a outros alimentos amiláceos. Jenkins et al. (1984) relatou que o arroz integral apresenta índice glicêmico 96 e o arroz branco 83. Miller et al. (1992) classificam arroz cozido fresco como um alimento de alto índice glicêmico com valores variando entre 64 a 93.

Para Kim et al. (2003), no Diabetes mellitus não-insulino-dependente, a dieta com elevado conteúdo de carboidratos simples ou carboidratos digeríveis pode agravar o controle glicêmico ou acelerar o desenvolvimento de doenças cardiovasculares. O amido resistente, por ser resistente à digestão e também por retardar o processo absorptivo, correlaciona-se negativamente com o índice glicêmico, podendo ser usado como um meio eficiente para a redução da glicemia (HU et al., 2004).

Carreira et al. (2004) estudaram o efeito do armazenamento de pão branco, feijão seco, espaguete branco, grão-de-bico e farinha de milho, em baixas temperaturas através do índice glicêmico em humanos. Observaram que o índice glicêmico é significativamente reduzido nos alimentos armazenados a -20°C durante 30 dias. Atribuem este efeito ao aumento de amido resistente, pela formação de amido resistente tipo III (retrogradação amilose/amilopectina). Todos os alimentos estudados

apresentaram aumento no teor de amido resistente após 30 dias de armazenamento a -20°C; 61% para espaguete, 47% para feijões, 16% para farinha de milho e 8% para grão-de-bico.

A relação entre amido resistente e controle glicêmico, entretanto, ainda não está totalmente elucidada, tanto em diabetes humano quanto em modelos animais, mas acredita-se que o amido resistente seja um candidato ideal para o controle glicêmico em condições de diabetes.

O Brasil vive uma “transição nutricional”, que diz respeito a “mudanças seculares em padrões nutricionais que resultam de modificações na estrutura da dieta dos indivíduos e que se relacionam com mudanças econômicas, sociais, demográficas e relacionadas à saúde”. Constata-se, assim, a tendência de se reduzir a ingestão de carboidratos complexos pela diminuição do consumo de cereais, leguminosas e tubérculos, além de substituir os carboidratos por lipídeos e aumentar o consumo de proteínas animais e de açúcar, como ocorreu nos países desenvolvidos, aspectos estes que podem ser alguns dos fatores associados à maior incidência da obesidade e de diferentes doenças crônico-degenerativas, dentre elas o Diabetes mellitus (CARVALHO, 1999).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar influências do teor de amilose, da pressão de autoclavagem e do tempo de armazenamento sobre a formação do amido resistente em arroz, assim como verificar efeitos da parboilização de arroz com diferentes teores de amilose nos níveis glicêmico e lipêmico de ratos *Wistar*.

3.2 Específicos

3.2.1 Determinar os teores de amido resistente em grãos de arroz convencional polido (branco) e parboilizado polido, em amostras de alto, médio e baixo teor de amilose.

3.2.2 Avaliar efeitos de diferentes pressões de autoclavagem durante a parboilização do arroz nos teores de amido resistente.

3.2.3 Avaliar efeitos do tempo de armazenamento do arroz parboilizado nos teores de amido resistente.

3.2.4 Determinar o Quociente de Eficiência Alimentar (QEA), ganho de peso, consumo de dieta, volume fecal e massa dos fígados de ratos.

3.2.5 Avaliar efeitos do arroz parboilizado nos níveis glicêmicos de ratos *Wistar*.

3.2.6 Determinar o perfil lipídico em termos de colesterol total e suas frações (c-VLDL, c-LDL e c-HDL) e triacilgliceróis séricos no início (valor referencial) e após 28 dias do ensaio biológico, quantificando lipídeos totais, triacilgliceróis e colesterol total hepáticos e fecais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

4.1.1 Arroz

Amostras de arroz (*Oryza sativa* L.) com alto (31,57%), médio (21,84%) e baixo (6,31%) teores de amilose, cedidas pelo IRGA (Instituto Rio-Grandense do Arroz), pela Indústria Comércio e Representações Líder Ltda. e pela Granja Quatro Irmãos, do grupo JOSAPAR (Joaquim Oliveira Participações Ltda.).

4.1.2 Animais para Experimentação

Foram utilizados ratos adultos machos, da linhagem Wistar/UFPeI, idade 90 dias, com peso médio de 317g, provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Pelotas, RS.

4.2 Métodos

4.2.1 Delineamentos Experimentais

4.2.1.1 Experimento I: Determinação do tempo e da temperatura de encharcamento na parboilização do arroz

Para avaliação das isotermas de hidratação, através da avaliação das temperaturas e dos tempos de encharcamento mais adequados para cada matéria-prima foi utilizado o delineamento experimental apresentado na Tabela 1.

Para a verificação das isotermas de hidratação foi utilizado o método descrito por Elias (1998), adaptado para as condições do experimento.

Tabela 1. Tratamentos para definição da melhor combinação operacional de tempo e temperatura de encharcamento no processo de parboilização – Isotermas de hidratação de amostras de arroz com três teores de amilose.

Tratamentos	Variáveis Independentes			Variáveis Dependentes	
	Teor de amilose	Temperatura de Encharcamento			
		60°C	65°C		70°C
1 – 3	Alto				
4 – 6	Alto				
7 - 9	Alto			- Tempo de encharcamento	
10 – 12	Médio				
13 - 15	Médio			- % umidade final	
16 – 18	Médio				
19 - 21	Baixo				
22 – 24	Baixo				
25 - 27	Baixo				

As amostras (50 gramas em cada uma das três repetições por tratamento) foram acondicionadas em saquinhos de filó e cada uma delas foi colocada num recipiente de alumínio previamente identificado. Cada recipiente de alumínio tinha capacidade para 300mL.

Foram utilizadas 48 unidades experimentais para cada tratamento, totalizando 7320 gramas de arroz de cada grupo de amostras. Os tratamentos foram feitos em três temperaturas (60, 65 e 70°C) para cada teor de amilose (alto, médio, baixo). A cada 30 minutos de encharcamento eram retiradas triplicatas de cada amostra, sendo escorrido o excesso de água, e submetidas à centrifugação por 2 minutos e 30 segundos, a 21rpm. Depois de retiradas da centrífuga, as amostras eram pesadas para posterior

cálculo da absorção efetiva de água. Este procedimento se repetiu a cada 30 minutos até completar 480 minutos de encharcamento, definidos por testes prévios.

Definiu-se 30% de umidade como percentual referencial de hidratação. Assim as condições binárias utilizadas foram hidratação a 65°C durante 6 horas para as amostras de médio e alto teores de amilose, enquanto a amostra de baixo teor de amilose teve essa condição com temperatura de encharcamento a 70°C durante 7 horas.

4.2.1.2 Experimento II: Efeito da parboilização e do tempo de armazenamento sobre o conteúdo de amido resistente.

Tabela 2. Tratamentos para caracterização da matéria-prima e determinação de amido resistente em arroz convencional (branco) e parboilizado, cru, cozido e cozido seco.

Tratamentos	Variáveis Independentes					Variáveis Dependentes
	Teor de amilose	Processo	Arroz			
			Cru	Cozido	Cozido Seco	
01 - 03	Alto	Convencional				
04 - 06	Alto	Parboilização				
07 - 09	Médio	Convencional				Amido Resistente
10 - 12	Médio	Parboilização				
13 - 15	Baixo	Convencional				
16 - 18	Baixo	Parboilização				

Três repetições por tratamento

Parboilização - Temperatura de encharcamento: 65°C, 6 horas = amostras de médio e alto teor de amilose, a 70°C, 7 horas = amostra de baixo teor de amilose. Pressão 0,7kgf.cm⁻²

Tabela 3. Tratamentos para determinação de amido resistente decorrente do teor de amilose, da pressão de autoclavagem e do armazenamento.

Tratamentos	Variáveis Independentes			Variáveis Dependentes
	Teor de amilose	Pressão (kgf.cm ⁻²)	Armazenamento (dias)	
01 - 04	alto	0,4	1; 30; 60; 120	Amido resistente
05 - 08	alto	0,7	1; 30; 60; 120	
09 - 12	alto	1,0	1; 30; 60; 120	
13 - 16	médio	0,4	1; 30; 60; 120	
17 - 20	médio	0,7	1; 30; 60; 120	
21 - 24	médio	1,0	1; 30; 60; 120	
25 - 28	baixo	0,4	1; 30; 60; 120	
29 - 32	baixo	0,7	1; 30; 60; 120	
33 - 36	baixo	1,0	1; 30; 60; 120	

Três repetições por tratamento

Parboilização - Temperatura de encharcamento: 65°C, 6 horas = amostras de médio e alto teor de amilose, 70°C, 7 horas = amostra de baixo teor de amilose.

Armazenamento: Pressão 0,7kgf.cm⁻²

Para a caracterização da matéria-prima, determinação de amido resistente em arroz processado (Tabela 2) e no armazenamento (Tabela 3), a parboilização foi realizada com pressão de 0,7kgf.cm⁻², executada no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Controle de Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” FAEM da UFPel, sendo utilizado método desenvolvido no próprio laboratório (ELIAS, 1998), nas condições definidas pelos testes prévios (Tabela 1).

4.2.1.3 Experimento III: Ensaio Biológico - Efeito do amido resistente nos níveis glicêmicos de ratos Wistar

O Ensaio Biológico foi realizado no Laboratório de Nutrição Experimental da Faculdade de Nutrição da UFPel, seguindo o método proposto por Pellet e Young (1980), enquanto a parte analítica foi realizada no Laboratório de Pós-colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos da FAEM.

Os animais foram tratados diariamente e distribuídos aleatoriamente em 6 grupos experimentais com 6 animais em cada grupo.

Tabela 4. Ensaio biológico com ratos adultos machos Wistar/UFPel.

Tratamentos	Variáveis Independentes		Variáveis Dependentes
	Diets Experimentais		Avaliações
	Amilose	Processo	
1	Alta	Convencional	- nível glicêmico
2	Alta	Parboilização	- consumo de dieta
3	Média	Convencional	- volume fecal
4	Média	Parboilização	- perfil lipídico
5	Baixa	Convencional	- lipídeos hepáticos
6	Baixa	Parboilização	- amido resistente em material intestinal
7 – Controle*			- amido resistente em fezes

***Controle:** AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Parboilização - Temperatura de encharcamento: 65°C, 6 horas = amostras de médio e alto teor de amilose, 70°C, 7 horas = amostra de baixo teor de amilose. Pressão 0,7kgf.cm⁻²

4.2.2 Procedimentos e Avaliações

4.2.2.1 Processo de Parboilização.

O experimento foi executado no Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da UFPel.

A parboilização foi realizada de acordo com método desenvolvido no próprio laboratório (ELIAS, 1998). Amostras de 50 gramas foram acondicionadas em saquinhos de filó e colocadas em recipientes de alumínio, empregando-se temperatura e tempos de encharcamento previamente definidos para cada grupo de amostra (Tabela 1). Nos de alto e médio teores de amilose a operação foi realizada em 6 horas, a 65°C, enquanto no de baixo teor de amilose foram 7 horas a 70°C. Utilizaram-se três pressões de autoclavagem, 0,4; 0,7 e 1,0 kgf.cm⁻², constando de três repetições para cada tratamento.

Antes do descascamento e após a autoclavagem as amostras eram secas em estufa com circulação forçada de ar. O armazenamento foi feito em sala climatizada a 20°C, até o momento da determinação do teor de amido resistente. Para avaliação no tempo inicial, 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.

4.2.2.2 Cocção do Arroz

Na cocção das amostras, foram utilizados recipientes de alumínio com tampa, aquecidos em chapa com termostato (Gularte 2005), com água equivalente à relação água/arroz de 2,3:1 a 2,5:1 e 2,0:1 a 2,2:1 (v/v), respectivamente para arroz parboilizado (0,7 kgf.cm⁻²) e convencional. A proporção de água e o tempo de cozimento foram previamente estabelecidos em ensaios preliminares.

4.2.2.3 Secagem do Arroz Cozido

Após a cocção do arroz, as amostras eram transferidas para peneiras de polietileno e secadas em estufa com circulação forçada de ar durante 24 horas em temperatura de 60°C.

4.2.2.4 Dietas Experimentais

As amostras de arroz com alto, médio e baixo teor de amilose, parboilizado polido (0,7 kgf.cm⁻²) e branco polido (convencional), cozidos e secos a 60°C, em estufa com circulação forçada de ar, foram utilizadas como fonte de carboidratos complexos. Para a fibra foram considerados somente a fração existente no arroz e o seu teor de amido resistente.

O ensaio biológico constou de sete (7) tratamentos:

- A)** alto teor de amilose, convencional polido (branco);
- B)** alto teor de amilose, parboilizado polido;
- C)** médio teor de amilose, convencional polido (branco);
- D)** médio teor de amilose, parboilizado polido;
- E)** baixo teor de amilose, convencional polido (branco);
- F)** baixo teor de amilose, parboilizado polido;
- G)** dieta controle.

As dietas experimentais seguiram a formulação da AIN-93M (Reeves et al., 1993) para ratos em manutenção de peso, isocalóricas e isoprotéicas. O valor energético das dietas experimentais foi calculado pelos equivalentes calóricos por

grama, sendo 4,0 Kcal para proteínas e carboidratos e 9,0 Kcal para lipídeos. Os 42 animais foram sorteados aleatoriamente para comporem os sete (7) grupos experimentais.

Tabela 5. Dietas experimentais utilizadas durante 28 dias no ensaio biológico com ratos adultos machos Wistar/UFPel.

Ingredientes (g)	Dietas						
	A	B	C	D	E	F	G
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
Lipídeos 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

A) alto teor de amilose, convencional; **B)** alto teor de amilose, parboilizado; **C)** médio teor de amilose, convencional; **D)** médio teor de amilose, parboilizado; **E)** baixo teor de amilose, convencional; **F)** baixo teor de amilose, parboilizado; **G)** dieta controle (AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado).

Valores em g.Kg⁻¹ de dieta.

Caseína: 78,23% de proteína

* Segundo formulação da AIN-93M. Fibra: celulose microcristalina

Tabela 6. Valores calórico (Kcal.100g⁻¹) e protéico (%) das dietas experimentais oferecidas durante 28 dias aos ratos adultos machos Wistar/UFPeI.

Dietas	Calórico (Kcal.100g⁻¹)	Protéico (%)
Alta amilose, convencional	373,14	12,12
Alta amilose, parboilizado	370,61	12,17
Média amilose, convencional	381,23	11,82
Média amilose, parboilizado	376,96	11,93
Baixa amilose, convencional	374,72	12,00
Baixa amilose, parboilizado	369,00	12,10
Controle*	380,28	12,19

***Controle:** AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

4.2.2.5 Protocolo para a Condução de Ensaio Biológico

O ensaio biológico foi aprovado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEA-UFPeI), em reunião realizada no dia 08/07/2005, Ata 03/2005 (Anexo 1).

A seqüência experimental foi dividida em dois períodos: adaptação e tratamento.

Durante o período de adaptação, ratos Wistar/UFPeI (peso médio 317g) permaneceram no Laboratório de Nutrição Experimental da Faculdade de Nutrição da UFPeI, durante 7 dias, em gaiolas metabólicas individuais, sob condições controladas de temperatura e umidade relativa, respectivamente ($23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 50 a 60%), fotoperíodo de 12 horas. Água e ração foram oferecidas “*ad libitum*”. Os ratos foram distribuídos aleatoriamente para compor os grupos experimentais.

Os ratos eram pesados no 1º (início), no 14º (meio) e 28º dias (fim) do experimento, para controles de ganho de peso e consumo de ração. Nesses mesmos momentos eram monitorados os níveis de glicemia. No final do experimento, os animais

eram anestesiados com éter etílico, para coleta de sangue através de punção cardíaca. A seguir procedia-se a eutanásia dos animais em câmara isolada contendo éter etílico.

4.2.3 Determinação de Composição Centesimal

A composição centesimal foi determinada nas amostras de arroz branco polido e parboilizado polido, segundo os respectivos procedimentos:

Umidade: Pearson (1976); **Proteínas:** AOAC (1995), utilizando 5,95 como fator de conversão de nitrogênio para proteína; **Lipídeos:** Bligh & Dyer (1959); **Cinzas:** Lees (1979); **Fibra Bruta:** Angelucci et al. (1987); **Carboidratos:** por diferença, usando a fórmula: $100 - (\text{proteína bruta} + \text{lipídeos totais} + \text{fibra bruta} + \text{cinzas})$.

4.2.4 Determinação de Amilose

Para a determinação do teor de amilose nas amostras foi utilizado o método proposto por Martinez y Cuevas (1989).

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 acrescentado 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 absorvância (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: %

$$\text{Amilose} = A \times FC$$

4.2.5 Determinação de Amido Resistente

O amido resistente foi determinado através do método proposto por Goñi et al. (1996), com adaptações. As amostras de arroz foram incubadas com pepsina (40°C; 1h; pH 1,5) e α -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 (concentração final 2M) e incubados com amiloglicosidase (60°C; 30 min; pH 4,75). Foi retirada uma alíquota de 1mL do sobrenadante e determinado o teor de glicose livre pelo método enzimático (glicose oxidase/peroxidase/ABTS).

4.2.6 Determinação de Lipídeos Totais Hepáticos e Fecais

Os lipídeos totais hepáticos e fecais (mg.g^{-1}) foram determinados segundo método de Bligh & Dyer (1959).

4.2.7 Determinação de Colesterol Total Sérico, Hepático e Fecal

O colesterol total sérico (mg.dL^{-1}), o hepático (mg.g^{-1}) e o fecal (mg.g^{-1}) foram extraídos segundo método proposto por Haug & Hostimark (1987) e então quantificados

por sistema enzimático (colesterol esterase, colesterol oxidase e peroxidase Labtest Diagnóstica[®] colesterol liquiform cat. 76-2/100).

4.2.8 Determinação de Colesterol HDL

O colesterol HDL (mg.dL^{-1}) foi determinado através da precipitação das lipoproteínas de baixa e de muito baixa densidades (c-LDL e c-VLDL), utilizando-se sistema enzimático (colesterol esterase, colesterol oxidase e peroxidase Labtest Diagnóstica[®] cat. 13). O c-VLDL foi determinado pela fórmula $\text{c-VLDL} = \text{triacilgliceróis}/5$. O c-LDL foi obtido pela fórmula $\text{c-LDL} = \{\text{colesterol total} - (\text{c-HDL} + \text{c-VLDL})\}$, de acordo com procedimento proposto por Haug & Hostimark (1987).

4.2.9 Determinação de Triacilgliceról Sérico, Hepático e Fecal

Os triacilgliceróis séricos (mg.dL^{-1}) e fecais (mg.g^{-1}) foram extraídos segundo método descrito por Haug & Hostimark (1987) e quantificados por sistema enzimático (lípase, glicerolquinase, glicerol-3-fosfato oxidase e peroxidase Labtest Diagnóstica[®] GPO-ANA cat. 59-4/50).

4.2.10 Determinação de Glicemia de Jejum e Curva Glicêmica

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. Esta fita foi introduzida em glicosímetro específico (ACCU-CHEK[®] Advantage II - Roche), expressando os valores da glicemia em miligramas por decilitro (mg.dL^{-1}). Foram realizadas três medidas de glicemia de jejum, no início, no meio e no fim do experimento. Para a curva glicêmica as medidas de glicemia foram feitas em jejum, e posteriormente os animais consumiram 20g da dieta específica para cada grupo.

Passados 30, 60 e 90 minutos foi coletado sangue para monitoramento da glicemia pós-prandial.

4.2.11 Determinação de Volume Fecal

As fezes foram recolhidas diariamente, secas em estufa e ao final do experimento pesadas e medido o volume em proveta graduada com capacidade de 75mL.

4.2.12 Determinação de Ganho de Peso

Os animais experimentais foram pesados no início do tratamento (1º dia), no meio (14º dia) e, no final do experimento (28º dia).

4.2.13 Determinação de Consumo de Dieta

O consumo de dieta foi monitorado diariamente. Foi aferido o peso inicial de dieta oferecida, e esta dieta foi repostada diariamente ou conforme a necessidade, e ao final do experimento foi feito o somatório do consumo.

4.2.14 Tratamento Estatístico dos Resultados Experimentais

Os dados experimentais foram dispostos em tabelas e gráficos, com respectivos e convenientes tratamentos estatísticos. 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 5% ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição Centesimal

Na Tabela 7 encontra-se a composição centesimal das amostras de arroz estudadas, que apresentaram os seguintes teores de amilose: alto= 31,57±0,22; médio= 21,84±0,20; baixo= 6,31±0,10.

Tabela 7. Efeito do processo de beneficiamento sobre a composição centesimal de amostras de arroz ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ - b.s.*) com três níveis de amilose.

Amilose	Processo	Proteína	Lipídeos	Cinzas	FB**	CHOs***
Alta	Convencional	^A 8,58 ^a	^B 0,47 ^d	^A 0,62 ^{a,b}	^A 1,34 ^b	88,99
Alta	Parboilizado	^A 9,18 ^a	^A 0,72 ^d	^A 0,57 ^{a,b}	^A 1,37 ^b	88,16
Média	Convencional	^B 4,75 ^d	^B 0,70 ^d	^B 0,20 ^d	^B 1,39 ^b	92,98
Média	Parboilizado	^A 5,91 ^c	^A 1,10 ^c	^A 0,48 ^c	^B 1,47 ^b	91,03
Baixa	Convencional	^A 6,79 ^b	^B 1,38 ^b	^B 0,51 ^{b,c}	^B 1,39 ^b	89,93
Baixa	Parboilizado	^A 7,52 ^b	^A 2,03 ^a	^A 0,73 ^a	^A 3,02 ^a	87,09

Letras maiúsculas diferentes para o mesmo grupo de amilose, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna, para o mesmo constituinte, indicam diferença estatística pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fator de conversão do nitrogênio em proteína = 5,95.

* b.s. = base seca

**FB= fibra bruta

***CHOs = carboidratos determinados por diferença.

Analisando-se os dados da Tabela 7 é possível verificar que os resultados da composição centesimal das amostras de arroz estão em concordância com os resultados reportados por outros autores (BORGES et al., 2003; WANG et al., 2000; AL-BAYATI e ALRAYESS, 1981), demonstrando que o arroz é uma importante fonte energética, com destaque para os carboidratos.

A maioria das frações (proteínas, lipídeos, cinzas, fibra bruta) apresentou valores mais altos para o arroz parboilizado do que para o arroz branco polido, com aumento mais intenso para lipídeos e fibras nas amostras com baixa amilose, sendo o oposto verificado com relação ao teor de carboidratos.

Quanto ao aumento do valor nutritivo, a parboilização permite maior retenção de proteínas, lipídeos, minerais e de vitaminas, principalmente as do complexo B, que devido às etapas do processo de parboilização proporcionam a migração destes compostos periféricos para o interior do grão, além da redução na retirada do farelo, que é uma fração rica nestes compostos, assegurando com isso, um alimento mais saudável (AMATO e ELIAS, 2005).

Segundo afirmam Sgarbieri (1996) e Sagum e Arcot (2000), o tratamento térmico favorece o aumento do valor nutricional de produtos alimentícios, devido à desnaturação de proteínas, melhoria nas características sensoriais, inativação de enzimas, fatores antinutricionais e microrganismos, conferindo ao alimento além do aumento de digestibilidade, aumento da biodisponibilidade de nutrientes e do valor biológico do mesmo.

5.2 Amido Resistente

Na Tabela 8 estão apresentados os percentuais de amido resistente encontrado nas cultivares de arroz, cru, cozido e cozido seco em arroz convencional (branco) e parboilizado.

Os dados da Tabela 8 refletem comportamentos típicos do material analisado. O arroz é fonte rica de carboidratos e, segundo Colonna et al. (1992), a origem, as características de seus constituintes e as condições de processamento a que são submetidos os produtos amiláceos são de grande importância na alteração das taxas de hidrólise in vivo e in vitro.

Tabela 8. Amido resistente (% - b.s.) em arroz, cru, cozido e cozido seco.

Amilose	Processo	Arroz		
		Cru	Cozido	Cozido Seco
Alto	Convencional	^B 0,75±0,11 ^b	^A 1,31±0,34 ^b	^A 1,16±0,01 ^b
Alto	Parboilizado	^A 2,33±0,26 ^a	^A 2,09±0,15 ^a	^A 1,82±0,25 ^a
Médio	Convencional	^B 0,67±0,24 ^b	^A 1,37±0,14 ^b	^A 1,35±0,02 ^b
Médio	Parboilizado	^A 1,97±0,24 ^a	^A 2,01±0,11 ^a	^A 1,64±0,01 ^a
Baixo	Convencional	^B 0,40±0,03 ^b	^A 1,56±0,08 ^b	^A 1,71±0,15 ^a
Baixo	Parboilizado	^B 1,71±0,16 ^a	^A 2,38±0,15 ^a	^B 1,62±0,08 ^a

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferentes para o mesmo grupo de amilose indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Amilose Alta = 31,57±0,22; Média = 21,84±0,20; Baixa = 6,31±0,10.

b.s. = base seca

Verifica-se, pela observação dos dados da Tabela 8, que o método de processamento interferiu no teor de amido resistente. A parboilização aumentou o teor de amido resistente para todas as amostras, tanto no arroz cru como no arroz cozido úmido e arroz cozido seco. Para o arroz cru, os maiores valores de amido resistente foram observados na amostra com maior teor de amilose, tanto para o arroz convencional (branco) como para o arroz parboilizado. Estes resultados estão de acordo com Sagum e Arcot (2000) e Salgado et al. (2005a) que estudaram o efeito do processamento na formação de amido resistente.

A extensão do efeito do processamento nos alimentos pode ser explicada em termos de modificações na estrutura do amido, na matriz protéica e na interação com lipídeos. Estas modificações devem ser levadas em consideração para um melhor entendimento da taxa de hidrólise do amido (COLONNA et al., 1992).

Para o arroz branco polido, obtido pelo beneficiamento convencional, o cozimento aumentou o teor de amido resistente, embora sem diferença significativa entre o arroz cozido úmido e o arroz cozido e seco. O aumento mais intenso no teor de

amido resistente foi verificado na amostra de baixa amilose, que passou de 0,40% no arroz branco cru para 1,71% no arroz branco cozido seco. Isto, segundo Cereda (2001) pode ser devido às interações mais intensas ocorridas na amilopectina, como a formação de *clusters* e bloquetes, desempenhando um papel importante na maior ou menor resistência dos amidos à ação enzimática.

Para o arroz parboilizado, o fato de o grão estar cru, cozido úmido ou cozido seco, não há interferência no teor de amido resistente, com exceção do arroz de baixa amilose, que apresentou o maior teor quando cozido úmido, antes da secagem. As alterações, provocadas no grão, pelas operações hidrotérmicas da parboilização (JULIANO, 1971; AMATO e ELIAS, 2005) explicam os resultados.

O cozimento do arroz branco, assim como a parboilização, tem como características comuns promover gelatinização e retrogradação do amido. Estes fenômenos seqüenciais permitem um rearranjo das moléculas, com a desestruturação dos grânulos de amido, gerando uma massa homogênea que ao resfriar-se perde água e apresenta interação entre as moléculas bastante forte, o que impede em certos locais o acesso de enzimas amilolíticas, formando assim o amido resistente (SAGUM e ARCOT, 2000). Pelos dados da Tabela 8 é possível se verificar que, após a parboilização, quando ocorrem gelatinização e retrogradação do amido, ao serem submetidos os grãos a novo aquecimento com água (cozimento) não há modificação em seu teor de amido resistente, nem para o arroz branco e nem para o parboilizado, indicando que quando há desestruturação dos grânulos de amido e posterior retrogradação, são formadas estruturas estáveis que não são afetadas por outro processo de aquecimento e resfriamento, nem pela ação enzimática *in vitro*, especialmente nas amostras de média e alta amilose.

Segundo Lajolo et al. (2001b) a formação de amido resistente é afetada pelo conteúdo de água presente durante o tratamento térmico, onde a máxima produção deste composto é obtida quando uma proporção de 1:3,5 (p/p) de amido:água é aplicada. A cristalinidade das frações resistentes pode ser aumentada com aumentos do tempo e da temperatura de armazenamento dos géis de amido. A presença de

lipídeos pode reduzir a quantidade de amido resistente produzida, através da formação de complexos com a amilose, resultando em menor quantidade disponível desta porção para formar as duplas hélices resistentes à hidrólise enzimática.

Efeitos da pressão de autoclavagem e do teor de amilose na produção do amido resistente podem ser observados na Figura 1.

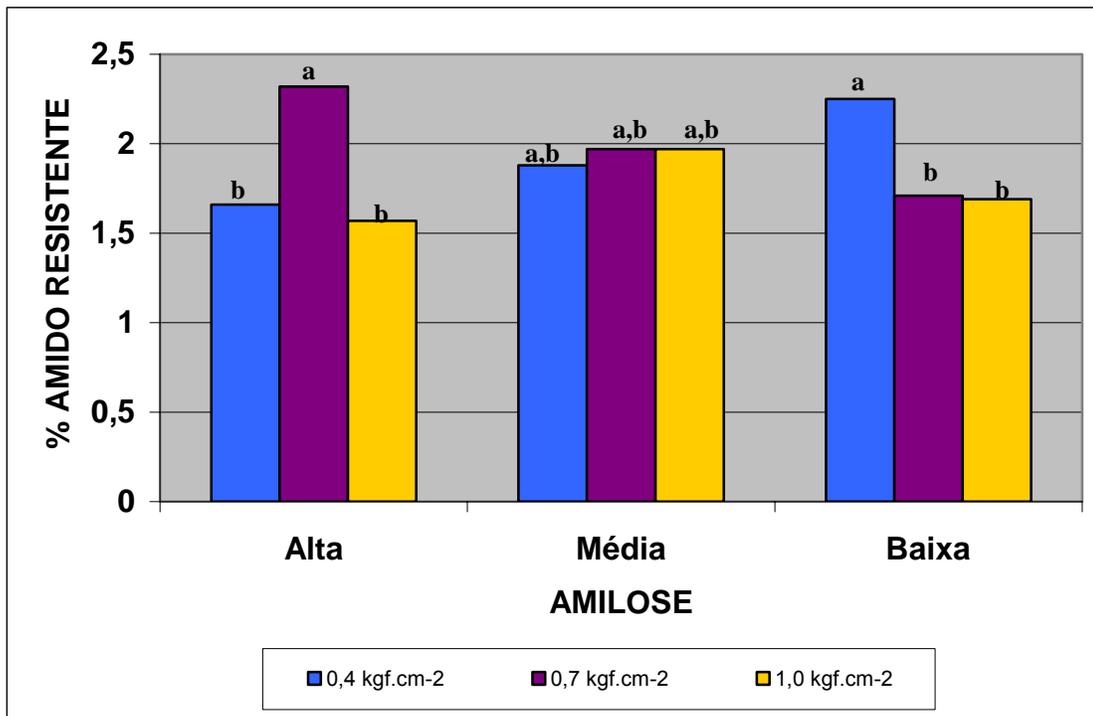


Figura 1. Amido resistente (% b.s.) em função da amilose e da pressão de autoclavagem na parboilização de arroz.

Letras diferentes indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Alta amilose = $31,57 \pm 0,22$; Média amilose = $21,84 \pm 0,20$; Baixa amilose = $6,31 \pm 0,10$.

Pode-se observar na Figura 1 que o maior rendimento de amido resistente ocorreu nas amostras com maior teor de amilose e em pressão intermediária ($0,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$). Nas amostras com teor intermediário de amilose, a variação da pressão de autoclavagem não alterou o conteúdo de amido resistente. Para as amostras que apresentam o menor teor de amilose, o melhor resultado foi observado na menor pressão de autoclavagem aplicada ($0,4 \text{ kgf.cm}^{-2}$). A quantidade máxima de amido resistente (2,32%) foi obtida com pressão $0,7 \text{ kgf.cm}^{-2}$ e alto teor de amilose.

Na Tabela 9 estão os percentuais de amido resistente encontrados nas amostras de arroz cru parboilizado em diferentes pressões.

Tabela 9. Amido Resistente (% b.s.) em função do teor de amilose e da pressão de autoclavagem na parboilização de arroz.

Amilose	Autoclavagem (kgf.cm ⁻²)		
	0,4	0,7	1,0
Alta	^B 1,66±0,22 ^b	^A 2,32±0,26 ^a	^B 1,57±0,10 ^b
Média	^A 1,88±0,24 ^{a, b}	^A 1,97±0,24 ^{a, b}	^A 1,97±0,02 ^a
Baixa	^A 2,25±0,05 ^a	^B 1,71±0,16 ^b	^B 1,69±0,26 ^{a, b}

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferentes para o mesmo grupo de amilose indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Amilose alta = 31,57±0,22; média = 21,84±0,20; baixa = 6,31±0,10.
b.s. = base seca

Na comparação isolada de cada pressão de autoclavagem aplicada, em amostras, com diferentes teores de amilose (Tabela 9), observa-se que na pressão de 0,4 kgf.cm⁻² o maior teor de amido resistente (2,25%) foi obtido nas amostras com menor teor de amilose, sendo estatisticamente diferente das amostras que apresentam o maior teor de amilose. Na pressão 0,7 kgf.cm⁻² o maior valor (2,32%) foi para as amostras com maior teor de amilose, estatisticamente diferente das que apresentam menor teor de amilose. Quando foi empregada a pressão de 1,0 kgf.cm⁻², o maior valor para o amido resistente (1,97%) foi para as amostras com teor médio de amilose, não diferindo estatisticamente das de baixo teor de amilose. Para as amostras com teor médio de amilose, a variação da pressão da autoclavagem não interferiu na formação de amido resistente. Esse comportamento pode ter ocorrido em função de características intrínsecas das próprias amostras ou indica que seu potencial de hidratação na operação de encharcamento da parboilização ainda poderia ser aumentado.

Os comportamentos apresentados pelas amostras podem ser explicados pela retrogradação mais lenta da amilopectina, também envolvida na formação do amido resistente segundo Van Soest (1994).

A análise conjunta dos dados da Tabela 9 permite verificar que os resultados mostram teores de amido resistente variando entre 1,57 e 2,32%. Segundo vários estudos (POMERANZ, 1992; BOBBIO e BOBBIO, 1992; HOEBLER et al., 1999; SAGUM e ARCOT, 2000; KUTOS et al., 2003) o teor de amido resistente está relacionado à gelatinização e à retrogradação, fenômenos que ocorrem durante as etapas da parboilização de arroz.

O teor de amido resistente é também influenciado pela quantidade de água utilizada durante o processamento e pela razão amilose/amilopectina (SHAMAI et al., 2003). A ação de alta pressão ($1,0 \text{ kgf.cm}^{-2}$) ao provocar uma ruptura gradual de algumas ligações glicosídicas do amido, origina produtos capazes de formar agregados mais complexos com a amilose retrogradada e/ou complexos amilose-lipídeo, contribuindo portanto para a formação de amido resistente (NAMRATHA et al., 2002). Segundo Colonna et al. (1992), a produção de amido resistente é máxima sob pressão em condições de baixa umidade (1 amido:3,5 água).

Os resultados das interferências do teor de amilose e do tempo de armazenamento do arroz parboilizado cru sobre os teores de amido resistente estão apresentados na Tabela 10.

De acordo com os dados da Tabela 10, os teores de amilose determinam comportamentos diferentes do arroz em relação aos teores de amido resistente. Ocorreram reduções de amido resistente dos 30 aos 60 dias de armazenamento, independentemente do teor de amilose do arroz. Nos primeiros 30 dias de armazenamento, no entanto, cada teor de amilose determinou um comportamento. Houve aumento do teor de amido resistente nas amostras com baixos teores de amilose, redução nas de alta e manutenção dos teores de amido resistente nas amostras de médios teores de amilose. A partir dos 60 dias de armazenamento as amostras de baixos teores de amilose continuaram tendo os teores de amido resistente reduzidos, enquanto as amostras de alta e média amilose tiveram estabilização. Este fenômeno deve-se provavelmente a uma maior dificuldade de retrogradação da amilopectina, componente que estas amostras apresentam em proporção oposta aos

teores de amilose. De acordo com Van Soest et al. (1994) a retrogradação da amilose é um processo rápido que ocorre em algumas horas, ao contrário da retrogradação da amilopectina que é um processo que pode demorar muitos dias.

Tabela 10. Amido resistente (% b.s.) em função do teor de amilose e do tempo de armazenamento em arroz parboilizado cru.

Amilose	Armazenamento (dias)			
	1	30	60	120
Alto	^A 2,33±0,26 ^a	^B 1,77±0,08 ^b	^C 1,10±0,12 ^b	^C 1,11±0,03 ^a
Médio	^A 1,97±0,24 ^{a,b}	^A 2,24±0,15 ^a	^B 1,06±0,01 ^b	^B 0,87±0,01 ^a
Baixo	^B 1,71±0,16 ^b	^A 2,28±0,22 ^a	^B 1,59±0,12 ^a	^C 0,82±0,22 ^a

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas diferentes para o mesmo grupo de amilose indicam diferença estatística, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Amilose Alta = 31,57±0,22; Média = 21,84±0,20; Baixa = 6,31±0,10.

b.s. = base beca

O comportamento do amido resistente durante o armazenamento tem sido estudado, sendo os resultados bastante controversos, pois são vários fatores envolvidos como o teor de amilose, temperatura de armazenamento e umidade dos géis. Berry (1986) e Siljeström et al. (1988) não encontraram dependência entre o tempo de armazenamento e a formação de amido resistente em géis concentrados de vários amidos que sofreram autoclavagem. Por outro lado, Eerlingen e Delcour (1995) relatam que a produção de amido resistente em amidos gelatinizados depende fortemente do tempo e da temperatura de estocagem do gel. De acordo com Colonna et al. (1992) e Van Soest et al. (1994), a retrogradação da amilose é um processo rápido, ao contrário da retrogradação da amilopectina que é um processo lento. Assim, é possível que a formação do amido resistente em função do tempo de armazenamento seja controlada também pela amilopectina.

A redução do amido resistente no armazenamento do arroz parboilizado cru, deve-se provavelmente a um relaxamento das interações entre as moléculas de amido

e delas com as demais macromoléculas, bem como a uma redução das tensões entre as diferentes zonas dos grãos que resultaram da secagem dos grãos de arroz, ocasionado uma maior reatividade às enzimas amilolíticas.

Os resultados apresentados (Tabela 10) têm grande importância tecnológica, mas podem indicar relevância maior para a área da saúde. Redução do teor de amido resistente, mais acentuadas até dois meses após a parboilização deve ser mais investigada, especialmente em dietas destinadas a diabéticos. Isso pode levar a uma mudança de comportamento das indústrias, que em geral utilizam entre 10 e 12 meses como prazo de validade do arroz parboilizado lançado no mercado.

5.3 Ensaio Biológico

Os resultados para amido resistente nas dietas experimentais fornecidas aos ratos Wistar/UFPel em ensaio biológico são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Teores de amido resistente (b.s.) nas dietas experimentais.

Dietas		Amido Resistente (%)
Amilose	Processo	
Alta	Convencional	1,71±0,10 ^c
Alta	Parboilização	2,10±0,10 ^b
Média	Convencional	2,15±0,03 ^{a,b}
Média	Parboilização	2,41±0,12 ^a
Baixa	Convencional	1,98±0,10 ^b
Baixa	Parboilização	2,23±0,08 ^{a,b}
Controle*		1,49±0,10 ^c

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($p < 0,05$), segundo ANOVA e Teste de Tukey.

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Verifica-se, observando os dados da Tabela 11, que as dietas experimentais apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$), sendo os maiores valores encontrados no arroz parboilizado nos três níveis de amilose, entretanto, estas diferenças não são de grande relevância para amido resistente em alimentos. De acordo com Behall e Howe (1996), o amido resistente desempenha várias funções benéficas ao organismo e também possui valor energético.

5.3.1 Ganho de Peso, Consumo de Dieta e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA)

O ganho de peso, o consumo de dieta e o QEA estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Ganho de peso (g), consumo de dieta (g) e Quociente de Eficiência Alimentar (QEA) dos ratos alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Ganho de Peso	Consumo de	QEA
Amilose	Processo	(g)	Dieta (g)	
Alta	Convencional	29,30±3,40 ^c	357,52±12,71 ^{a,b}	0,082±0,009 ^c
Alta	Parboilização	36,79±2,48 ^{a,b}	345,33±12,23 ^{b,c}	0,106±0,007 ^{a,b}
Média	Convencional	37,27±5,27 ^a	365,75±19,79 ^a	0,102±0,010 ^{a,b,c}
Média	Parboilização	37,76±4,67 ^a	322,24±26,46 ^e	0,117±0,015 ^a
Baixa	Convencional	29,61±5,17 ^{b,c}	334,39±22,13 ^{c,d,e}	0,088±0,015 ^{b,c}
Baixa	Parboilização	33,61±4,01 ^{a,c}	341,21±18,20 ^{b,c}	0,099±0,013 ^{a,b,c}
Controle		34,10±3,04 ^{a,c}	343,76±3,04 ^{b,d}	0,099±0,007 ^{a,b,c}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= ratos/grupo).

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

QEA: ganho peso (g)/ consumo de dieta (g)

Um suprimento adequado de energia e proteína nos alimentos traz como consequência uma melhor utilização dos nutrientes. A deficiência energética e/ou de nutrientes em geral, afeta negativamente, diminui o crescimento e o ganho de peso, entre outras consequências, comprometendo a saúde. Assim, as quantidades de nutrientes necessárias para manter um bom estado nutricional dependem também da velocidade com que um indivíduo ou animal está crescendo. Os dados apresentados na Tabela 12 permitem uma visualização das principais variações ocorridas nos animais, decorrentes do consumo alimentar das dietas com arroz.

A avaliação da eficiência alimentar de um alimento compreende determinações do valor nutritivo através de métodos biológicos, químicos e microbiológicos. Conforme Domene (1996), a utilização de métodos biológicos permite avaliar a qualidade de determinado alimento e extrapolar os resultados para seres humanos.

O ganho de peso, o consumo de dieta e o QEA, apresentados na Tabela 12, permitem verificar que para ganho de peso, não houve diferença em relação ao 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. (2005), que utilizaram dietas suplementadas com amido resistente em ratos.

5.3.2 Massa Hepática, Material Intestinal e Massa Fecal

Na Tabela 13 estão apresentadas a massa dos fígados (g), do material intestinal (g) e das fezes (g) dos ratos machos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Tabela 13. Massa dos fígados (g), do material intestinal (g) e fezes (g) dos ratos machos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Fígado	Material	Massa
Amilose	Processo	(g)	Intestinal (g)	Fecal (g)
Alta	Convencional	11,47±1,24 ^a	0,87±0,38 ^a	27,36±2,82 ^{a,b}
Alta	Parboilização	11,07±0,76 ^a	0,60±0,24 ^a	28,94±4,93 ^a
Média	Convencional	10,45±1,17 ^a	0,57±0,16 ^a	21,88±2,31 ^c
Média	Parboilização	10,47±0,75 ^a	0,77±0,34 ^a	22,06±1,93 ^{b,c}
Baixa	Convencional	11,40±2,08 ^a	0,97±0,49 ^a	20,24±3,67 ^c
Baixa	Parboilização	9,84±0,43 ^a	0,49±0,16 ^a	20,32±1,72 ^c
Controle*		10,38±1,80 ^a	0,71±0,36 ^a	23,92±1,80 ^{a,c}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

Controle inicial: Fígado peso do órgão = 15,33±1,78

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Conforme pode ser observado na Tabela 13, as massas dos fígados dos animais experimentais não diferiram estatisticamente da dieta controle ($p > 0,05$), estando de acordo com a massa dos fígados encontradas para animais adultos segundo Hossne et al. (1986/87). A relação percentual entre a massa do fígado e o peso final dos animais não apresentou diferença estatística entre os grupos tendo como valor médio 3,06%. Também, de acordo com Beynen et al. (1986) e Yamamoto et al.

(1999) o aumento da massa hepática ocasiona maior deposição de lipídeos, água, proteína e glicogênio. Vários estudos têm documentado o efeito do amido resistente no metabolismo lipídico. Em humanos Behall et al. (1989) e Behall e Howe (1996) encontraram redução de colesterol, triacilgliceróis e de insulina sérica pós-prandial com o uso de amido resistente na alimentação.

As massas fecais produzidas pelos ratos durante o ensaio biológico apresentaram diferenças significativas entre si, não diferindo, entretanto, do controle. Os maiores valores foram para a amostra de alto teor de amilose, tanto resultante de beneficiamento convencional como parboilizado. O aumento observado na excreção fecal é um fato citado na literatura especializada. Para Lajolo et. al (2001a) e Jenkins et. al (2002), esse aumento é uma resposta ao maior consumo de fibras.

As excreções (Tabela 13) foram maiores nos ratos alimentados com dietas contendo arroz com altos teores de amilose, diferente do que ocorreu com as amostras de médios e baixos teores de amilose, as quais se equivaleram. Os aumentos, conforme alguns autores (BARBOSA e JOKL, 1987; MENEZES e LAJOLO, 1997) são devidos tanto a um aumento na matéria sólida quanto ao conteúdo de água nas fezes, cujos resultados estão confirmados tanto em estudos em humanos como em ratos. Roberfroid, (1993) e Márquez (1999) relatam que a fibra alimentar insolúvel, devido às suas características físico-químicas, é bastante resistente à fermentação no intestino grosso e possui pequena capacidade de retenção de água, assim auxiliando no aumento da massa fecal e, conseqüentemente, na normalização do trânsito intestinal.

Os resultados obtidos com arroz nas dietas (Tabela 13) encontram similaridades com relatos de autores que utilizaram outras fontes de amido resistente.

Estudos realizados por Monici (2004), sugerem que as fibras solúveis e o amido resistente parecem pouco influenciar no aumento da massa fecal, pois ao serem fermentados são degradados, perdendo algumas de suas características físico-químicas. No estudo, o autor ainda cita que os carboidratos indigeríveis, em conjunto, ao aumentarem a massa fecal, diminuem o tempo de trânsito intestinal, a pressão intraluminal reduz e, conseqüentemente, favorecem o trofismo e a microbiota

intestinais. Trabalhando com farelo de trigo e amido resistente, Muir et al. (2004) relatam ocorrência de maior produção fecal com menor tempo de trânsito intestinal, aliado a menor pH fecal e maior excreção fecal de ácidos graxos de cadeia curta. Respostas semelhantes foram relatadas por Walter et al. (2005), em níveis de 9 a 18% de amido resistente na dieta, indicando o efeito benéfico desta substância no auxílio à manutenção da saúde.

5.3.3 Dosagens Sorológicas

5.3.3.1 Colesterol Total, c-HDL, c-LDL, c-VLDL e Triacilgliceróis

Na Tabela 14 são apresentadas as dosagens sorológicas (mg.dL^{-1}) de colesterol total e triacilgliceróis dos ratos machos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Tabela 14. Dosagens sorológicas (mg.dL^{-1}) de colesterol total e triacilgliceróis dos ratos machos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Colesterol Total	Triacilgliceróis
Amilose	Processo	(mg.dL^{-1})	(mg.dL^{-1})
Alta	Convencional	198,46±6,03 ^{a,b}	71,05±5,97 ^{b,c}
Alta	Parboilização	158,77±6,31 ^e	65,36±8,23 ^{c,d}
Média	Convencional	173,26±3,72 ^d	56,69±8,87 ^d
Média	Parboilização	158,96±4,69 ^e	74,39±6,75 ^{a,c}
Baixa	Convencional	192,51±4,43 ^{b,c}	87,62±6,16 ^a
Baixa	Parboilização	185,21±3,34 ^c	54,22±8,58 ^d
Controle*		205,97±2,07 ^a	83,93±6,71 ^{a,b}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

Valores de referência (mg.dL^{-1}): Colesterol Total= 156,77± 2,98; Triacilgliceróis= 117,03±6,58.

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

De acordo com Jenkins et al. (1998), vários benefícios à saúde têm sido atribuídos ao amido e aos alimentos amiláceos, com relativa ou absoluta resistência à digestão no intestino delgado. Embora a fibra alimentar e o amido resistente possam ser caracterizados como "substâncias funcionais", vêm sendo objeto de discussão suas interferências sobre aspectos metabólicos (MONICI, 2004). Neste estudo as concentrações séricas de colesterol total apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 14). Verifica-se que as dietas com arroz parboilizado apresentaram os menores valores, ocorrendo diferença entre os processos de beneficiamento, exceto para amostras de baixo teor de amilose, onde não ocorreu uma redução significativa.

Os resultados obtidos demonstram, à semelhança do que relatam Champe e Harvey, (2000) e, Mahan e Escott-Stump (2005), que a quantidade, a natureza dos alimentos e os tipos de preparações ingeridas diariamente influenciam a concentração do colesterol plasmático e, os níveis elevados de colesterol no sangue estão relacionados com a incidência de doenças vasculares ateroscleróticas, especialmente doenças coronarianas.

Para os triacilgliceróis, as dietas não apresentaram comportamento uniforme. Amostras com alto e baixo nível de amilose foram influenciadas pelo processo de beneficiamento, onde a parboilização promoveu uma redução nos níveis de triacilgliceróis, sendo que a maior redução foi observada para arroz de baixa amilose (35,4%). Já as amostras com médio teor de amilose apresentaram efeito contrário.

Os níveis de triacilgliceróis (Tabela 14) dos animais em consumo de arroz não apresentaram diferença significativa quanto ao controle, isto tem relevância pois, de acordo com Assis (1997), a alta ingestão de calorias, gorduras saturadas e colesterol conduzem à obesidade, e são fatores que afetam o metabolismo lipídico (ASSIS, 1997). O excesso de lipídeos no sangue conduz à formação de ateroma e trombogênese, principais processos envolvidos nas doenças cardíacas, e estão ligados a fatores dietéticos, além de fatores que afetam o estilo de vida.

Os teores de colesterol total e triacilgliceróis sérico dos ratos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais estão representados nas Figuras 2 e 3.

Na Figura 4 está apresentado o percentual de redução do colesterol total e dos triacilgliceróis séricos quanto ao controle após 28 dias do ensaio com ratos Wistar/UFPeI.

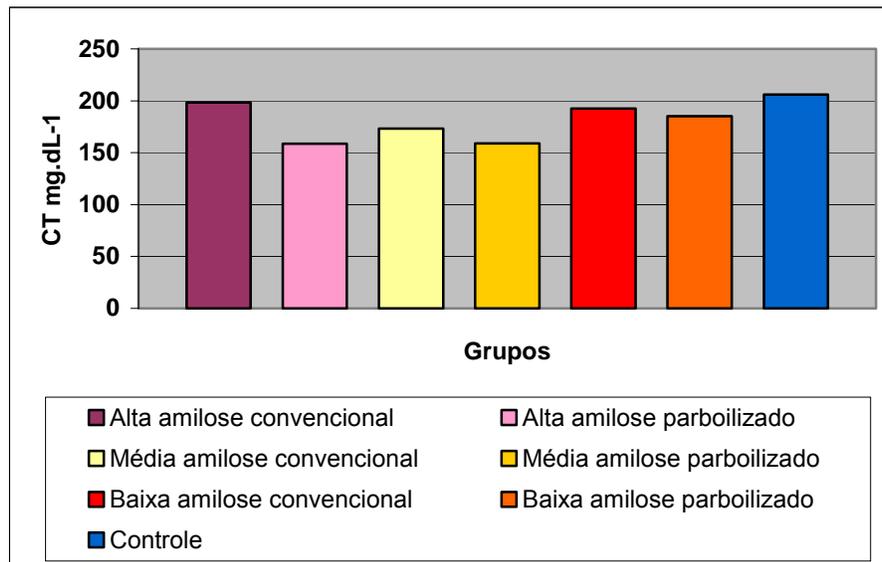


Figura 2. Teores (mg.dL⁻¹) de colesterol total sérico (CT) dos ratos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

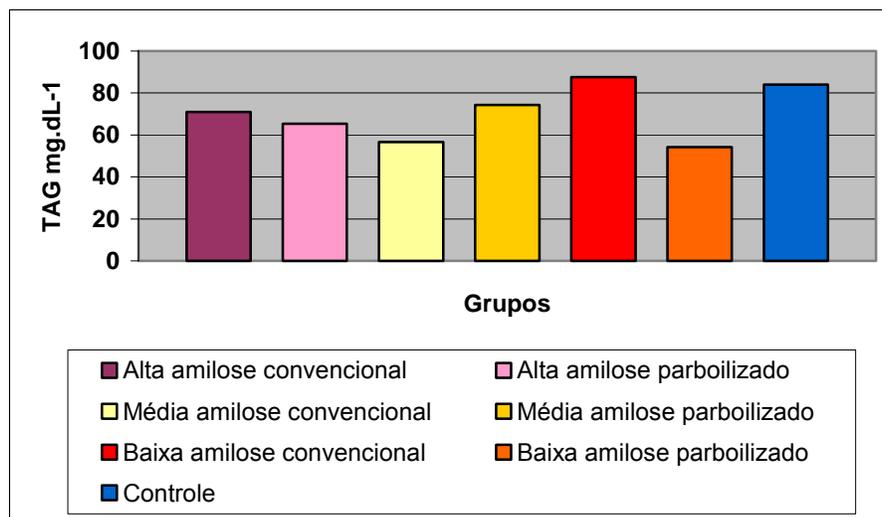


Figura 3. Teores (mg.dL⁻¹) de triacilgliceróis séricos (TAG) dos ratos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

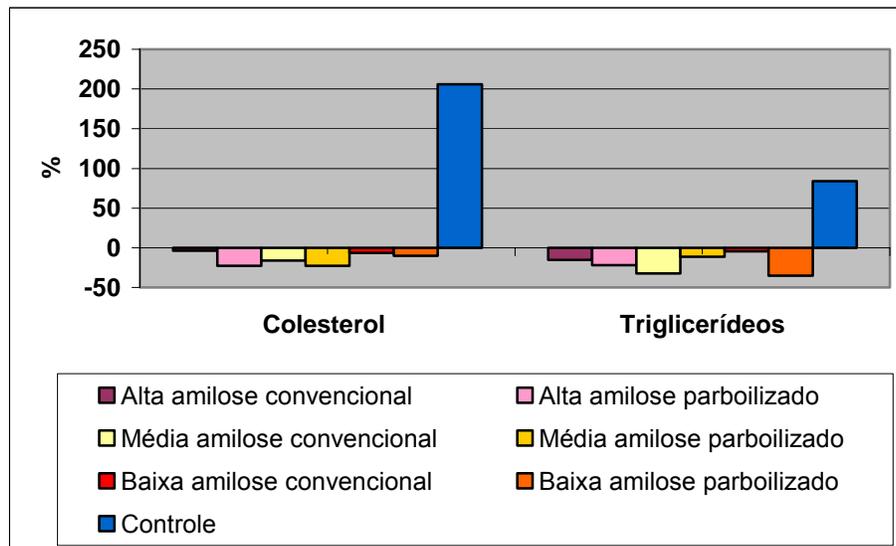


Figura 4. Redução (%) do colesterol total e de triacilgliceróis séricos quanto ao controle após 28 dias do ensaio com ratos Wistar/UFPel (n= 6 ratos/grupo).

Conforme pode ser observado na Figura 4, as dietas contendo arroz parboilizado apresentaram maior redução de colesterol total, em todos os teores de amilose, enquanto para os triacilgliceróis as maiores reduções foram encontradas em arroz parboilizado de alto e baixo teor de amilose. Segundo relatos na literatura especializada (Salgado et al. 2005b) que trata do metabolismo lipídico, as propriedades do amido resistente são decorrentes da ação dos produtos da fermentação e das características da microbiota intestinal. A produção de ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido propiônico, reduz riscos de enfermidades cardiovasculares pela inibição da síntese de colesterol nos hepatócitos, medida pela atividade da enzima hidroximetilglutaril-coenzima A redutase (HMG-Coa). Este mecanismo ainda não está totalmente esclarecido (ANNISON e TOPPING, 1994; FREITAS, 2002; FERREIRA, 2003).

Na Tabela 15 encontram-se as dosagens sorológicas de c-HDL, c-LDL e c-VLDL dos animais utilizados no ensaio biológico.

Tabela 15. Dosagens sorológicas (mg.dL^{-1}) c-HDL, c-LDL e c-VLDL dos ratos machos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		c-HDL	c-LDL	c-VLDL
Amilose	Processo			
Alta	Convencional	38,70±3,91 ^a	145,55±6,43 ^a	14,21±1,19 ^{b,c}
Alta	Parboilização	38,29±3,77 ^a	107,41±6,24 ^d	13,07±1,65 ^{c,d}
Média	Convencional	44,01±2,89 ^a	117,90±2,76 ^c	11,34±1,74 ^d
Média	Parboilização	38,31±3,67 ^a	105,76±7,06 ^d	14,88±1,35 ^{a,c}
Baixa	Convencional	39,64±5,98 ^a	135,34±6,42 ^b	17,52±1,23 ^a
Baixa	Parboilização	43,02±4,44 ^a	131,34±5,34 ^b	10,84±1,72 ^d
Controle*		39,96±3,27 ^a	152,43±3,28 ^a	16,78±1,34 ^{a,b}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

Valores de referência (mg.dL^{-1}): HDL = 48,53±3,64; LDL = 84,84±3,21; VLDL = 23,41±1,26.

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Os teores de colesterol HDL, LDL e VLDL séricos dos ratos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais estão apresentados na Figura 5.

A fração c-HDL não apresentou alteração com relação ao controle tanto para o nível de amilose como para o processamento. Já as frações c-LDL e c-VLDL foram inferiores em relação ao controle, exceto para o arroz de baixo teor de amilose beneficiado pelo processo convencional para a fração c-VLDL.

Além de o arroz ser o principal alimento de grande parte da população mundial, é um cereal nutritivo e possui qualidades que o tornam alimento importante em qualquer tipo de dieta ou condições nutricionais específicas.

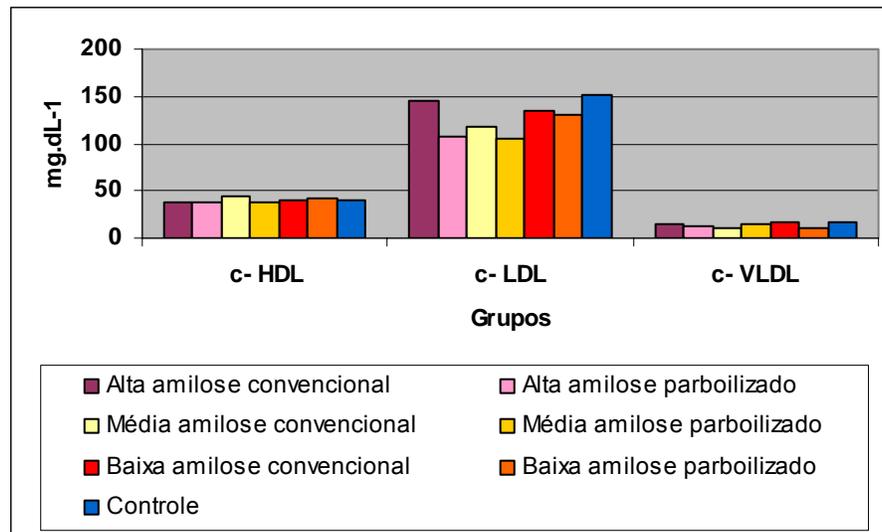


Figura 5. Teores (mg.dL⁻¹) de colesterol HDL (c-HDL), colesterol LDL (c-LDL) e colesterol VLDL (c-VLDL) sérico dos ratos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

Neste estudo com a utilização de arroz nas dietas (Figura 5) foi obtida a manutenção dos níveis de c-HDL. Isto tem muita importância, pois o c-HDL previne riscos de desenvolvimento de doenças coronarianas. Estudos com óleo de arroz demonstram que este apresenta compostos benéficos ao organismo, como os fitoesteróis, que diminuem a absorção de colesterol da dieta, e o gama-oryzanol, que é um antioxidante natural (SCAVARIELLO e ARELLANO, 1998; CICERO e GADDI, 2001). Rukmini e Raghuram (1991) e Cícero e Gaddi (2001) também relatam os benefícios do óleo de arroz. Seus estudos verificaram que este óleo reduziu o colesterol plasmático e a concentração de triacilgliceróis, aumentando o colesterol de alta densidade (HDL - lipoproteína de alta densidade).

A redução percentual das frações de colesterol HDL (c-HDL), LDL (c-LDL) e VLDL (c-VLDL) séricos quanto ao controle após 28 dias com as dietas experimentais estão expostas na Figura 6.

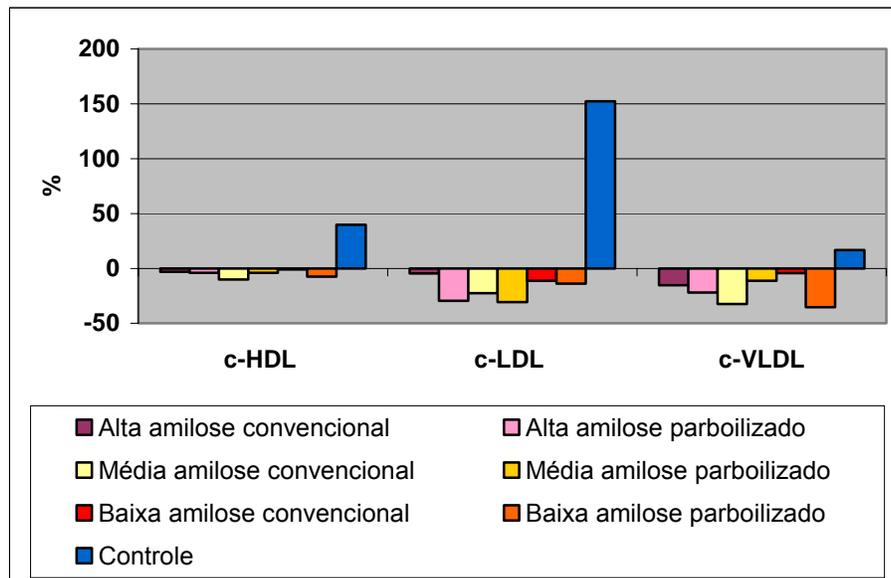


Figura 6. Redução (%) das frações de colesterol HDL (c-HDL), colesterol LDL (c-LDL) e colesterol VLDL (c-VLDL) séricos quanto ao controle após 28 dias do ensaio com ratos Wistar/UFPEL (n= 6 ratos/grupo).

Observa-se, nas Figuras 4 e 6 que a maior redução quanto ao colesterol total foi para os animais submetidos às dietas contendo arroz parboilizado. O mesmo comportamento foi observado quanto ao c-LDL onde as amostras de alto e médio teor de amilose apresentaram as maiores reduções, aproximadamente 30%, e 13,84% de redução para a amostra de baixo teor de amilose. Para a fração c-VLDL a maior redução ocorreu na dieta com arroz de baixa amilose parboilizado, sendo 35,40% inferior ao controle (Figura 6). Neste estudo, apesar dos baixos níveis de amido resistente, mesmo no arroz parboilizado, pode-se de uma maneira geral, observar que dietas contendo arroz tanto parboilizado como convencional promovem redução no colesterol total e c-LDL e c-VLDL, assim como nos triacilgliceróis, em relação ao controle, sem afetar os níveis de c-HDL, lipoproteínas de alta densidade, as quais segundo Lima et al. (2003), têm um papel protetor contra o desenvolvimento da aterosclerose, impedindo a oxidação das LDL.

Muitos estudos têm examinado a relação entre o amido resistente e as concentrações pós-prandiais de metabólitos e hormônios, documentando o efeito do

amido resistente no metabolismo lipídico (BEHALL et al., 1989; BEHALL e HOWE, 1995). Tem sido ainda atribuído ao consumo de amido resistente a redução do tamanho relativo das células adipócitas (LERER-METZGER et al., 1996; KABIR et al., 1998a). De acordo com Kabir et al. (1998b) a síntese da enzima sintetase de ácidos graxos é menor em ratos alimentados com dietas contendo amido resistente. Desta forma, estes estudos promovem evidências de que a ingestão de amido resistente desempenha papel chave na atividade das enzimas lipogênicas e morfologia dos adipócitos. Diante disso, está claro que os efeitos dos carboidratos e de seus sub-tipos devem ser melhor examinados no metabolismo lipídico através de estudos com humanos.

5.3.3.2 Glicemia de Jejum e Curva Glicêmica

Na Tabela 16 são apresentados os resultados para glicemia de jejum de ratos Wistar/UFPel alimentados com diferentes dietas experimentais.

Tabela 16. Glicemia de jejum (mg.dL^{-1}) no tempo inicial, meio e fim do ensaio biológico com ratos machos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Glicemia de Jejum (mg.dL^{-1})		
Amilose	Processo	1º dia	14º dia	28º dia
Alta	Convencional	70,58±10,25 ^a	64,33±11,35 ^a	69,91±7,54 ^a
Alta	Parboilização	73,17±20,43 ^a	67,17±10,20 ^a	74,17±26,39 ^a
Média	Convencional	65,58±10,40 ^a	64,08±9,40 ^a	59,75±6,52 ^a
Média	Parboilização	66,67±7,75 ^a	61,67±8,47 ^a	71,67±9,34 ^a
Baixa	Convencional	76,17±14,37 ^a	62,08±9,37 ^a	70,17±8,35 ^a
Baixa	Parboilização	63,14±6,27 ^a	64,47±7,89 ^a	59,89±7,10 ^a
Controle*		54,67±17,21 ^a	55,67±3,51 ^a	67,67±2,52 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey ($n = 6$ ratos/grupo).

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Verifica-se, conforme Tabela 16, 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.

Os resultados obtidos com arroz nas dietas (Tabela 16) encontram similaridades com relatos de autores que avaliaram a resposta glicêmica em outras fontes de amido resistente. 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 (RABEN, 1994; HEIJNEN et al., 1995) 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 (BEHALL e SCHOLFIELD, 1988; JENKINS et al., 1998).

Segundo Raben (1994) e Hoebler et al. (1999), 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 (HIGGINS et al., 2004). Esses fatos explicam os resultados constantes na Tabela 16, onde neste estudo foram utilizadas três fontes diferentes de arroz, com diferença no teor de lipídeos e fibras decorrente do processo de beneficiamento, entretanto, se observa que as dietas contendo arroz foram capazes de manter em níveis normais a glicemia de jejum.

Na Figura 7 estão demonstradas as glicemias de jejum dos ratos alimentados com dietas experimentais contendo arroz com diferentes níveis de amilose.

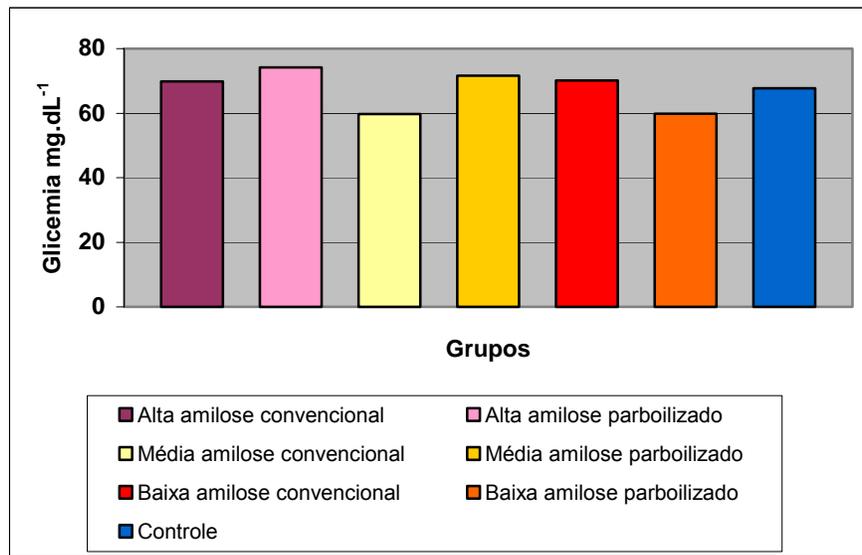


Figura 7. Glicemia de jejum (mg.dL⁻¹) dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

Na Figura 8 estão apresentadas as glicemias dos ratos Wistar/UFPEL em jejum e após a ingestão das dietas experimentais ao longo de 90 minutos.

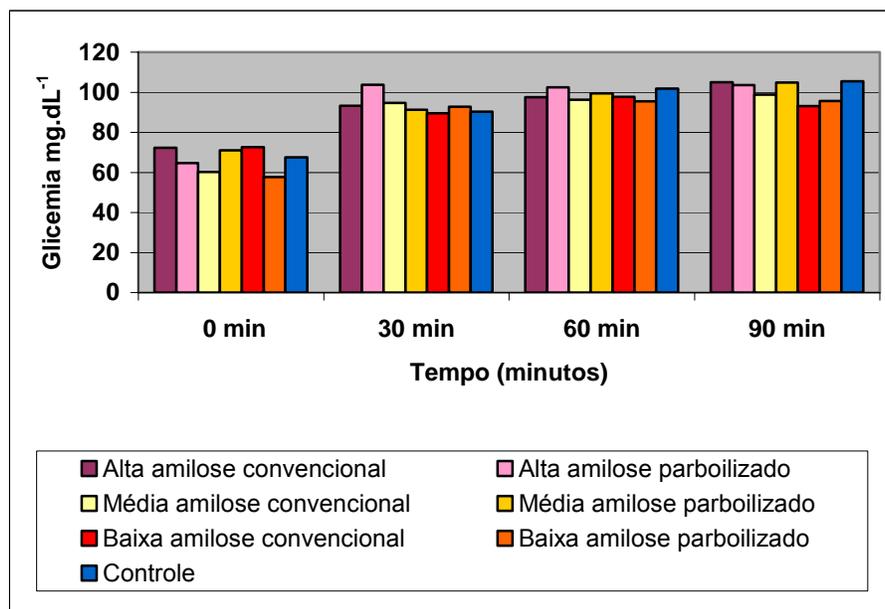


Figura 8. Curva glicêmica (mg.dL⁻¹) das dietas experimentais em ratos machos Wistar/UFPEL, no tempo inicial (jejum), e aos 30, 60 e 90 minutos após ingestão.

As glicemias dos ratos Wistar/UFPel em jejum e ao longo de 90 minutos, após a ingestão das dietas experimentais, encontram-se na Tabela 17.

O amido resistente não apresentou efeito na curva glicêmica, dos ratos, provavelmente devido à pequena quantidade presente nas dietas. Mesmo nas dietas que continham arroz parboilizado, que apresenta amido retrogradado, 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. (1996) 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 desordens metabólicas decorrentes de diabetes e hiperlipidemias (ASP, 1994; WOLEVER e MCHLING, 2002).

Tabela 17. Curva glicêmica (mg.dL^{-1}) das dietas experimentais em ratos machos Wistar/UFPel, no tempo inicial (jejum), e aos 30, 60 e 90 minutos após ingestão.

Dietas		Glicemia (mg.dL^{-1})			
Amilose	Processo	0 min	30 min	60 min	90 min
Alta	Convencional	72,25±11,38 ^a	93,25±10,40 ^a	97,50±4,02 ^a	105±3,64 ^a
Alta	Parboilização	64,62±17,53 ^a	103,75±13,67 ^a	102,5±8,27 ^a	103,5±9,68 ^a
Média	Convencional	60,17±5,89 ^a	94,66±6,98 ^a	96,33±5,35 ^a	98,87±3,57 ^a
Média	Parboilização	71,00±13,24 ^a	91,25±5,91 ^a	99,50±8,54 ^a	104,75±8,54 ^a
Baixa	Convencional	72,5±9,95 ^a	89,50±6,86 ^a	97,75±4,02 ^a	93,17±8,75 ^a
Baixa	Parboilização	57,75±6,80 ^a	92,75±12,42 ^a	95,5±1,29 ^a	95,62±3,90 ^a
Controle*		67,5±2,88 ^a	90,21±17,32 ^a	101,75±1,44 ^a	105,5±3,89 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Segundo alguns autores (LAJOLO et al., 2001a; PARKS, 2002) 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 (2004), estas evidências estão associadas à relação dose-resposta na ingestão de amido resistente na glicemia pós-prandial, insulinemia, oxidação lipídica e armazenamento de lipídeos.

As curvas glicêmicas das dietas experimentais, em ensaio biológico com ratos adultos Wistar/UFPel, em jejum e ao longo de 90 minutos, são apresentadas na Figura 9.

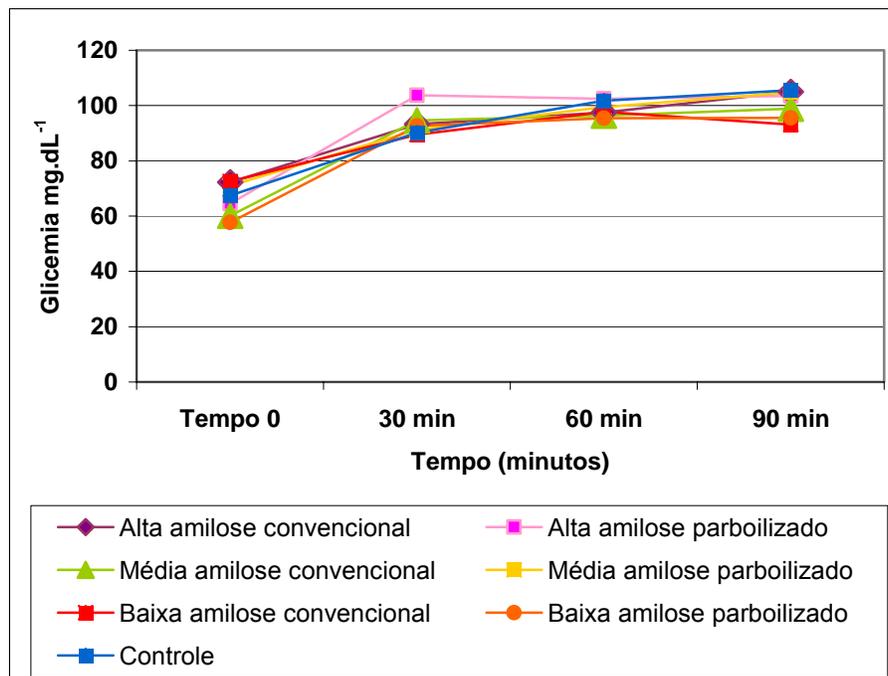


Figura 9. Curvas glicêmicas (mg.dL^{-1}) das dietas experimentais em ratos adultos Wistar/UFPel em jejum e ao longo de 90 minutos.

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 (2000) demonstraram que *cornflakes* produziram elevada resposta glicêmica, embora contenham elevado teor de amido resistente e amido rapidamente digerível.

Conforme os resultados apresentados (Tabelas 16 e 17, Figuras 7, 8 e 9), observa-se que o teor de amilose não interferiu na resposta glicêmica, contrariando Caruso e Menezes (2000) 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. E nos 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.

O índice glicêmico é amplamente utilizado em estudos de biodisponibilidade dos carboidratos, com ressalvas. Os resultados podem ser influenciados pelo baixo conteúdo de carboidratos da amostra e a presença de fibras solúveis em alimento fonte de amido é capaz de reduzir a resposta glicêmica e insulinêmica pós-prandiais e mascarar os efeitos do amido resistente. Esse fenômeno acontece pelo retardo no ritmo de esvaziamento gástrico, decorrente da capacidade de retenção de água das pectinas, gomas e β -glicanas. O conseqüente aumento da viscosidade do meio reflete-se no aumento da saciedade, em menor taxa de absorção no intestino e no decréscimo do índice glicêmico (LEMOS et al., 2002).

5.3.3.3 Lípídeos Totais, Colesterol Total e Triacilgliceróis Hepáticos

Os lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis hepáticos de ratos machos Wistar/UFPel, alimentados durante 28 dias com dietas contendo arroz, estão na Tabela 18.

Tabela 18. Lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis hepáticos de ratos machos Wistar/UFPeI, em base seca.

Dietas		Lipídeos	Colesterol	Triacilgliceróis
Amilose	Processo	(mg)	(mg)	(mg)
Alta	Convencional	541,18±29,97 ^{a,b}	29,68±3,08 ^{a,c}	196,36±6,98 ^a
Alta	Parboilização	486,68±33,40 ^b	23,45±6,27 ^{b,c}	156,66±4,89 ^c
Média	Convencional	498,00±55,88 ^b	33,10±5,55 ^{a,b}	159,84±7,46 ^c
Média	Parboilização	612,63±40,73 ^a	30,62±3,81 ^{a,c}	133,98±5,41 ^d
Baixa	Convencional	315,51±58,31 ^c	34,48±7,92 ^a	174,72±8,92 ^b
Baixa	Parboilização	499,07±22,00 ^b	23,87±5,98 ^{b,c}	122,80±5,41 ^d
Controle*		366,77±69,35 ^c	21,15±6,32 ^c	81,84±7,77 ^e

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

Valores de referência no tempo inicial: Lipídeos (mg)= 442,30±25,32; Colesterol (mg)= 23,44±4,28; Triacilgliceróis (mg)= 155,45±6,34; Fígado (g)= 15,33±1,23.

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Os lipídeos hepáticos específicos dos animais que consumiram dieta controle e dieta com arroz convencional de baixo teor de amilose foram inferiores aos demais tratamentos. Os maiores valores foram encontrados nos animais que consumiram arroz com médio e baixo teor de amilose parboilizado. Para o colesterol hepático, os teores encontrados não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Quanto aos teores de triacilgliceróis, os grupos diferiram entre si ($p > 0,05$). O grupo controle apresentou os menores teores, sendo os maiores encontrados para as dietas elaboradas com arroz convencional.

Estudos com animais experimentais têm indicado que dietas ricas em fibra alimentar, incluindo o amido resistente, influenciam no perfil lipídico sérico e hepático (KIM et al., 2003; PIEDADE e CANNIATTI-BRAZACA, 2003).

Na Tabela 19 são apresentados os teores de lipídeos, colesterol e triacilgliceróis hepáticos específicos, em base seca, dos ratos machos Wistar alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Tabela 19. Teores de lipídeos, colesterol e triacilgliceróis hepáticos (mg.g^{-1}) específicos, em base seca, dos ratos machos Wistar/UFPeI alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Lipídeos	Colesterol	Triacilgliceróis
Amilose	Processo	(mg.g^{-1})	(mg.g^{-1})	(mg.g^{-1})
Alta	Convencional	46,04±2,55 ^b	2,62±0,42 ^a	16,42±2,67 ^a
Alta	Parboilização	43,96±3,02 ^b	2,13±0,60 ^a	14,46±2,90 ^a
Média	Convencional	47,64±5,34 ^b	3,21±0,66 ^a	15,31±3,29 ^a
Média	Parboilização	57,51±3,82 ^a	2,93±0,42 ^a	12,81±3,60 ^{a,b}
Baixa	Convencional	27,57±5,09 ^c	3,09±0,88 ^a	15,99±2,76 ^a
Baixa	Parboilização	50,72±2,23 ^{a,b}	2,42±0,55 ^a	12,48±2,35 ^{a,b}
Controle*		34,73±6,57 ^c	2,33±0,77 ^a	8,63±2,33 ^b

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

Valores de referência no tempo inicial (mg.dL^{-1}): Lipídeos= 28,83±2,53; Colesterol= 1,53±0,19; Triacilgliceróis= 9,93± 1,98

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Considerando a massa hepática de cada grupo (Tabela 13 e 19), foi verificado que os animais com dieta controle e arroz convencional de baixa amilose apresentaram teores de lipídeos totais inferiores, diferindo dos demais grupos ($p > 0,05$). Em relação aos teores de colesterol total, os grupos não diferiram quando comparados ao controle ($p > 0,05$), sendo os menores valores absolutos encontrados para o arroz parboilizado nas amostras com três níveis de amilose. Da mesma forma, para os triacilgliceróis, os menores valores foram encontrados nos animais tratados com arroz parboilizado,

qualquer que seja o teor de amilose, sendo que as cultivares com médio e baixo teor de amilose apresentaram comportamento estatístico equivalente ao controle ($p > 0,05$).

5.3.3.4 Lipídeos Totais, Colesterol Total, Triacilgliceróis e Amido Resistente Fecais

Na Tabela 20 são apresentados os lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis fecais, em base seca, dos ratos machos Wistar/UFPel.

Tabela 20. Teores de lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis excretados (b.s.), dos ratos machos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Lipídeos	Colesterol	Triacilgliceróis
Amilose	Processo	(mg)	(mg)	(mg)
Alta	Convencional	1094,00±109,67 ^{a,b}	43,11±4,45 ^a	83,99±6,54 ^b
Alta	Parboilização	1295,15±135,64 ^a	15,46±2,40 ^c	60,04±3,99 ^c
Média	Convencional	1063,95±117,58 ^b	29,73±3,14 ^b	38,55±4,07 ^d
Média	Parboilização	1004,00±232,00 ^b	27,98±2,45 ^b	41,85±3,67 ^d
Baixa	Convencional	894,18±119,56 ^b	20,77±3,77 ^c	37,50±6,80 ^d
Baixa	Parboilização	894,46±113,77 ^b	28,14±2,35 ^b	21,03±1,76 ^e
Controle*		926,33±132,81 ^b	3,63±0,27 ^d	115,26±5,21 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Conforme pode ser observado na Tabela 20, ocorreu maior excreção de lipídeos e colesterol em ratos alimentados com as dietas contendo arroz. A importância da excreção fecal de lipídeos e colesterol não está somente na contribuição da regulação dos níveis séricos de colesterol total e frações, mas também na prevenção de

determinadas patologias. Há fortes evidências de que a ocorrência de câncer de cólon e de reto está associada a dietas altamente gordurosas, hipercalóricas e pobres em fibras. Uma dieta balanceada, que fornece os nutrientes necessários para que o organismo se mantenha em equilíbrio, é considerada como forte aliada na prevenção do câncer colorretal. Os compostos lipídicos podem ser considerados promotores de câncer colorretal, por ocasionar, entre outros efeitos, um aumento na quantidade de ácidos biliares excretados no intestino pela bile (MONICI, 2004).

Na Tabela 21 são apresentados os teores de excreção de lipídeos totais, colesterol total e triacilgliceróis fecais, (mg.g^{-1} base seca), dos ratos machos Wistar/UFPel.

Tabela 21. Teores de lipídeos, colesterol e triacilgliceróis excretados (b.s.), dos ratos machos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		Lipídeos	Colesterol	Triacilgliceróis
Amilose	Processo	(mg.g^{-1})	(mg.g^{-1})	(mg.g^{-1})
Alta	Convencional	39,99±4,01 ^{a,b}	1,58±0,42 ^a	3,00±0,84 ^b
Alta	Parboilização	44,74±4,68 ^{a,b}	0,52±0,32 ^{b,c}	2,04±0,59 ^{b,c}
Média	Convencional	48,61±5,37 ^a	1,36±0,53 ^{a,b}	1,76±1,42 ^{b,c}
Média	Parboilização	45,51±4,60 ^{a,b}	1,27±0,55 ^{a,b}	1,90±0,84 ^{b,c}
Baixa	Convencional	44,17±5,91 ^{a,b}	1,03±0,60 ^{a,b,c}	1,85±0,99 ^{b,c}
Baixa	Parboilização	44,00±5,60 ^{a,b}	1,38±0,76 ^{a,b}	1,03±0,84 ^c
Controle		38,72±5,55 ^b	0,15±0,01 ^c	4,92±0,37 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 21 as dietas contendo arroz promoveram maior excreção de lipídeos e colesterol. Para Ferreira (2003), a excreção de colesterol está relacionada à composição da microbiota intestinal, pois a

presença de bactérias lácticas é capaz de desconjugar ácidos biliares, tornando-os menos solúveis em pH baixo. Tal fato induz à precipitação do colesterol junto com os ácidos biliares, tornando-os indisponíveis para reabsorção no fígado, sendo eliminados nas fezes.

Efeitos similares aos encontrados neste trabalho são apresentados por Monici (2004), em estudo com diferentes fontes de amido resistente, o autor atribui às fibras solúveis e ao amido resistente a capacidade de seqüestrar sais biliares eliminando-os nas fezes. Este efeito tem demonstrado grande importância, pois previne a ação de determinadas cepas bacterianas (*Clostridium putrificans*) que desconjugam e reduzem ácidos biliares e colesterol, ativando a proteinoquinase C celular, que é uma estimuladora da proliferação de células intestinais. Enzimas de bactérias atuam sobre o colesterol dietético e sobre os ácidos biliares, originando o ácido litolítico e outros mutagênicos. Por outro lado, embora não seja conhecida qual fração de fibra seja responsável pelo efeito protetor, existem demonstrações experimentais de que a celulose possui capacidade de catalisar a redução e a conjugação dos ácidos biliares, os quais desconjugados não são utilizados pelas cepas bacterianas patogênicas (MÁRQUEZ, 1999).

Na Figura 10 são apresentados os lipídeos totais excretados, dos ratos Wistar/UFPel alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

A excreção fecal, relacionada à massa fecal (Tabela 21), apresentou valores maiores para lipídeos e colesterol total ($p > 0,05$) para os animais submetidos às dietas contendo arroz. Para triacilgliceróis, observou-se que os grupos experimentais diferiram do grupo controle ($p > 0,05$), onde os animais em dieta contendo arroz com alta amilose apresentaram a maior excreção. De acordo com St-Onge et al. (2000), o consumo de fibras aumenta o quociente dos ácidos biliares primários/secundários do pool biliar, devido à eliminação fecal destes, pois ocorre solubilização do colesterol biliar e diminuição da litogenicidade da bile, com a interrupção da circulação entero-hepática, estes deverão ser produzidos no fígado e, desta forma, o organismo deverá recorrer às suas reservas de colesterol.

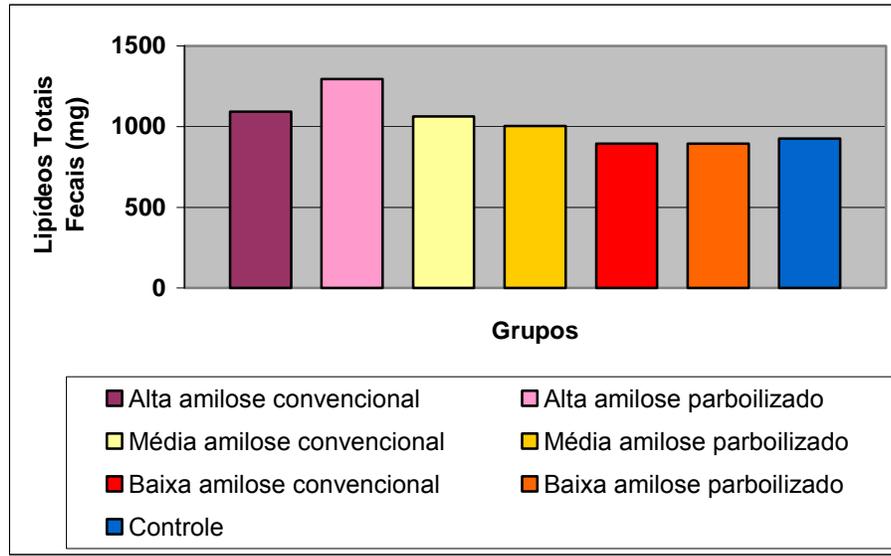


Figura 10. Lipídeos totais fecais (mg), em base seca, dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

Na Figura 11 e 12 encontram-se respectivamente, colesterol total e triacilgliceróis fecais dos ratos Wistar alimentados com as dietas experimentais contendo arroz de diferentes níveis de amilose.

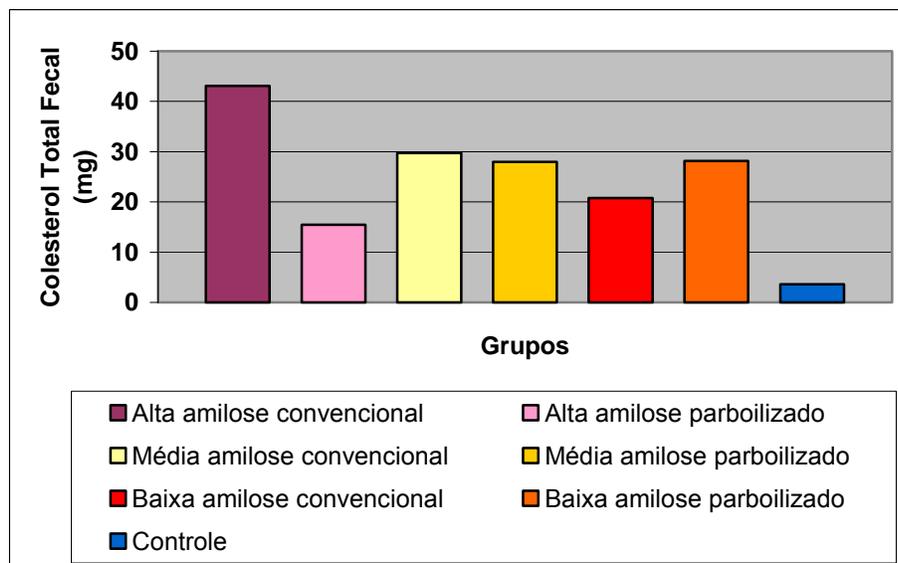


Figura 11. Colesterol total fecal (mg), em base seca, dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

O aumento na excreção de colesterol (Figura 11), de acordo Tomasik e Tomasik (2003) e ST-Onge et al. (2000), está relacionado à presença de carboidratos indigeríveis no trato intestinal, os quais reduzem a reabsorção de sais biliares. Assim, o colesterol endógeno é o único precursor para a síntese de ácido biliar, através de inibição da síntese de colesterol hepático ou redistribuição do colesterol sérico para o fígado o que reduz a concentração do colesterol circulante.

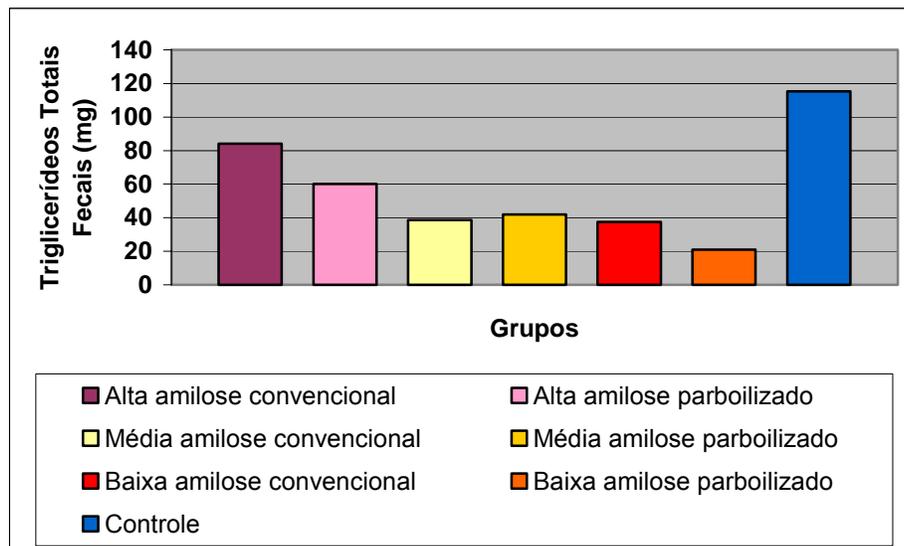


Figura 12. Triacilgliceróis fecais (mg), em base seca, dos ratos Wistar/UFPEL alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais (n= 6 ratos/grupo).

O teor de amido resistente nas fezes e no material intestinal, e o volume fecal, dos ratos machos Wistar alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais encontram-se na Tabela 22.

O amido resistente no material intestinal dos animais (Tabela 22) submetidos às dietas com arroz, não diferiu estatisticamente do grupo controle ($p > 0,05$), indicando que não houve uma maior fermentação do amido resistente de arroz, tanto o beneficiado na forma convencional quanto no arroz parboilizado, diferentemente do que relata Heijnen (1996), segundo o qual o amido de arroz é completamente fermentado pelas bactérias intestinais. Um dos maiores interesses no amido resistente tem sido a possível promoção de substrato para a microflora colônica e a síntese de ácidos graxos de cadeia curta, especialmente o butirato. Tem sido proposto que doenças colônicas,

incluindo colite ulcerativa são desordens por deficiência de energia (ROEDIGER, 1980), onde o butirato é conhecidamente uma importante fonte energética para os colonócitos (ROEDIGER, 1982). Conforme Topping e Clifton (2001), o ácido butírico atua em nível intestinal, gerando aporte calórico, mantendo sua integridade e inibindo o crescimento desordenado das células pela estabilização do DNA, conferindo ao amido resistente efeito de proteção contra câncer colorretal (SÁYAGO-AYERDI et al., 2005).

Tabela 22. Amido resistente (mg.g^{-1}) nas fezes e no material intestinal, e volume fecal (mL) dos ratos machos Wistar/UFPEl alimentados durante 28 dias com as dietas experimentais.

Dietas		AR Fecal	AR matéria intestinal	Volume Fecal
Amilose	Processo	(mg.g^{-1})	(mg.g^{-1})	(mL)
Alta	Convencional	11,02±1,13 ^a	5,82±1,24 ^{b,c}	50,25±6,09 ^a
Alta	Parboilização	12,02±2,01 ^a	9,52±1,19 ^a	52,53±5,82 ^a
Média	Convencional	9,76±1,03 ^{a,b}	4,97±1,45 ^c	39,75±3,25 ^b
Média	Parboilização	12,12±1,06 ^a	8,06±0,99 ^{a,b}	38,25±2,18 ^b
Baixa	Convencional	10,17±1,85 ^a	7,86±1,34 ^{a,b}	36,33±6,23 ^b
Baixa	Parboilização	7,41±0,62 ^b	5,28±1,76 ^c	37,17±3,43 ^b
Controle*		11,31±0,96 ^a	6,50±0,85 ^{b,c}	44,75±7,91 ^{a,b}

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística $p < 0,05$, segundo ANOVA e Teste de Tukey (n= 6 ratos/grupo).

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

*Controle: AIN-93M, fonte de carboidratos amido de milho e amido dextrinizado.

Os resultados obtidos com arroz parboilizado de alta e média amilose (Tabela 22), demonstram maior teor de substância fermentável na matéria intestinal, diferindo estatisticamente do arroz parboilizado de baixa amilose. Estes resultados têm sustentação em relatos de estudos in vivo, realizados por Jenkins et al. (1998) e Walter et al. (2005), onde demonstram que o amido resistente pode ser fermentado pela microflora intestinal, sendo, no entanto encontradas diferenças na fermentação, no

produto gerado e na seletividade por microbiota benéfica (NOAKES et al., 1996; KOLIDA et al., 2002).

Salgado et al. (2005b) também supõem que o amido resistente pode apresentar propriedades funcionais semelhantes às fibras alimentares na prevenção de doenças degenerativas associadas ao metabolismo intestinal. Assim, uma maior excreção é favorável, pois elimina substâncias nocivas ao intestino. No presente estudo (Tabela 22) se observa que o amido resistente que não foi totalmente fermentado é eliminado via fecal. Neste caso, a associação entre amido resistente e lipídeos da dieta é benéfica, podem ser excretados, reduzindo o aporte calórico decorrente do consumo elevado de lipídeos. Higgins et al. (2004) atribuem ao amido resistente a condição de fibra insolúvel, pois em alto consumo de amido resistente (maior que 10,7%), somente uma porção deste será fermentada, sendo o remanescente eliminado do cólon como fibra insolúvel.

O volume fecal (Tabela 22) apresentado pelos ratos com dietas contendo arroz branco e parboilizado não diferiram do controle ($p > 0,05$). Neste estudo, o amido resistente presente nas amostras de arroz de diferentes teores de amilose, não foi capaz de promover aumento significativo de volume fecal. No entanto, o arroz com alta amilose tanto na forma de beneficiamento convencional quanto parboilizado apresentou os maiores valores de volume fecal (50,25 e 52,53 mL). Vários estudos verificaram o aumento do volume fecal decorrente do consumo de amido resistente (PHILLIPS et al., 1995; BEHALL e HOWE, 1996; CUMMINGS et al., 1996; JENKINS et al., 1998; CUMMINGS e MACFARLANE, 2002); entretanto Kestell et al. (2004) relatam que dietas contendo amido resistente comparadas a dietas com polissacarídeos não amiláceos (NSP) são menos efetivas na redução do tempo de trânsito intestinal em ratos, sendo elas altamente efetivas no aumento do volume fecal em cerca de 50%.

6 CONCLUSÕES

- A parboilização e a cocção provocam aumentos nos teores de amido resistente, sem haver correlação com a pressão utilizada na autoclavagem, diferentemente do que ocorre com o tempo de armazenamento, cujo aumento provoca reduções no teor de amido resistente, havendo tendência de estabilização em tempo mais curto na cultivar com alto teor de amilose do que nas de médio e baixo.

- O teor de amilose do arroz não interfere no ganho de peso, no consumo de dieta e na massa hepática, enquanto a massa e o volume fecal produzidos pelos ratos são afetados pelo nível de amilose e não dependem do processo de beneficiamento do arroz, mas arroz com maiores teores de amilose proporciona maiores massa e volume fecal.

- O consumo de arroz parboilizado de altos e médios teores de amilose proporciona redução de colesterol, ocorrendo efeito contrário para os triacilgliceróis, sem interferir nos níveis de HDL, enquanto para o LDL em todas as dietas contendo arroz ocorre redução, que é mais acentuada para o arroz parboilizado com altos e médios teores de amilose.

- 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, mas o aumento do teor de amilose ocasiona aumentos de triacilgliceróis hepáticos em ratos alimentados com dietas contendo arroz branco e o processo de beneficiamento não interfere na retenção hepática do colesterol.

- As dietas contendo arroz aumentam a excreção fecal de colesterol independentemente do teor de amilose e do processo de beneficiamento, e provocam diminuição na excreção de triacilgliceróis, a qual é mais intensa no arroz de baixo teor de amilose parboilizado, sendo que a parboilização de arroz de altos e médios teores de amilose resulta em maior teor de amido resistente nos materiais intestinal e fecal.

7 REFERÊNCIAS

AL-BAYATI, S.H.; AL-RAYESS, H. The chemical composition of Iraqi rice and rice by-products. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore. v.18, n.2, p.40-44, 1981.

AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA Fº, S. **Arroz parboilizado**: tecnologia limpa, produto nobre. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240p.

AMATO, G.W. Parboilização do arroz: um processo para obtenção de “colheita de plantio virtual”: In: I SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 2003, Pelotas. **Anais do...** Pelotas: ABRAPÓS, 2003. p.315-329.

AMATO, G.W.; ELIAS, M.C. **Parboilização do arroz**. Ed., Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005, 160p.

ANDERSON, J.W.; BRYANT, C.A. Dietary fiber: diabets and obesity. **American Journal of Gastroenterology**, Philadelphia, v.81, p.898-906, 1986.

ANGELIS, R.C. Valor nutricional das proteínas; métodos de avaliação. **Cadernos de Nutrição**, São Paulo, v.10, p.8-29, 1995.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, C. R. L.; CARVALHO, P. R. N.; FIGUEIREDO, I. B.; MANTOVANI, D. M. B.; MORAES, R. M. **Manual técnico de análises de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1987, p.52-53.

ANNISON, G.; TOPPING, D. L. Nutritional role of resistant starch: chemical structure vs physiological function. **Annual Review Nutrition**, v.14, p.297-320, 1994.

AOAC. Official Methods of Analysis International. 16 ed., Washington DC: Cunniff, 1995, p.55.

ASP, N. G. Classification and methodology of food carbohydrates as related to nutritional effects. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v.61(suppl.), p.930S-937S, 1995.

ASP, N. G. Nutritional classification and analysis of food carbohydrates. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.59, p.679S-681S, 1994.

ASSIS, M.A.A. **Consulta de nutrição: controle e prevenção do colesterol elevado**. Florianópolis: Insular, 1997. 166p.

BARBOSA, C. F.; JOKL, L. Efeito da formulação de suas dietas de ratos tendo farelo de trigo como fonte de fibra dietética sobre alguns parâmetros bioquímicos e nutricionais. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.37, n.1, p.36-46, ene. 1987.

BEDNAR, G. E.; PATIL, A. R.; MURRAY, S. M.; GRIESHOP, C. M.; MERCHEN, N. R.; FAMEY Jr, G. C. Starch and fiber fractions in selected foods and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.131, n.2, p.276-286, 2001.

BEHALL, K. M.; SCHOLFIELD, D. J. Effect of starch structure on glucose and insulin responses in adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.47, p.428-432, 1988.

BEHALL K. M.; SCHOLFIELD, D. J.; YUHANIYAK, I.; CANARY, J.: Diets containing high amylose vs amylopectin starch: effects on metabolic variables in human subjects. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.49, p.337-344, 1989.

BEHALL, K. M.; HOWE, J. C. Effect of long-term consumption of amylose vs amylopectin starch on metabolic variables in human subjects. **American Journal of Clinical Nutrition**. Bethesda, v.61, p.334-340, 1995.

BEHALL, K. M.; HOWE, J. C.: Resistant starch as energy. **Journal of the American College of Nutrition**. v.15, p.248-254, 1996.

BERGER, A.; REIN, D.; SCHAFER, A.; MONNARD, I.; GREMAUD, G.; LAMBELET, P.; BERTOLI, C. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied gamma-oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men. **European Journal of Nutrition**, v.43, p.1–11, 2004.

BERRY, C. S. Resistant-Starch: formation and measurement of starch that survives exhaustive with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre. **Journal of Cereal Science**, London, v.4, p.301-314, 1986.

BEYNEN, A C.; LEMMENS, A G.; DE BRUIJNE, J.J.; KATAN, M.B.; VAN ZUTPHEN, L.F.M. Interaction of dietary cholesterol with cholate in rats: effect on serum cholesterol, liver cholesterol and liver function. **Nutrition Reports International**, v.34, n.4, p.557-563, 1986.

BINGHAM, S. A. Epidemiology and mechanism relating diet to risk of colorectal cancer. **Nutrition Research Reviews**, p.197-239, 1996.

BJÖRK, I.; GUNNARSSON, A.; OSTERGARD, K. A study of native and chemically modified potato starch. **Starch/Stärke**, Weinheim, n.41, p.128-134, 1989.

BLIGH, E. G. & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BOBBIO, F. O E BOBBIO P. A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992, p. 232.

BOLTON, P. R.; HEATON, K. W.; BURROUGHS, L. F. The role of dietary fiber in satiety, glucose, and insulin: studies with fruit and fruit juice. **Journal of Clinical Nutrition**, v.34, p.211-217, 1981.

BORGES, J. T. S.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. R.; NASCIMENTO, R. E.; FREITAS, A. S. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd)

e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. In: **Boletim do CEPPA**: Curitiba, 2003, v.21, n.2, p.303-322.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília, v.8, n.20, 1988, 25p.

BRENELLI, L. S. **Relação entre viscosidade de fibras e redução da hiperglicemia pós-prandial em indivíduos normais**. 1990, 90p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; ARRIGONI, E. Resistant starch and "the butyrate revolution". **Food Science and Technology**, v.13, p.251-261, 2002.

CARREIRA, M. C.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Glycemic index: effecta of food storage under low temperature. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.4, p.569-574, August 2004.

CARUSO, L.; MENEZES, E. W. Índice glicêmico dos alimentos. **Nutrire**, v.19/20, p.49-63, 2000.

CARVALHO, R.C. **Utilização do farelo de arroz na alimentação: revisão da literatura no período 1970-1998**. 1999. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASSIDY, A.; BINGHAM, S. A.; CUMMINGS, J. H. Starch intake and colorectal cancer risk: an international comparison. **British Journal of Cancer**, n.69, p.937-942, 1994.

CEREDA, M. **Propriedades gerais do amido: Cultura de tuberosas amiláceas latinoamericanas**. Fundação Cargill, v. 1, 2001. 221p.

CHAMP, M. FAISANT, N. Resistant starch: analytical and physiological aspects. **Boletim da Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.37-43, 1996.

CHAMP, M.; KOZLOWSKI, F.; LECANNU, G. ***In vivo* and *in vitro* methods for resistant starch measurement.** In: MCCLEARY V.; PROSKY, L. Advanced dietary fibre technology. Oxford: Blackwell Science, 2001. p.106-119.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A. **Bioquímica ilustrada.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 446 p.

CHANDIER, R. F. **Arroz em los trópicos.** San José, Costa Rica:CIDIA, 1994. 304p.

CHENG, H. H.; LAI, M. H. Fermentation of resistant rice starch produces propionate reducing serum and hepatic cholesterol in rats. **Journal of Nutrition**, v.130, p.1991-1995, 2000.

CICERO A. F., GADDI A. Rice bran oil and gamma-oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinaemias and other conditions. **Phytotherapy Research**, v.15, n.4, p.277-89, 2001.

COLONNA, P.; LELOUP, V.; BULÉON, A. Limiting factors of starch hidrolisis. **European Journal of Clinical Nutrition**, Cambrigde. v.46, n.2, p.17-32, 1992.

CONWAY, P. L. Prebiotics and human health: the state-of-the-art and future perspectives. **Scandinavian Journal of Nutrition**, v.45, p.13-21, 2001.

CUMMINGS, J. H.; BEATTY, E. R.; KINGMAN, S. M.; BINGHAM, S. A.; ENGLYST, H. N. Digestion and physiological properties of resistant starch in the human large bowel. **Brithish Journal of Nutrition**, Wallingford, v.75, n.3, p.733-747, Sept. 1996.

CUMMINGS, J. H.; MACFARLANE, G. T. Gastrointestinal effects of prebiotics. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v.87, n.2, p.145-151, 2002.

DECKERE, E. A. M.; KLOOTS, W. J.; AMELSVOORT, J. M. M. Resistant starch decreases serum total cholesterol and triacylglycerol concentrations and fat accretion in the rat. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v.73, p.74-76, 1993.

DOMENE, M. S. A. **Estudo do valor nutritivo do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro, cobre e cálcio pelo rato em crescimento.** 1996. 104f. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

EERLINGEN, R. C.; DELCOUR. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. **Journal of Cereal Science**, London. v.22, p.129-138, 1995.

ELIAS, M.C. **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.

ELIAS, M. C.; LOECK, A. E.; MÜLLER, M. M. **Recomendações técnicas para colheita, secagem, armazenamento e industrialização de arroz para o sul do Brasil.** Pelotas: Editora da UFPEL, 2001, p.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos em médias e pequenas escalas.** Pólo de inovação tecnológica em alimentos da região sul do Rio Grande do Sul. Pelotas: COREDE-SUL, 2004. 218p.

ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. **Pós-Colheita e Industrialização de Arroz.** In: Ariano Martins de Magalhães Júnior; Algenor da Silva Gomes; Alberto Baêta dos Santos. (Org.). *Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil.* 1 ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006, v.1, p.229-240.

ENGLYST, H. N.; WIGGINS, H. S.; CUMMINGS, J. H. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. **Analyst**, v.107, n.2, p.307-318, 1982.

ENGLYST, H. N. & CUMMINGS, J. H. **Resistant starch: a new food component: a classification of starch for nutritional purposes.** In: MORTON, I. D. *Cereals in a European context.* Chichester: Ellis Horwood, 1987. p.221-233.

ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, Amsterdam, v.46, n.2, p.33-50, June 1992.

Englyst, H. N.; Veenstra, J.; Hudson, G. J. Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: A potential *in vitro* predictor of the glycaemic response. **British Journal of Nutrition**, v. 75, n. 3, p. 327-337, 1996.

ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. C.; MAÑAS, E.; GARCÍA-DÍAZ, L.; SAURA-CALIXTO, F. Resistant starch formation: a standardization of a high-pressure autoclave process. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.44, p.924-928, 1996.

FAISANT, N.; CHAMP, M.; COLONNA, P. et al. Structural discrepancies in resistant starch obtained in vivo in humans and in vitro. **Carbohydrate Polymers**, v.21, p.205-209, 1993.

FERREIRA, C. L. L. F. **Prebióticos e probióticos: atualização e prospecção**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2003. 206p.

FREITAS, M. C. J. Amido resistente: propriedades funcionais. **Nutrição Brasil**, v.1, p.40-48, 2002.

GALLI, L. **Origem, distribuição e domesticação do arroz**. Lavoura arrozeira. Porto Alegre, IRGA, v.31, n.306, p.63-68, maio/jun. 1978.

GERMANI, R. **Controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo**. Curso de Pós-Graduação em Controle e Garantia de Qualidade de Alimentos UFRJ – Embrapa/CTAA. Módulo III: controle de qualidade químico e físico-químico. Rio de Janeiro, 1999. p.27-31.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 125, n.6, p.1401-1412, jun 1995.

GOLDBLITH, A. Thermal processing of foods – a review. **World Review of Nutrition and Dietetics**, n.13, p.165-193, 1971.

GOÑI, I.; GARCIA-ALONSO, A.; GARCIA, D. Almidón resistent componente indigestible de la dieta alimentaria. **Alimentaria**, n.26, p.31-33, 1995.

GOÑI, I.; GARCIA-DIZ, L.; MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: A method for foods and food products. **Food Chemistry**, Barking, v.56, n.4, p.445-449, 1996.

GRANFELDT, Y. E.; DREWS, A. W.; BJÖRCK, I. M. E. Starch bioavailability in arepas from ordinary or high amylase corn: concentration and gastrointestinal fate of resistant starch in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, n.123, p.1676-1684, 1993.

GULARTE, M. A. **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.

HALPERN, A.; MANCINI, M. C. Diabetes mellitus: como diagnosticar e tratar. **Revista Brasileira de Medicina**, São Paulo, v.51, p.51-55, dez.1994/jan.1995. Edição especial.

HAUG, A.; HOSTIMARK, A. T. Lipoprotein lipases. Lipoprotein and tissue lipids in rats fed fish oil or coconut oil. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.17, n.6, p.1011-1017, Oct. 1987.

HEIJNEN, M. L.; VAN AMELSVOORT, J. M.; WESTSTRATE, J. A. Interaction between physical structure and amylase: amylopectin ratio of foods on postprandial glucose and insulin responses in healthy subjects. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.49, p.446-457, 1995.

HEIJNEN, M. J. AMELSVOORT, J. M. M.; DEURENBERG, P.; BEYNEN, A. Neither raw nor retrograded resistant starch lowers fasting serum cholesterol concentrations in healthy normolipidemic subjects. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, n.64, p.312-318, 1996.

HEINEMANN, R. J. B; BEHRENS, J. H.; LANFER-MARQUEZ, U. M. A study on the acceptability and consumer attitude towards parboiled rice. **International Journal of Food and Science Technology**, v.41, n.6, p.627-634, june 2006.

HERNANDEZ, T.; HERNANDEZ, A.; MARTINEZ, C. Concepto, propiedades y metodos de analisis. **Alimentaria**, v.4, p.19-30, 1995.

HIGGINS, J. A.; HIGBEE, D. R.; DONAHOO, W. T.; BROWN, I. L.; BEEL, M. L.; BESSESEN, D. H. Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutrition and Metabolism**, v.1, n.8, p.1-11, 2004.

HOEBLER, C.; KARINTHI, A.; CHIRON, H.; CHAMP, M., & BARRY, J. L. Bioavailability of starch in bread rich in amylose: metabolic responses in healthy subjects and starch structure. **European Journal of Clinical Nutrition**, n.53, p.360-366, 1999.

HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by α -amylase and resistant starch formation in legumes – a review. **Carbohydrate Polymers**, n.54, p.401-417, 2003.

HOSENEY, R. C. **Principios de Ciencia y Tecnología de Los Cereales**. Zaragoza: ACRIBIA, 1991. 321p.

HOSSNE, W.S. SPADELLA, C.T., BACCHI, C. E. Estudo biométrico de comprimento, peso corpóreo e peso de órgãos em animais de experimentação biomédica. **Revista Ciências Biomédicas**, v.7, n.8, p.1-19, 1986/87.

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. **Journal of Cereal Science**, n.40, p.231-237, 2004.

JARDIM, A. **Planeta arroz 2000**. Cachoeira do Sul, 2000. 6p.

JENKINS, D. J. A.; WOLEVER, T. M.S.; JENKINS, A. L.; JOSSE, R. G.; WONG, G. S. The glycemic response to carbohydrate foods. **The Lancet**, n.18, p.388-391, 1984.

JENKINS, D. J.; VUKSAN, V.; KENDALL, C. W. WURSCH, P. JEFFCOAT, R. WARING, S. MEHLING, C. C.; VIDGEN, E. AUGUSTIN, L. S. WONG, E. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **Journal of the American College of Nutrition**, v.17, p.609-616, 1998.

JENKINS, D. J.; KENDALL C. W.; AUGUSTIN, L. S.; FRANCESCHI, S.; HAMIDI, M.; MARCHIE, A.; JENKINS, A. L.; AXELSEN, M. Glycemic index: overview of implications in health and disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.76, p.266-273, 2002.

JULIANO, B.O. A Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. **International Rice Reserch Institute**, Los Banõs, Laguna, Philippines. p.337,1971.

KABIR, M.; RIZKALLA, S. W.; CHAMP, M.; LUO, J.; BOILLOT, J.; BRUZZO, F.; SLAMA, G. Dietary amylase-amylopectin starch content affects glucose and lipid metabolism in adipocytes of normal and diabetic rats. **Journal of Nutrition**, n.128, p.35-43, 1998a.

KABIR, M.; RIZKALLA, S. W.; QUIGNARD-BOULANGE, A.; GUERRE-MILLO, M.; BOILLOT, J.; ARDOUIN, B.; LUO, J.; SLAMA, G. A high glycemic index starch diet affects lipid storage-related enzymes in normal and to a lesser extent in diabetic rats. **Journal of Nutrition**, n.128, p.1878-1883, 1998b.

KESTELL, P.; ZHU, S.; FERGUSON, L. R. Mechanisms by which resistant starches and non-starch polysaccharide sources affect the metabolism and disposition of the food carcinogen, 2-amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline. **Journal of Chromatography B**, v.802, p.201-210, 2004.

KIM, W. K.; CHUNG, M. K.; KANG, N. E.; KIM, M. H.; PARK, O. J. Effect of resistant starch from corn or rice on glucose control, colonic events, and blood lipid concentracions in streptozotocin-induced diabetic rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.14, p.166-172, 2003.

KOLIDA, S.; TUOHY, K.; GIBSON, G. R. Prebiotic effects of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v.87, n.2, p.193-197, may 2002.

KUTOS, T.; GOLOB, T.; KAC, M.; PLESTENJAK, A. Dietary fiber content of dry and processed beans. **Food Chemistry**, Barking, n.80, v.3, p.231-235, 2003.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Dietary fiber and resistant starch intake in Brazil: recommendations and actual consumption patterns. In: _____. **Dietary Fiber**. New York: Ed. Handbook, 2001a. p.845-858.

LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética em Iberoamérica: tecnologia y salud**. São Paulo: Varela. 2001b. 472p.

LEES, R. **Manual de análises de alimentos**. Zaragoza: Acribia. 1979. p.124-125.

LEMONS, M. C. C.; TEODÓSIO, N. R.; CASTRO, R. M.; SILVA, S. R. F.; BANDEIRA, F. Glycemic index of tropical fruits in normal individuals, patients with type 2 diabetes and patients with impaired glucose tolerance. **Anais Faculdade Médica UFPE**, v.74, n.1, p.50-53, 2002.

LERER-METZGER, M.; RIZKALLA, S. W.; LUO, J.; CHAMP, M.; KABIR M.; BRUZZO, F.; BORNET, F.; SLAMA, G. Effects of long-term low-glycaemic index starchy food on plasma glucose and lipid concentrations and adipose tissue cellularity in normal and diabetic rats. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, n.75, p.723-732, 1996.

LIMA, L. R. P.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; Efeitos do flavonóide quercetina e dos corantes bixina e norbixina sobre parâmetros sanguíneos de coelhos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.16, n.3, p.305-314, jul./set., 2003.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, n.16, v.2, p.219-226, 2003.

MADAR, Z. New source of dietary fibre. **International Journal of Obesity**, London, v.11, p.57-65, 1987. Suplemento.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11.ed. São Paulo: Roca, 2005. 1242 p.

MANGALA, S. L.; UDAYASANKAR, K.; THARANATHAN, R. N. Resistant starch from processed cereals: the influence of amylopectin and non-carbohydrate constituents in its formation. **Food Chemistry**, Barking, v.64, p.391-396, 1999.

MÁRQUEZ, L. R. **A fibra terapêutica**. São Paulo: Americana de Publicações, 1999. 132p.

MARTINEZ, C.Y.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. Guia del estudio**. Cali: CIAT. 1989. 75p.

MENEZES, E. W.; LAJOLO, F. M. Aproveitamento do amido do feijão-comum em ensaios de média duração com animais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.1, p.2-6, jan.-abr. 1997.

MIKKELSEN, O.; MAKDANI, D. D.; COTTON, R. H.; TITCOMB, S. T.; COLMEY, J. C.; GATTY, R. Effects of a high fiber bread diet on weight loss in college-age males. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.32, p.1703-1709, 1979.

MILLER, J. B.; PANG, E.; BRAMALL, L. Rice: a high or low glycemic index food? **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.34, p.1034-1036, 1992.

MONICI, K. S. Q. **Efeito bifidogênico de dietas com ervilha (*Pisum sativum*, L.), feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.), grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L.) e lentilha (*Lens culinaris*, Méd.) sobre o perfil lipídico e sobre a microbiota intestinal de ratos machos Wistar/Uni**. 2004. 143f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MONKS, J. L. F. **Influência das propriedades funcionais reológicas no desempenho industrial e nas características de consumo em grãos de arroz irrigado**, 2001. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MUIR, J. G.; YEOW, E. G. W.; KEOGH, J.; PIZZEY, C.; BIRD, A. R.; SHARPE, K.; O'DEA, K.; MACRAE, F. A. Combining wheat bran with resistant starch has more beneficial effects on fecal indexes than does wheat bran alone. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v.79, n.6, p.1020-1028, 2004.

NAMRATHA, J.; ASNA, U.; PRASAD, N. N. Effect of storage on resistant starch content of processed ready-to-eat foods. **Food Chemistry**, Barking, v.79, p.395-400, 2002.

NOAKES, M.; CLIFTON, P. M.; NESTEL, P. J.; LELEU, R.; McLINTOSH, G. Effect of high-amylose starch and oat bran on metabolic variable and bowel function in subjects with hypertriglyceridemia. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, n.64, p.944-951, 1996.

OGUIDO, A. K; TAKAMATSU, E. E; KIKUCHI, F. Metabolic balance of fibers from cereal bran in the diabetic rats. In: SIMPÓSIO NIPO-BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA BIOTECNOLOGIA E PROBLEMAS AMBIENTAIS, 1995, São Paulo. **Anais do...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo e Sociedade Brasileira de Pesquisadores Nikkeis, 1995. p.151-5.

OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZ, L. A.; AGAMA-ACEVEDO, E.; VARGAS-TORRES, A.; TOVAR, J.; LÓPEZ, P. O. In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Food Chemistry**, Barking, v.78, p.333-337, 2002.

PARKS, E. J. Dietary carbohydrates effects on lipogenesis and the relationship of lipogenesis to blood insulin and glucose concentrations. **British Journal of Nutrition**, Bethesda, v.87, n.2, p.247-253, July 2002.

PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos**. Zaragoza: Acribia. 1976. p.62-68.

PEDROSO, B. A. O arroz e sua importância na alimentação humana. **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, IRGA, v.35, n.338, p.4-5. 1982.

PELLET, P. L.; YOUNG, V. R. **Nutritional evaluation of protein foods**. Tokyo, The United Nations University, 1980. 154p.

PEREIRA, F. M. **Características tecnológicas, físicas e de consumo de arroz parboilizado em diferentes graus de gelatinização**, 2006. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

PHILLIPS, J.; MUIR, J. G.; BIRKETT, A.; LU, Z. X.; JONES, G. P.; O’DEA, K. YOUNG, G. P. Effect of resistant starch on fecal bulk and fermentation-dependent events in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, n.62, p.122-130, 1995.

PIEIDADE, J.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Comparação entre o efeito do resíduo do abacaxizeiro (caules e folhas) e da pectina cítrica de alta metoxilação no nível de colesterol sangüíneo em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.149-156, maio-ago. 2003

POMERANZ, Y. Research and development regarding enzyme resistant starch (RS) in the USA: a review. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.46 (Suppl. 2), p.63S-68S, 1992.

QURESHI, A. A.; SAMI, S. A.; KHAN, F. A. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus Types I and II. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, p.175–187, 2002.

RABEN, A. Resistant starch the effect on postprandial glycemia, hormonal response, and satiety. **European Journal of clinical Nutrition**, v.48, p.151-163, 1994.

RAUPP, D. S.; SGARBIERI, V. C. Efeito da fibra solúvel de alta viscosidade na ingestão de alimentos, na excreção fecal e no peso corpóreo, em ratos. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.40, p.863-874, 1997.

READ, N. W. & ESTWOOD, M. A. Gastro-intestinal physiology and function. In: Dietary fibre - a component of food. Springer-Verlag, **International Life Sciences**, London, p.103-117, 1992.

REEVES, P.G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY JR., G. C. 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. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.123, n.11, p.1939-1951, 1993.

ROBERFROID, M. B. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Critical Reviews in Food and Science and Nutrition**, Boca Raton, v.33, n.2, p.103-148, May 1993.

ROEDIGER, W. E. W. Role of anaerobic bacteria in the metabolic welfare of the colonic mucosa. **Gut**, v.21, p.793-798, 1980.

ROEDIGER, W. E. W. Utilization of nutrients by isolated epithelial cells of rat colon. **Gastroenterology**, v.83, p.424-429, 1982.

ROEHRIG, K. The physiological effects of dietary fiber. **Food Hydrocolloids**, v.2, p.1-18, 1988.

ROVARIS, M.L.; DUTRA, R.L.; SCUSSEL, V.M. Fungos e micotoxinas em arroz: In: I SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ARROZ, 2003, Pelotas. **Anais do...** Pelotas: ABRAPÓS, 2003. p.109-123.

RUKMINI C., RAGHURAM T. C. Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v.10, n.6, p.593-601, 1991.

SAGUM, R.; ARCOT, J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and in vitro starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. **Food Chemistry**, Barking, v.70, p.107-111, 2000.

SALGADO, S. M.; FARO, Z. P.; GUERRA, N. B.; LIVERA, A. V. S. Aspectos físico-químicos e fisiológicos do amido resistente. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.23, n.1, p.109-122, jan./jun. 2005b.

SALGADO, S. M.; MELO F^o, A. B.; ANDRADE, S. M. C.; MACIEL, G. R.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B. Modificação da concentração de amido resistente em feijão macassar (*Vigna unguiculata*, L. Walp) por tratamento hidrotérmico e congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. V.25, n.2, p.259-264, 2005a.

SÁYAGO-AYERDI, S. G.; TOVAR, J.; OSORIO-DÍAZ, P.; PAREDES-LÓPEZ, O.; BELLO-PÉREZ, L. A. In vitro starch digestibility and predicted glucemic index of corn tortilla, black beans, and tortilla-bean mixture: effect of cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.1281-1285, 2005.

SCAVARIELLO E. M., ARELLANO D. B. Gamma-oryzanol: an important component in rice brain oil. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.48, n.1, p.7-12, 1998.

SCHNEEMAN, B. O. Soluble vs insoluble fiber: different physiological responses. **Food Technology**, v.2, p.81-82, 1987.

SCHNEEMAN, B. O.; GALLAHER, D. D. Fibras de la dieta. In: **Conocimientos actuales sobre nutrición**, 6.ed., Publicación Científica, OPS-ILSI, Washington, n.532, 1991. p.94-123.

SCHWEIZER, T.F.; EDWARDS, C.A. **Dietary fibre: a component of food; nutritional function in health and disease**. London: Springer-Verlag, 1992. p.3-20;103-136;249-332.

SEVA-PEREIRA, A.; MORAES, G. R.; OLIVEIRA, S. P.; REYES, F.G.R. Uso de biscoito rico em fibras no tratamento da constipação intestinal crônica. **Revista Paulista de Medicina**, v.109, p.265-268, 1991.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades-degradações-modificações**. São Paulo: Varela. 1996. 517 p.

SHAMAI, K.; BIANCO-PELED, H.; SHIMONI, E. Polymorphism of resistant starch type III. **Carbohydrate Polymers**, v.54, p.363-369, 2003.

SIEVERT, D.; POMERANZ, Y. Enzyme-resistant starch I. Characterisation and evaluation of enzymatic, thermoanalytical and microscopic methods. **Cereal Chemistry**, Minnesota, n.66, p.342-347, 1989.

SILJESTRÖM, M.; BJÖRCK, I.; ELIASSON, A. C.; LÖNNER, C.; NYMAN, M.; ASP, N. G. Effects on polysaccharides during baking and storage of bread – in vitro and in vivo studies. **Cereal Chemistry**, Minnesota, v.65, n.1, 1988.

SILVA, C. R. **Efeito de dieta rica em fibra alimentar, pela adição de farelo de arroz, na glicemia de pacientes diabéticos**. 1996. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

SILVA, L. H. **Umidade inicial dos grãos e parâmetros hidrotérmicos sobre a água de encharcamento e o desempenho industrial do arroz na parboilização**. 2003. 155f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SIMPSON, R. W., MANN, J. I., MOORE, R. A., CARTER, R. e HOCKADAY, T. D. R. Improve glucose control in maturity-onset diabetes treated with high-carbohydrate modified diet. **Brazilian Medical Journal**, London, v.1, p.1753-1756, 1979.

SKRABANJA, V.; KREFT, I. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats an in vitro study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n.46, p.2020-2023, 1998.

SLAVIN, J.; JACOBS, D.; MARQUART, L. Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanisms. **Nutrition and Cancer**, v.27, p.14–21, 1997.

SMITH, A. N.; DRUMMOND, E.; EASTWOOD, M. A. The effects of coarse and fine Canadian Red Spring Wheat and French Soft Wheat bran on colonic motility in patients with diverticular disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.34, p.2460-2463, 1981.

STEPHEN, A. A.; SIEBER, G. M.; GERSTER, Y. A.; MORGAN, D. R. Intake of carbohydrate and its components – international comparisons, trends over time and effects of changing to low-fat diets. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda n.62, p.851S-867S, 1995.

ST-ONGE, M. P.; FARNWORTH, E. R.; JONES, P. J. H. Consumption of fermented and nonfermented dairy products: effects on cholesterol concentrations and metabolism. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.71, n.6, p.674-681, Aug. 2000.

SUGANO M., Koba K., TSUJI E. Health benefits of rice bran oil. **Anticancer Research**, v.19, n.5, p.3651-7, 1999.

SUNITHA, T.; MANORAMA, R.; RUKMINI, C. Lipid profile of rats fed blends of rice bran oil in combination with sunflower and safflower oil. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.51, p.219–230, 1997.

THEMEIER, H.; HOLLMANN, J.; NEESE, U.; LINDHAUER, M. G. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. **Carbohydrate Polymers**, v.61, p.72-79, 2005.

TOMASIK, P. J.; TOMASIK, P. Probiotics and prebiotics. **Cereal Chemistry**, New York, v.80, n.2, p.113-117, Nov. 2003.

TOMLIN, J.; READ, N.W. The effect on resistant starch on colon function in humans. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v.64, n.3, p.589-595, May 1990.

TOPPING, D. L.; CLIFTON, P. M. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. **Physiological Reviews**, New York, v.81, n.3, p.1031-1064, Mar. 2001.

VALASCO, Z. I.; RASCÓN, A.; TOVAR, J. Enzymic availability of starch in cooked black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) and cowpeas (*Vigna* sp.). **Journal Agricultural Chemistry**, v.43, p.1548-1551, 1997.

VAN SOEST, J. J. G.; WIT, D.; TOURNOIS WAGENINGEN, H.; VLIEGENTHART, J. F. G. Retrogradation of potato starch as studied by fourier transform infrared spectroscopy. **Starch/Stärke**, Weinheim. v.46, n.12, p.453-457, 1994.

VANHOOF, K.; DE SCHRIJVER, R. Consumption of enzyme-resistant starch and cholesterol metabolism in normo and hipercholesterolemic rats. **Nutrition Research**, v.17, p. 1331-1340, 1997.

VONK, R. J.; HAGEDOORN, R. E.; GRAAFF, R.; ELZINGA, H.; TABAK, S.; YANG, YUE-XIN.; STELLAARD, F. Digestion of so-called resistant starch sources in the human small intestine. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.72, p.432-438, 2000.

WALTER, M. SILVA, L. P.; PERDOMO, D. M. X. Resposta biológica de ratos ao amido resistente. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.64, n.2, p.252-257, 2005.

WANG, S. H.; MAIA L. H.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. C. Estudo das propriedades reológicas e sensoriais após reconstituição dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v.20, n.1, 2000.

WANG, X.; BROWN, I. L.; EVANS, A. J.; CONWAY, P. L. The protective effects of high amylose maize (amylomaize) starch granules on the survival of *Bifidobacterium* spp. in the mouse intestinal tract. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, n.87, p.631-639, 1999.

WILSON, T. A.; AUSMAN, L. M.; LAWTON, C. W.; HEGSTED, D. M.; NICOLOSI, R. J. Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: Beyond fatty acids. **Journal of the American College of Nutrition**. n.19, p.601-607, 2000.

WOLEVER, T. M. S.; MCHLING, C. High-carbohydrate-low-glycemic-index dietary advice improves glucose disposition index in subjects with impaired glucose tolerance. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, n.87, p.477-487, 2002.

YAMAMOTO, Y.; TAKAHASHI, Y.; KAWANO, M.; HZUKA, M.; MATSUMOTO, T.; SAEKI, S.; YAMAGUCHI, H. In vitro digestibility and fermentability of levan and its hypocholesterolemic effects in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, New York, v.10, n.2, p.13-18, Jan. 1999.

9 ANEXOS

Pelotas, 12 de julho de 2005.

DO: Prof. Wladimir Padilha da Silva
Presidente da Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEA) da
UFPeI

ÁO: Prof. Moacir Cardoso Elias

Senhor Professor:

Informamos que após submissão ao consultor *Ad Hoc*, o projeto intitulado "**Amido resistente em arroz parboilizado: interferência nos níveis glicêmicos de ratos**", foi aprovado pela CEEA da UFPeI em reunião realizada no dia 08/07/05 (Ata 03/2005). Outrossim, salientamos que possíveis alterações no projeto original sejam submetidas a análises por essa comissão. Solicitamos que o referido projeto seja encaminhado em versão eletrônica para o e-mail silvawp@ufpel.tche.br, para que possa ser armazenado no banco de dados da CEEA.

Em anexo, encaminhamos o parecer com as sugestões do consultor e documento sobre os princípios éticos na experimentação animal.

Sendo o que tínhamos para o momento, subscrevemo-nos.

Atenciosamente.


Prof. Wladimir Padilha da Silva
DIRETOR DO DEPTO. DE PESQUISA
PRPPG/UFPeI