

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial



Tese

EFEITOS DA INTENSIDADE DO POLIMENTO SOBRE
PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E
BIOQUÍMICA, PERFIL LIPÍDICO E CONTEÚDO DE ÁCIDO
FÓLICO EM GRÃOS DE ARROZ

Jander Luis Fernandes Monks
Engenheiro Químico, M. Sc.

Pelotas, 2010

Jander Luis Fernandes Monks
Engenheiro Químico, M. Sc.

Efeitos da Intensidade do Polimento sobre Parâmetros de
Avaliação Tecnológica e Bioquímica, Perfil Lipídico e Conteúdo
de Ácido Fólico em Grãos de Arroz

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, sob orientação dos professores Dr. Moacir Cardoso Elias, Dra. Maria Regina Alves Rodrigues e Dr. Alvaro Renato Guerra Dias.

Pelotas, 2010

Dados de catalogação na fonte

(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

M423e Monks, Jander Luis Fernandes

Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e bioquímica, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz / Jander Luis Fernandes Monks; orientadores Moacir Cardoso Elias; Maria Regina Alves Rodrigues e Alvaro Renato Guerra Dias - Pelotas, 2010.-115f. ; il.- Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2010.

1.Arroz 2.Beneficiamento 3.Ratos Wistar 4.Folato
5.Ácido graxo I.Elias, Moacir Cardoso (orientador)
II.Rodrigues, Maria Regina Alves III.Dias, Alvaro
Renato Guerra IV.Título.

CDD 664.762

Comitê de Orientação: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias
Profa. Dra. Maria Regina Alves Rodrigues
Prof. Dr. Alvaro Renato Guerra Dias

Banca examinadora: Prof. Dr. Moacir Cardoso Elias – UFPEL - FAEM
Profa. Dra. Elizabete Helbig – UFPEL - FN
Prof. Dra. Leonor Almeida de Souza Soares – FURG
Prof. Dr. Paulo Romeu Gonçalves – UFPEL - IQG
Prof. Dr. William Peres – UCPEL - CCVS

DEDICO

A ti meu Deus amado, Senhor da minha vida ... minha oração é que esta conquista abençoe muitas pessoas e que cada uma delas possa conhecer-Te como eu tenho aprendido a Te conhecer.

A minha amada e querida **esposa Sandra**, por ser uma pessoa muito especial, com quem sempre busquei apoio nos momentos mais difíceis.

Aos meus amados e lindos filhos, **Nícolas e Eduarda**, que se privaram de alguns finais de semana e feriados para que o papai pudesse concluir esta etapa tão importante para nossa família.

Aos meus amados **pais, Erci e Eloir**, a quem devo tudo o que sou e que hoje continuam sendo referência para o meu crescimento e amadurecimento.

Aos meus amados **irmãos Leandro, Jociane e Juliane**, meus incentivadores e companheiros inseparáveis.

Meu Deus, minha família ... os maiores e mais valorosos bens que tenho nesta vida!

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador prof. Dr. Moacir Cardoso Elias, por acreditar que eu poderia realizar este sonho. Muito Obrigado! Sua postura como educador e como pessoa trouxe muito amadurecimento a minha vida.

Ao saudoso prof. Dr. Pedro Luiz Antunes, pela sua postura ética, crítica e investigatória na área da ciência, esclarecendo-me e orientando-me muitas vezes nas etapas iniciais de desenvolvimento desta tese.

Ao prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias por sua orientação e apoio constante.

À profa. Dra. Maria Regina Alves Rodrigues pela sua orientação e dedicação nas técnicas cromatográficas, proporcionando-me momentos de muita aprendizagem.

Aos profs. Dr. Rui Zambiasi e Dra. Elizabete Helbig, pelos valorosos e qualificados ensinamentos.

Ao Eng^o. M. Sc. Leandro Fernandes Monks, por seu companheirismo e apoio em todas as etapas que passei neste projeto. Sua ajuda, meu irmão, foi imprescindível para a realização deste trabalho.

Ao estimado amigo e colega prof. Dr. William Peres pelo constante incentivo, amizade e companheirismo.

À Universidade Federal de Pelotas pela realização do Curso, em especial, aos funcionários e professores do DCTA, pela convivência agradável e amizade.

Aos departamentos de Nutrição, Química de Alimentos e Ciência e Tecnologia Agroindustrial da UFPel, por permitirem a realização dos experimentos físico-químicos e biológicos.

A CAPES, CNPq e SCT-RS pelo financiamento parcial da pesquisa.

Ao laboratório de Análises Clínicas do Hospital Universitário da UCPel, pela realização dos ensaios bioquímicos.

Aos professores, acadêmicos de graduação, bolsistas e estagiários do LABGRÃOS, da FAEM, da Faculdade de Nutrição e dos cursos de Farmácia, Bacharelado em Química Ambiental e Biologia da UCPel, que participaram dos ensaios químicos e biológicos; meu sinceros agradecimentos.

À Química Ambiental Carolina Gomes que esteve junto comigo em praticamente todas as etapas deste doutorado, dedicando-se intensamente para que este trabalho fosse terminado. Muito Obrigado Carol.

À Universidade Católica de Pelotas, ao Curso Veiga e ao Colégio São José por permitirem me ausentar por alguns momentos para realizar atividades relacionadas à execução deste projeto.

Ao departamento de Química Orgânica da UFPel pela realização dos ensaios em cromatografia gasosa e ao Instituto de Química Analítica da UFRGS, pela realização das técnicas relacionadas à espectrometria de massas .

A todos que de uma forma ou de outra estiveram comigo em todo este tempo, acreditando que este sonho, um dia, se tornaria realidade.

Muito Obrigado!

Resumo

MONKS, Jander Luis Fernandes. **Efeitos da Intensidade do Polimento Sobre Parâmetros de Avaliação Tecnológica e Bioquímica, Perfil Lipídico e Conteúdo de Ácido Fólico em Grãos de Arroz**. 2010. 115f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O arroz é o cereal que está presente na dieta alimentar de mais da metade da população mundial. As agroindústrias intensificam as operações de polimento para obter grãos mais brancos. Essa operação melhora a cor em relação à preferência do consumidor, porém reduz conteúdos de nutrientes importantes para a alimentação. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e bioquímica, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz, com o intuito de fornecer subsídios para ampliar o uso de tecnologias de industrialização, estimulando o aumento do consumo do arroz e seus derivados, com valorização de sua qualidade nutricional. O trabalho foi estruturado em dois estudos, que englobaram três experimentos. No Experimento I foram comparados parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz de dois subgrupos, integral e branco, obtidos por duas formas de beneficiamento convencional na produção industrial. No Experimento II foram determinados efeitos da intensidade de polimento na produção industrial de arroz branco sobre os mesmos parâmetros do Experimento I. No Experimento III foram avaliadas as respostas biológicas de ratos machos adultos Wistar, cepa UFPEL, alimentados com dietas contendo arroz integral e branco polido em quatro intensidades no processo industrial. Os resultados permitem concluir que grãos beneficiados pelo processo convencional, nas formas integral e polido, diferem significativamente quanto aos parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, teor de ácido fólico e a resposta biológica de ratos machos *Wistar*. A intensificação do polimento na remoção de farelo modifica significativamente parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo na cocção, bem como o conteúdo de ácido fólico, sem alterar os atributos sensoriais, o perfil lipídico e a resposta biológica de ratos machos Wistar.

Palavras-chave: Arroz. Beneficiamento. Ratos *Wistar*. Folato. Ácido Graxo

Abstract

MONKS, Jander Luis Fernandes. Effects of milling ratio on technology evaluation and biochemical parameters, lipid profile and folic acid content in rice grains. 2010. 115f. Trabalho de Qualificação (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Rice is the cereal present in the alimentary diet of more of the half of the world population. The agribusinesses intensify the milling operations to obtain larger whiteness of the grains by removing the most outlying layers of the grains. This process improves the color in relation to the consumer's preference; however, it reduces important nutrients for the human feeding. The objective of this research was to evaluate the effects of milling ratio on technology evaluation and biochemical parameters, lipid profile and folic acid content in rice grains, long-thin class, from irrigated cultivation of the South of Brazil. The work was structured in two studies, which encompasses three experiments. In Experiment I were compared evaluation parameters chemistry, technology and quality of consumption, lipid profile and folic acid content in rice grains of two subgroups, brown and white, obtained by two conventional forms of processing in industrial production. In Experiment II were certain effects of intensity in industrial production of polished white rice on the same parameters as in Experiment I. In Experiment III were evaluated the biological responses of adult male Wistar rats, strain UFPEL fed diets containing white rice and polished in four different intensities in the industrial process. The results suggest that grains by conventional, brown and polished in the ways, differ significantly to the chemical evaluation, technology and quality of consumption parameters, folic acid content and biological response of male Wistar rats. The intensification of the polishing removal of bran significantly modifies chemical evaluation, folic acid content, technology and quality parameters for human consumption in cooking, without altering the sensory attributes, lipid profile and biological response of male Wistar rats.

Keywords: Rice. Processing. *Wistar*. Folate. Fatty acid

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estrutura anatômica do grão de arroz.....	23
Figura 2	Estrutura química do ácido fólico e dos grupos substituintes dos principais folatos.....	29
Figura 3	Esquema do sistema de espectrometria de massas triploquadrupolo API 4000 TM equipado com fonte de eletronebulização (EN/EM/EM).....	32
Figura 4	Doença do tubo neural (espinha bífida) causada pela deficiência de ácido fólico.....	32
Figura 5	Cromatograma CG/FID da mistura de padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos caprílico (1), cáprico (2), láurico (3), mirístico (4), palmitoléico (5), palmítico (6), linoléico (7), oléico (8), esteárico (9), araquídico (10), beênico (11), erúico (12) e lignocérico (13).....	71
Figura 6	Cromatograma (GC/FID) dos ésteres metílicos provenientes da derivatização do óleo da farinha de grãos de arroz submetidos a uma intensidade de polimento entre 7 a 9%.....	72
Figura 7	Espectro de massas (MS ₃) da solução padrão de ácido fólico (50ng mL ⁻¹), destacando o íon precursor [M + H] ⁺ e seus fragmentos.....	76
Figura 8 A	Cromatogramas (“total ion chromatogram”-TIC) da solução padrão de AF (50ng mL ⁻¹) e seu respectivo espectro MS ₃	77
Figura 8 B	Cromatograma (“total ion chromatogram”-TIC) do extrato obtido da amostra de arroz branco polido na faixa de 13% a 15% e seu respectivo espectro MS ₃ (espectros ESI-MS, modo positivo).....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação de arroz integral e branco quanto a parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico.....	36
Tabela 2	Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz branco.....	37
Tabela 3	Ensaio biológico para avaliar os efeitos do polimento do arroz sobre a resposta biológica de ratos machos <i>Wistar</i> -UFPel.....	38
Tabela 4	Ensaio biológico para avaliar os efeitos da intensidade do polimento do arroz sobre a resposta biológica de ratos machos <i>Wistar</i> -UFPel.....	38
Tabela 5	Escala para avaliação sensorial dos grãos de arroz integral cru	43
Tabela 6	Escala para avaliação sensorial dos grãos de arroz polido cru	43
Tabela 7	Escala para avaliação sensorial dos grãos de arroz integral cozido	44
Tabela 8	Escala para avaliação sensorial dos grãos de arroz polido cozido.....	44
Tabela 9	Dietas experimentais para avaliar o efeito do polimento do arroz no ensaio biológico com ratos adultos machos <i>Wistar</i> /UFPel	50
Tabela 10	Dietas experimentais para avaliar o efeito da intensidade do polimento no ensaio biológico com ratos adultos machos <i>Wistar</i> /UFPel	51
Tabela 11	Efeito do processo de beneficiamento industrial sobre parâmetros químicos de avaliação nutricional em grãos de arroz.....	55
Tabela 12	Efeitos do processo de beneficiamento industrial sobre o teor de amilose em grãos de arroz.....	56
Tabela 13	Efeitos da intensidade de polimento sobre parâmetros químicos de avaliação nutricional em grãos de arroz branco.....	56

Tabela 14	Efeitos da intensidade de polimento sobre o teor de amilose em grãos de arroz branco.....	56
Tabela 15	Efeitos do método de beneficiamento industrial sobre as dimensões e o peso de mil grãos de arroz.....	59
Tabela 16	Efeitos da intensidade de polimento sobre as dimensões e o peso de mil grãos de arroz branco.....	60
Tabela 17	Efeitos do processo de beneficiamento sobre o perfil branquimétrico de grãos de arroz.....	61
Tabela 18	Efeitos da intensidade de polimento nos parâmetros do perfil branquimétrico em grãos de arroz branco.....	61
Tabela 19	Efeitos do processo de beneficiamento sobre o desempenho industrial em grãos de arroz.....	62
Tabela 20	Efeitos da intensidade de polimento sobre parâmetros de desempenho industrial em grãos de arroz.....	63
Tabela 21	Efeitos do processo de beneficiamento sobre o perfil textuométrico em grãos de arroz cozidos.....	64
Tabela 22	Efeito da intensidade de polimento nos parâmetros do perfil textuométrico de grãos de arroz cozidos.....	65
Tabela 23	Efeitos do processo de beneficiamento nos atributos sensoriais dos grãos integral e branco crus.....	66
Tabela 24	Efeitos do processo de beneficiamento nos atributos sensoriais de grãos de arroz cozidos.....	67
Tabela 25	Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros sensoriais em grãos de arroz branco crus.....	67
Tabela 26	Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros sensoriais em grãos de arroz branco cozidos.....	67
Tabela 27	Efeito do processo de beneficiamento sobre os parâmetros de cocção dos grãos de arroz.....	
Tabela 28	Efeito da intensidade de polimento nos parâmetros de cocção de grãos de arroz.....	70

Tabela 29	Efeito do processo de beneficiamento sobre a concentração dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, obtidos por derivatização do óleo de grãos de arroz.....	73
Tabela 30	Efeito da intensidade de polimento na concentração (%) dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, obtidos por derivatização do óleo de grãos de arroz branco.....	74
Tabela 31	Efeitos do processo de beneficiamento sobre o teor de ácido fólico em grãos de arroz.....	78
Tabela 32	Efeitos da intensidade de polimento no teor de ácido fólico em grãos de arroz branco.....	78
Tabela 33	Efeitos do processo de beneficiamento sobre o ganho de peso, consumo de dieta e quociente de eficiência alimentar dos ratos alimentados durante 30 dias com dietas experimentais à base de arroz.....	80
Tabela 34	Efeitos da intensidade de polimento sobre o ganho de peso, consumo de dieta e quociente de eficiência alimentar dos ratos alimentados durante 30 dias com dietas experimentais à base de arroz branco.....	81
Tabela 35	Efeitos do processo de beneficiamento sobre a massa hepática e o percentual de massa hepática dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz.....	82
Tabela 36	Efeitos da intensidade de polimento sobre a massa hepática e o percentual de massa hepática dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz branco.....	82
Tabela 37	Efeitos do processo de beneficiamento sobre os níveis plasmáticos das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (ALP) e alanina aminotransferase (ALT) dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz.....	83
Tabela 38	Efeitos da intensidade de polimento sobre os níveis plasmáticos das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (ALP) e alanina aminotransferase (ALT) dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz branco.....	84
Tabela 39	Efeitos do processo de beneficiamento sobre a massa, volume, lipídeos e o nitrogênio fecais excretados pelos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz cozido.....	85

Tabela 40	Efeitos da intensidade de polimento sobre a massa, o volume, os lipídeos e o nitrogênio fecais excretados pelos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz cozido.....	85
Tabela 41	Efeitos do processo de beneficiamento sobre os níveis plasmáticos de glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis de ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz cozido.....	88
Tabela 42	Efeitos da intensidade de polimento sobre os níveis plasmáticos de glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Material.....	35
3.1.1 Matéria-prima.....	35
3.1.2 Animais para Experimentação.....	35
3.2 Métodos.....	35
3.2.1 Delineamentos Experimentais.....	35
3.2.1.1 Experimento I – Comparativos entre arroz integral e branco, obtidos por processo de beneficiamento convencional, quanto a parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico.....	36
3.2.1.2 Experimento II - Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz branco.....	37
3.2.1.3 Experimento III - Ensaio biológico: efeitos da operação de polimento e de sua intensidade, sobre a resposta biológica de ratos machos <i>Wistar</i> -UFPe alimentados com rações elaboradas com grãos de arroz.....	38
3.2.2 Procedimentos e Avaliações.....	39
3.2.2.1 Preparo das amostras.....	39
3.2.2.2 Composição centesimal.....	41

3.2.2.3 Amilose.....	41
3.2.2.4 Dimensões, índices do perfil branquimétrico e peso de mil grãos.....	42
3.2.2.5 Desempenho industrial.....	42
3.2.2.6 Parâmetros do perfil texturométrico.....	42
3.2.2.7 Características de consumo.....	43
3.2.2.8 Perfil lipídico via cromatografia gasosa (CG).....	45
3.2.2.9 Ácido Fólico.....	46
3.2.2.10 Dietas experimentais para ensaio biológico.....	49
3.2.2.11 Protocolo para a condução do ensaio biológico.....	51
3.2.2.12 Ganho de peso	52
3.2.2.13 Consumo da dieta.....	52
3.2.2.14 Coeficiente de eficiência alimentar.....	52
3.2.2.15 Peso e percentual de massa hepática.....	53
3.2.2.16 Massa e volume fecais.....	53
3.2.2.17 Lipídeos e nitrogênios fecais.....	53
3.2.2.18 Avaliações plasmáticas.....	53
3.2.3 Avaliação estatística.....	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.1 Estudo 1 - Efeitos da operação de polimento e de sua intensidade sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos arroz.....	55

4.1.1 Parâmetros químicos e tecnológicos.....	55
4.1.1.1 Composição centesimal e amilose.....	55
4.1.1.2 Peso de mil grãos e dimensões.....	59
4.1.1.3 Perfil branquimétrico.....	61
4.1.1.4 Desempenho industrial.....	62
4.1.1.5 Perfil texturométrico.....	64
4.1.2 Qualidade de consumo.....	66
4.1.2.1 Atributos sensoriais.....	66
4.1.2.2 Parâmetros de cocção.....	69
4.1.3 Perfil lipídico.....	71
4.1.4 Ácido Fólico.....	75
4.1.4.1 Identificação via cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas.....	75
4.1.4.2 Quantificação via cromatografia líquida de alta eficiência.....	77
4.2. Estudo 2 - Efeito do polimento e de sua intensificação sobre a resposta biológica de ratos <i>Wistar</i>	80
4.2.1 Ensaio biológico.....	80
4.2.1.1 Ganho de peso, consumo de dieta e quociente de eficiência alimentar.....	80
4.2.1.2 Massa e enzimas hepáticas.....	82
4.2.1.3 Massa, volume, lipídeos e nitrogênio fecais.....	84
4.2.1.4 Glicose, proteína, colesterol e triglicerídeos plasmáticos.....	88

5 CONCLUSÕES.....	92
6 REFERÊNCIAS.....	93
7 ANEXOS.....	113

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Aprovação do Ensaio Biológico pela Comissão de Ética na Experimentação Animal (CEEAA-UFPEL).....	114
Anexo 2. Curva de calibração para determinação de ácido fólico via HPLC.....	115

1 INTRODUÇÃO

Ultimamente a preocupação do consumidor em relação aos alimentos sofreu muitas alterações. Anteriormente, as pessoas comiam para sobreviver, e por desconhecimento não priorizavam a qualidade nutricional. No final de século XX, os alimentos passaram a ser vistos como fatores de bem-estar, redução de riscos de doenças, assim como veículos de uma melhor qualidade de vida.

O arroz, por muito tempo, foi considerado como o vilão das dietas, pois se acreditava que o grão possuía apenas carboidratos, sendo praticamente desprovido de outros nutrientes. Apesar de bastante difundida, essa idéia não condiz com a realidade. Considerado um alimento básico na dieta da população brasileira, o arroz está presente na mesa de dois terços da população mundial e fornece diversos benefícios à saúde, proporcionados pelo seu consumo em suas mais variadas formas de processamento.

Além de possuir a melhor fração protéica em qualidade entre os cereais de grande consumo, o arroz é o que gera menos resíduos nitrogenados nos catabólitos, favorecendo, com isso, a função renal. Em sua fração insaponificável do óleo é destacado, entre outras funções benéficas, o potencial anticancerígeno.

O arroz é um cereal rico em vitaminas, minerais, fibras e em compostos bioativos. São vários os fatores que interferem no valor nutritivo do arroz, principalmente a diferença entre genótipos, as condições ambientais, as práticas culturais utilizadas durante o cultivo, as operações de pós-colheita e os processos de beneficiamento, com destaque para a operação de polimento.

A operação de polimento tem por objetivos melhorar atributos como aparência e gosto, além de aumentar a conservabilidade do arroz, porém apresenta conseqüências negativas, em termos de características funcionais, já que parte importante de nutrientes para a alimentação humana é removida nessa etapa, podendo interferir no consumo do arroz cozido.

A constante mudança nos hábitos alimentares devida à diversificação da dieta alimentar através dos alimentos industrializados e os denominados rápidos (*fast food*) tem provocado quedas no consumo de arroz, principalmente em países tradicionalmente consumidores como China e Japão. Em contrapartida, o consumo

deste cereal vem aumentando em países como os Estados Unidos, que valorizam os benefícios funcionais e de saúde, bem como as novas aplicações do arroz como ingredientes de formulações alimentares.

Objetivou-se, com o trabalho, avaliar efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação tecnológica e bioquímica, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz, com o intuito de fornecer subsídios para ampliar o uso de tecnologias de industrialização, estimulando o aumento do consumo do arroz e seus derivados, com valorização de sua qualidade nutricional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O arroz é originário da Índia (PEREIRA, 2002) e no mundo existe mais de 240.000 cultivares registradas, adaptadas a condições de clima, características do solo e dos manejos tecnológicos da cultura. Desta variação surgem grãos com diversas características de temperatura de gelatinização, textura, estabilidade e viscosidade (BOBBIO; BOBBIO, 1992; HOSENEY, 1994; IRGA, 2009).

O Brasil foi o primeiro país a cultivar o cereal no continente americano. A prática da orizicultura, de forma organizada e racional, começou na metade do século XVIII e daquela época até a metade do século XIX o Brasil foi um grande exportador de arroz. Na produção mundial de arroz, o Brasil é o 9º produtor, sendo o principal entre os países ocidentais e o maior da América do Sul (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2009).

Cultivado há mais de um século no Rio Grande do Sul (RS), o arroz é um importante produto agrícola no estado, que responde por, aproximadamente, 63% da produção nacional do cereal (IRGA, 2009). O setor orizícola apresenta-se como um dos mais relevantes da economia gaúcha, sendo a segunda cultura agrícola em importância, ficando somente atrás da cultura da soja (SILVA, 2004; MOHAN et al., 2005; IRGA, 2009). No sul do Estado está a maior concentração das indústrias beneficiadoras de arroz, com destaque ao município de Pelotas, que possui mais de vinte unidades industriais (KAYSER et al., 2006), e somado ao município de Camaquã forma o eixo de maior concentração da industrialização de arroz parboilizado do Brasil (IRGA, 2009).

Os cereais contêm carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais, e constituem-se na principal fonte de nutrientes na dieta da população mundial. O arroz ganha destaque por estar presente na dieta básica de aproximadamente 50% desses consumidores. Somente nos países asiáticos, mais de dois bilhões de habitantes têm o arroz e seus derivados como fonte de 60 a 70% das calorias ingeridas diariamente. Segundo dados da Food and Agriculture Organization (FAO, 2009), o arroz é responsável por 20% da fonte energética alimentar da população mundial, enquanto o trigo fornece 19% e o milho 5% (SILVA, 2004; BARATA, 2005; MOHAN et al., 2005).

Estima-se que entre 70 e 80% do arroz consumido no Brasil seja branco polido e 20 a 25% seja parboilizado, enquanto as demais formas de arroz, incluindo o integral, não chegam juntas a 10% (ELIAS; FRANCO, 2006). A preferência do consumidor no Brasil é pelo grão longo e translúcido, “agulhinha”, da classe longo-fino, o que justifica as pesquisas estarem mais voltadas para variedades que produzem grãos enquadrados nessa classe (AMATO; ELIAS, 2005).

O desenvolvimento de produtos mais sofisticados usando o arroz como matéria-prima seria incompatível com o poder de compra da maioria da população mundial, tradicionalmente consumidora de arroz. Entretanto, é viável o aproveitamento de seus derivados, pois o beneficiamento do arroz resulta em aproximadamente 14% de grãos quebrados, com maior destaque ao processo convencional de industrialização de arroz branco polido. A quebra dos grãos ocorre, principalmente, durante as operações de secagem, de descascamento e de brunimento, e são dependentes, principalmente, da qualidade do cereal, das operações e dos equipamentos utilizados (CASTRO et al., 1999; SILVA et al., 2003; NABESHIMA; ATIA EL-DASH, 2005; ELIAS et al., 2008; ROSELL et al., 2007; MARCO et al., 2008).

A operação de polimento do grão integral ou esbramado, ocorrida após a operação de descascamento, promove abrasão em sua superfície, removendo o pericarpo, o tegumento, o aleurona, parte do endosperma amiláceo e o gérmen, composto pelo escutelo, epiblasto e plúmula (Figura 1). Esta operação melhora a aparência e o sabor do arroz, porém, promove perdas nutricionais e modificações nos atributos sensoriais, interferindo na qualidade de consumo do arroz, conforme relatos de Landers et al. (1991), Tajima et al. (1992); Lyon et al. (1999), Park et al. (2001), Tran et al. (2004), Amato e Elias (2005) e Lamberts et al. (2007).

Dentre as características de aparência, a cor branca e translúcida do grão de arroz é a que contribui para a maior aceitação do consumidor. A qualidade de cocção de uma variedade se destaca pelo comportamento sensorial do grão cozido, e os aspectos de sua integridade, brancura e brilho são atributos eleitos para a aceitação do consumidor (KAOZA-ARD; JULIANO, 1991; DENARDIN et al., 2005).

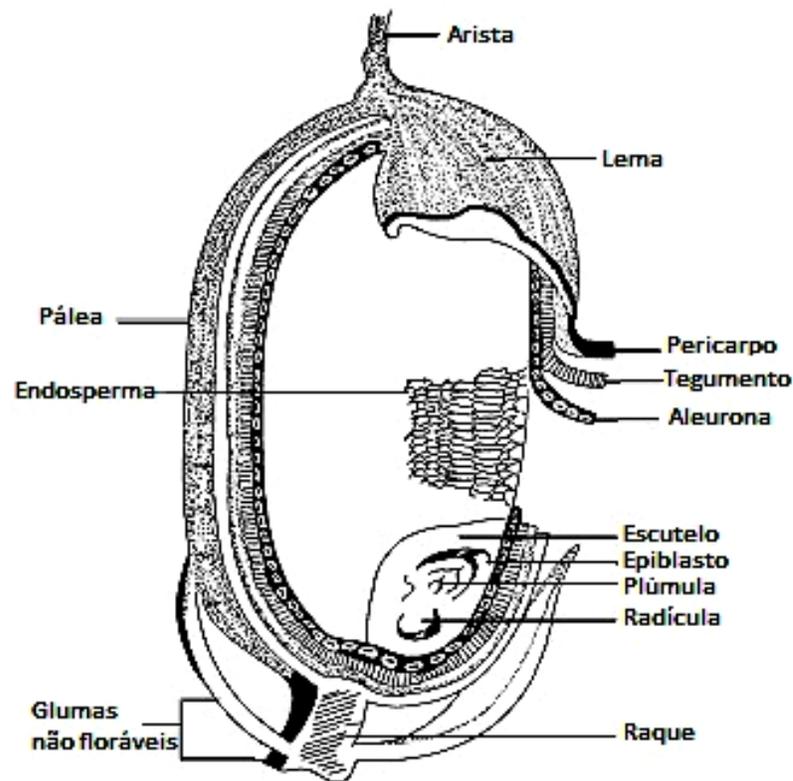


Figura 1. Estrutura anatômica do grão de arroz.

Fonte: HOSENEY, 1994.

Nos estudos realizados por Coffman e Juliano (1987) e por Denardin et al. (2004) foram observadas perdas de minerais durante o polimento do arroz, com decréscimos entre 53 e 75% de fósforo, 57% e 96% de cálcio e 62% e 98% de magnésio, com eliminação da metade do conteúdo de manganês e 60% do ferro presentes no grão integral.

Storck et al. (2005) salientam a importância de se avaliar o efeito do processamento, aliado ao fator genético, na composição nutricional do arroz, uma vez que essas informações servem como subsídios para escolha do grão que melhor preenche as necessidades dietéticas individuais.

Apesar de ser considerado um alimento importante na alimentação humana, o arroz ainda é pouco reconhecido pelas suas características funcionais e nutracêuticas. Rico em carboidratos, o arroz, na sua forma natural, é um alimento essencialmente

energético, mas é também uma importante fonte de proteínas, minerais (principalmente fósforo, ferro e cálcio) e vitaminas do complexo B (CASTRO et al., 1999).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, o arroz fornece 20% da energia e 15% das proteínas necessárias ao homem, destacando-se pela sua fácil digestão. A proteína do arroz é considerada de boa qualidade, pois contém os oito aminoácidos essenciais à alimentação humana, que associada ao feijão, possibilita uma mistura protéica valiosa. As frações de proteína presentes no arroz são albumina, globulina, prolamina e glutelina (COFFMAN; JULIANO, 1987; HOSENEY, 1994; ZHAI et al., 2001; ROSELL et al., 2007).

O amido, a mais importante substância de reserva nutricional das plantas superiores, é 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; BOBBIO, 1992).

Grãos não glutinosos, que constituem a maior parte do arroz consumido no mundo, possuem de 8 a 37% de amilose, porém a maioria contém entre 13 e 32%. Grãos de arroz com alto conteúdo de amilose ficam secos e soltos após cozidos, porém endurecem aos esfriarem (JENNINGS et al., 1981; GULARTE, 2002). O conteúdo de amilose do arroz é um dos fatores mais importante de qualidade e que mais influencia a preferência do consumidor. Está diretamente relacionado com o volume de expansão e absorção de água durante o cozimento, com a dureza e a brancura do arroz cozido (JULIANO, 2009).

As proteínas, as gorduras, as vitaminas e os minerais estão mais concentrados no gérmen e nas camadas periféricas do endosperma, e estes são removidos durante o polimento, reduzindo o valor nutritivo do arroz. O grão de arroz integral tem superfície ondulada, dificultando a remoção uniforme do farelo que, mesmo removido até um percentual de 75%, permanece com estrias de farelo. Para removê-las completamente, o arroz freqüentemente é polido em excesso (JULIANO, 1985; ITANI et al., 2002; MOHAPATRA; BAL, 2007).

Eggum et al. (1993) e Frei et al. (2003) mostraram que o consumo de cereais com alto teor de amilose tem maior capacidade de diminuir a resposta glicêmica e

retardar o esvaziamento gastrointestinal do que aqueles com baixo teor de amilose. Esta menor resposta glicêmica tem sido atribuída à formação de complexos entre amilose e lipídios durante o aquecimento, a qual diminui a susceptibilidade à ação das enzimas. Alimentos digeridos lentamente, ou que apresentam baixo índice glicêmico, têm sido associados com melhora no controle do diabetes e redução dos lipídios sanguíneos.

Estudos realizados por Denardin (2008), com ratos machos *Wistar*, alimentados com ração à base de arroz cozido, com diferentes teores de amilose, não apresentaram alterações nas fezes secas e úmidas, no HDL (lipoproteína de alta densidade) e peso da gordura epididimal. Porém, nas rações de alto conteúdo de amilose, foi constatado menor consumo da dieta, queda no ganho de peso e baixa digestibilidade aparente, com aumento na umidade das fezes, na excreção de nitrogênio e na concentração de glicose no jejum.

Dietas com baixa resposta glicêmica aplicadas a humanos e animais, reduzem a glicose pós-prandial, os níveis de colesterol e triacilgliceróis sanguíneos, justificados pela relação entre a digestibilidade das frações do amido e seu efeito no metabolismo da glicose no fígado (PAWLAK et al., 2001; JENKINS et al., 2002).

O peso do fígado de animais pode ser influenciado pelo consumo de dietas com diferentes digestibilidade, que são dependentes de fatores relacionados aos cultivares, como tipo de amilose, temperatura de gelatinização e processamento (ZHOU; KAPLAN, 1997; DENARDIN, 2008). Estudos relatam que variedades com maior teor de amilose, apresentam uma menor digestibilidade (FREI et al., 2003; HU et al., 2004).

Helbig et al. (2007) relata que os carboidratos complexos presentes no grão de arroz têm lenta absorção, sendo indicados como substitutos de açúcares e gorduras, visando diminuir os riscos de cardiopatias e diabetes. Por ser um produto de origem vegetal, o arroz é um alimento isento de colesterol, com baixo teor de gordura, caracterizando-se como um alimento que apresenta limitado conteúdo de fibra alimentar, principalmente na forma em que ele é mais consumido, o arroz branco polido.

Na fração lipídica do arroz destacam-se importantes antioxidantes, como o gama orizanol e os tocoferóis (HEINEMANN et al., 2006). O óleo 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 (LDL) e triacilgliceróis (TG), quando adicionado à dieta (WILSON et al., 2000; CICERO; GADDI, 2001; BERGER et al. 2005).

A maior parte dos lipídeos contidos no grão de arroz está localizada no gérmen, em teor variável de 15 a 22%, e nas camadas periféricas da cariopse de onde é extraído o farelo de arroz, através da operação industrial de polimento nos processos de beneficiamento convencional e por parboilização. Da massa total de farelo bruto pode-se extrair, aproximadamente, 25% de óleo contendo 68 a 71% de triacilgliceróis, 2 a 3% de diacilgliceróis, 5 a 6% de monoacilgliceróis, 2 a 3% de ácidos graxos livres (AGL), 2% a 3% de ceras, 5 a 7% de glicolipídios, 3 a 4% de fosfolipídios e até 5% de matéria insaponificável (CHOUDHURY; JULIANO, 1980; RUKMINI; RAGHURAM, 1991; BRASIL, 1999; MCCASKILL; ZHANG, 1999; GONÇALVES, 2007).

O teor de ácidos graxos livres no óleo de arroz pode chegar a até 70% em peso (GUPTA, 1989), podendo ocorrer um incremento diário de 4 a 5%, dependendo das condições de armazenagem, pela ação de enzimas hidrolíticas. Destacam-se nesta composição cerca de 80% de ácidos graxos insaturados oléico e linoléico (ω -6), 1 a 3% do ácido graxo α -linolênico (ω -3) e 20% de ácidos graxos saturados palmítico e esteárico (RUKMINI; RAGHURAM, 1991; WILLET, 1994; SUGANO; TSUJI, 1997; KIM et al., 1999; ADOM; LIU, 2002; MCCASKILL; ZHANG, 1999; PESTANA et al., 2008).

Os ácidos graxos essenciais ω -6 e ω -3 são considerados precursores dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa: ácido araquidônico (AA), ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA). O ácido araquidônico (série ω -6) tem grande importância nos primeiros meses de vida, sendo constituinte de estruturas celulares e precursores de mediadores inflamatórios. O DHA (série ω -3) é considerado o ácido graxo poliinsaturado de cadeia longa mais importante no desenvolvimento neonatal e juntamente com o ácido araquidônico são os principais componentes dos ácidos graxos cerebrais (SCHMEITS et al., 1999; CORRIA, 2001; HORNSTRA, 2002; VALENZUELA; NIETO, 2003).

Há um consenso entre a comunidade científica de que um balanço entre a quantidade de ácidos graxos (saturados, monoinsaturados e ácidos graxos

poliinsaturados ω -3 e ω -6) ingeridos na dieta diária é importante para proteger o organismo humano contra doenças crônicas, como as cardiovasculares (DECKERE; KORVER, 1996; SIMOPOULOS et al., 1999). Embora a razão entre ômega-6 e ômega-3 ainda não esteja clara, é sugerida a proporção de 5:1 e 10:1 (CHIARELLO et al., 2005).

O óleo de arroz bruto apresenta, em média, 4 a 5% de matéria insaponificável composta basicamente por gama-orizanol (1,5 a 2%), tocoferóis, tocotrienóis ou esqualeno, esteróis, metil-esteróis e álcool triterpênicos (SCAVARIELLO; ARELLANO, 1998; MCCASKILL; ZHANG, 1999; SCAVARIELLO, 2002). A esta fração são atribuídas algumas propriedades nutracêuticas como ação antioxidante, efeito hipocolesterolêmico e prevenção de doenças cerebrais (PERRETTI et al., 2002; AUSMAN et al., 2005; LEE et al., 2005, HEINNEMAN et al., 2006).

O gama-orizanol é uma mistura complexa de ésteres de ácidos trans-ferúlicos com esteróis e álcoois triterpênicos. A alta capacidade antioxidante do gama-orizanol, aliada com as frações dos tocoferóis e tocotrienóis (tocóis), tem sido amplamente reconhecida e estudos têm mostrado vários efeitos fisiológicos relacionados a estes compostos, como a ação hipocolesterolêmica. Considerando que sua concentração é aproximadamente dez vezes superior a dos tocóis (homólogos da vitamina E), o gama-orizanol parece ser o principal agente antioxidante do arroz (XU et al., 2001; BERGER et al., 2005; JULIANO et al., 2005; DANIELSKI et al., 2005; RODRIGUES et al., 2006).

A qualidade nutricional do arroz tem recebido muita atenção nos países em desenvolvimento, já que uma dieta baseada apenas no seu consumo pode levar a deficiências nutricionais, principalmente relacionadas à falta de proteína, ferro, iodo e vitamina A (KENNEDY et al., 2002; BOUIS, 2003).

Há indicativos de que a carência de certos nutrientes na alimentação aumente os níveis de danos e prejudique o reparo de DNA, tanto em animais (ORTIZ et al., 1995; CORTES et al., 2001), quanto em humanos (GONZÁLEZ et al., 2002; PADULA et al., 2009).

As recomendações para uma vida saudável incluem a adoção de alimentação equilibrada, com moderação no consumo de produtos de origem animal como carnes,

ovos, leite e seus derivados, ao passo que frutas e legumes podem ser consumidos em maiores quantidades. Os cereais estão, também, inclusos neste último grupo, do qual faz parte o arroz, possuidor de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis no pericarpo e embrião (PARK et al., 2001; ROTH-MAIER et al., 2002).

Com destaque as vitaminas do complexo B, atualmente, os folatos e o ácido fólico participam em funções metabólicas importantes, principalmente, na biossíntese de purinas e pirimidinas, atuando como co-fatores de enzimas que sintetizam o DNA (ácido desoxirribonucléico) e o RNA (ácido ribonucléico), aspecto indispensável ao desenvolvimento fetal (SCOTT et al., 1994; MCDONALD et al., 2003; MEZZOMO et al., 2007).

Também conhecido como vitamina B9, folacina ou ácido pteroil-L-glutâmico (PGA), o ácido fólico é uma vitamina hidrossolúvel, encontrada mais de 90% como poliglutamatos, pouco armazenada no organismo, e que até algumas décadas apresentava funções pouco conhecidas. O nome folato deriva do termo em Latim – “folium”, que significa folha, pois foi isolada pela primeira vez a partir de folhas verdes, como o espinafre. A vitamina foi descoberta na década de 40 do último século, e atualmente há registros de sua ocorrência em vários outros alimentos, como fígado, hortaliças, frutas e grãos. O folato é sintetizado por microrganismos e plantas superiores, mas não por mamíferos, para os quais é um nutriente essencial, necessitando ser ingerido através dos alimentos (BRODY, 1994; MCNULTY, 1995; CATHARINO; GODOY, 2004; FOKKEMA et al., 2005).

O ácido fólico é a forma farmacêutica comum da vitamina B9 e geralmente utilizada no enriquecimento alimentar. No entanto, nos alimentos é encontrado, em grande parte, na forma de poliglutamatos, absorvidos no organismo, na forma reduzida, após a metilação, pela diidrofolato redutase encontrada na mucosa intestinal. Seu transporte até os tecidos ocorre na forma de metiltetraidrofolato e seu suprimento é mantido de forma constante através dos alimentos e pelo ciclo entero-hepático (CATHARINO; GODOY, 2004; MELO, 2004).

Derivados do ácido fólico, os folatos constituem um grupo de compostos heterocíclicos em que o ácido pteróico se apresenta conjugado com um ou com

diversos resíduos de ácido L-glutâmico, por uma ligação peptídica. Os folatos (como os ácidos 5-metiltetraidrofolico, ác. tetraidrofolico e 5 e/ou 10-formiltetraidrofolico) diferem do ácido fólico quanto ao estado de oxidação do anel de pteridina, ao número de resíduos de glutamato conjugados com o ácido para-amino-benzóico e ao tipo de substituição (Figura 2) nas posições 5 ou 10 do carbono (MCNULTY,1995; STOKES; WEBB, 1999).

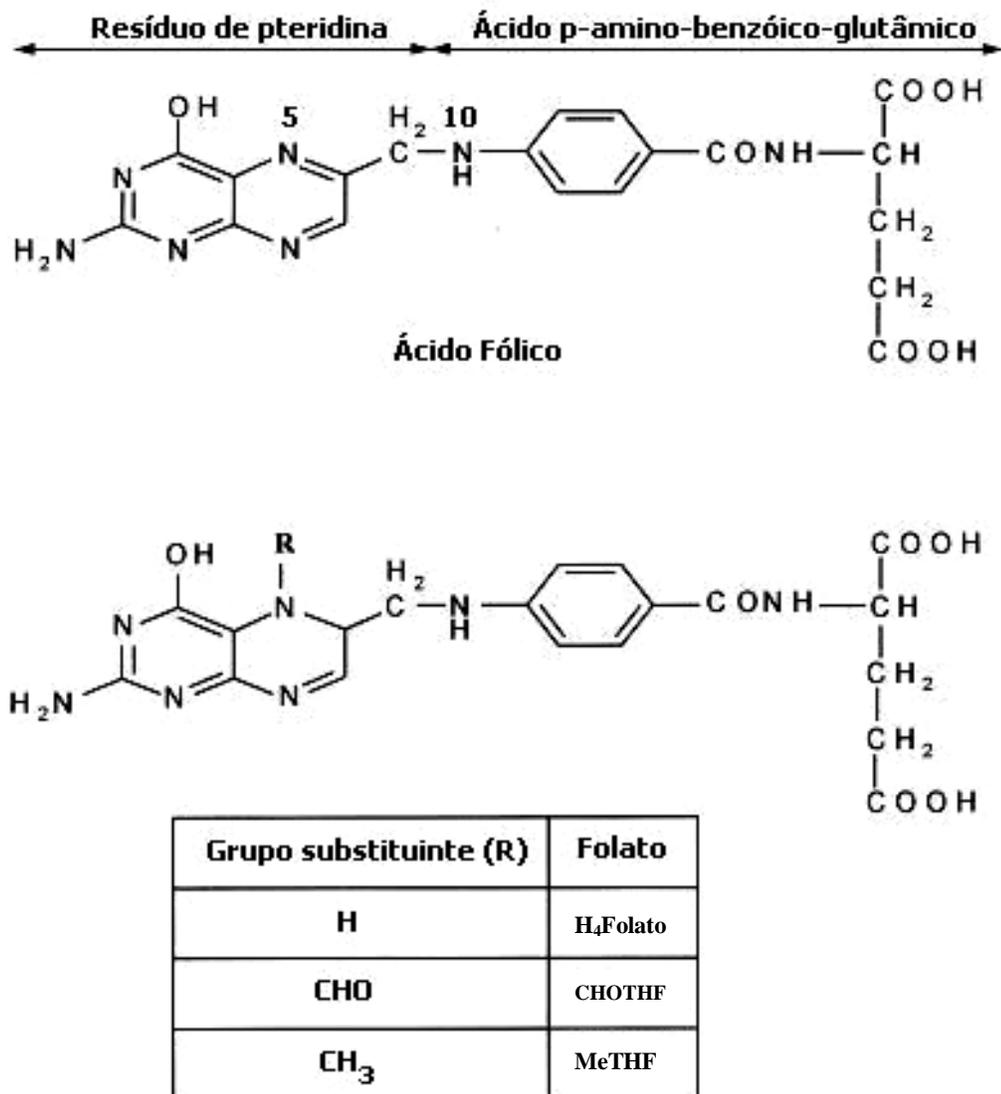


Figura 2. Estrutura química do ácido fólico e dos grupos substituintes dos principais folatos.

Fonte: STOKES; WEBB (1999); GOODMAN; GILMAN (2004).

Apesar da presença do ácido fólico em diversos alimentos, é relativamente fácil a ocorrência de deficiência dessa vitamina, já que é sensível ao cozimento prolongado. Em períodos de lactação, gravidez, crescimento corporal e patologias, que aumentam a demanda da vitamina, há aumento de seu requerimento no organismo (MCNULTY, 1995; DEVLIN, 1997).

A dieta norte-americana padrão fornece 50 a 500 μ g de folato absorvível por dia. Para o adulto normal a ingestão diária recomendável é de 400 μ g dia⁻¹, enquanto que as mulheres grávidas, ou durante a lactação, podem necessitar de 500 a 600 μ g dia⁻¹ ou mais. Por determinação do Food and Drug Administration (1996), a adição do ácido fólico nos Estados Unidos tornou-se obrigatória para todos os fabricantes de produtos a base de cereais do país, a partir de 1º de Janeiro de 1998. A faixa geral de enriquecimento dada pelo FDA é de 100 a 300 μ g por 100g de todos os tipos de produtos cereais (HOFFPAUER, 1998; UNITED STATES INSTITUTE OF MEDICINE, 1998). No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), do Ministério da Saúde (BRASIL, 2002) obriga o enriquecimento de farinhas de trigo com ácido fólico.

O consumo de alimentos fortificados com ácido fólico e a suplementação periconcepcional (três meses antes da concepção até a décima segunda semana da gestação) são atualmente considerados os melhores métodos para garantir o aumento da ingestão dessa vitamina, reduzindo o risco de seqüelas graves nos recém-nascidos. A maioria dos países desenvolvidos, atualmente, pratica voluntariamente a fortificação com ácido fólico (SCOTT et al., 1994; CZEIZEL, 1995; RAYBURN et al., 1996; MCDONALD et al., 2003).

O uso crônico de álcool pode levar à deficiência secundária de folato, devido a uma má absorção deste pela competição com o etanol, alteração no metabolismo hepatobiliar e aumento da excreção biliar de folato causado pelo etanol. Estudos com animais sugerem que a deficiência de folato acelera o desenvolvimento precoce de doenças do fígado ligado ao alcoolismo. Humanos que consomem álcool regularmente devem ingerir diversos alimentos ricos em folatos, além de tomar um suplemento alimentar contendo ácido fólico (FITZPATRICK, 2003).

Diante da necessidade de controlar e avaliar a estabilidade dessa vitamina nos produtos fortificados, para a separação e a determinação dos folatos, os métodos de análise mais recomendados pelos laboratórios credenciados têm sido os cromatográficos e os imunológicos, já que a bioatividade é diferente entre as diferentes formas ativas dos folatos, assim como suas atuações no organismo (KONINGS et al., 2001; JASTREBOVA et al., 2003)

A cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC), utilizando colunas de fase reversa, com detecção por absorção nas regiões do ultravioleta (UV: 254 a 290nm) e/ou fluorescência (excitação: 280 a 310nm e emissão: 352 a 372nm), tem sido a mais empregada na análise de folatos e do ácido fólico, por apresentar rapidez e simplicidade na etapa de extração, reprodutibilidade, alta sensibilidade e exatidão, além de melhor separação das diferentes formas bioativas presentes nos alimentos (STOKES; WEBB, 1999; CATARINO; GODOY, 2004; CREPALDI; GODOY, 2005).

Outra técnica que vem se destacando para a determinação de folatos em alimentos, devido à sua alta especificidade analítica, é a cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (CLAE-EM) (TAKINO, et al., 2003; PENNEY et al., 2005) e espectrometria de massas em "Tandem" (CLAE-EM/EM ou LC-MS/MS) (SORENSEN; ELBAEK, 2003; GUY et al., 2004; SANTOS et al., 2005).

Operada no modo "Multiple Reaction Monitoring" (MRM), os analisadores de massas Q1 e Q3 (quadrupolos), selecionam os íons precursores e produto, respectivamente, definindo uma transição de carga/massa (m/z) específica (Figura 3). Neste modo, o segundo quadrupolo (Q2) funciona como uma cela de colisão, onde os íons precursores selecionados, de acordo com as razões m/z em Q1, são fragmentados por dissociação induzida por colisão (CID), após colisões com um gás inerte, sob uma energia específica. Otimizando o detector para tal experimento (MRM), contendo mais de uma transição para o mesmo íon precursor, gera-se um método confirmatório da presença do composto. Por estas razões, o emprego desta técnica fornece informações referentes à retenção do composto na coluna, às transições monitoradas e ao sinal proporcional à concentração do analito, que permitem atingir altos níveis de confiabilidade e sensibilidade (MARTINS JÚNIOR et al., 2006)

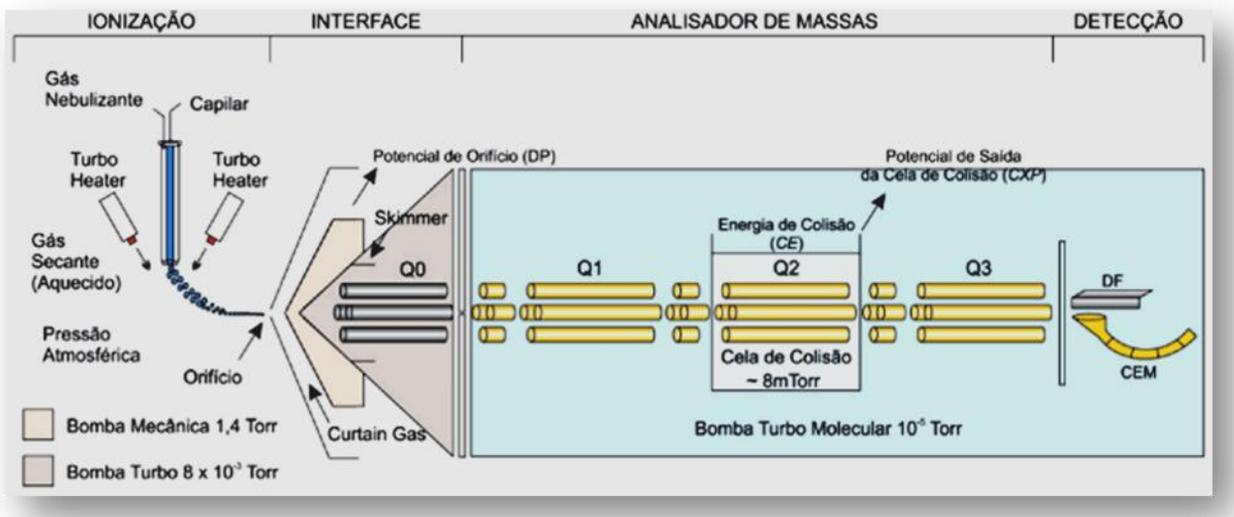


Figura 3. Esquema do sistema de espectrometria de massas triploquadrupolo API 4000™ equipado com fonte de eletronebulização (EN/EM/EM).

Fonte: MARTINS JÚNIOR et al., 2006.

Alguns pesquisadores (SMITHELLS et al., 1980; MRCVIT, 1991; CZEIZEL; DUDAS, 1992; MULLER, 1999; LIMA et al., 2002; OLNEY; MULINARE, 2002) relacionam a deficiência de ácido fólico como causadora de diversas doenças graves, como anemia megaloblástica, câncer, distúrbios cardíacos, mal de Alzheimer, fenda palatina, hidrocefalia e malformações congênitas no feto, como espinha bífida (Figura 4) e anencefalia.

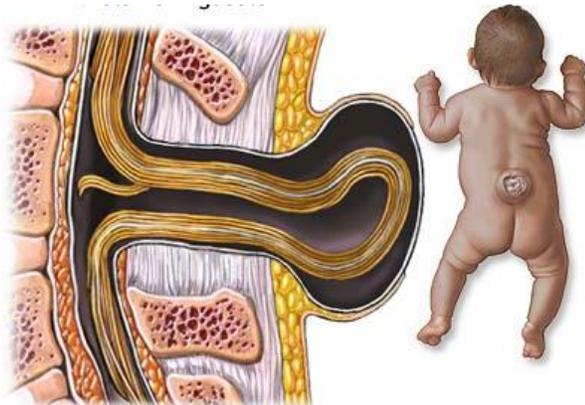


Figura 4. Doença do tubo neural (espinha bífida) causada pela deficiência de ácido fólico.

Fonte: MEDLINEPLUS, 2009.

A incidência mundial de doenças no tubo neural (DTN) varia de 1 a 8 por 1000 nascidos vivos em regiões de alta prevalência. No Brasil, estima-se que a incidência de DTN seja da ordem de 1,6 para cada 1000 nascidos vivos. A prevalência de deficiência de folato em mulheres gestantes, principalmente a deficiência subclínica, é relativamente comum em países desenvolvidos, chegando a 25%, e em países subdesenvolvidos pode chegar a 60% (CHANARIN,1985).

No Brasil, estudo de Lehti (1993) com mulheres gestantes da região amazônica registra a prevalência de deficiência subclínica (folato em eritrócito $<360\text{nmol L}^{-1}$) em 20 a 90%, e a prevalência de balanço negativo de folato (folato sérico $<6,8\text{nmol L}^{-1}$) entre de 86% e 100%.

No estado do Rio de Janeiro, a situação não é tão grave, como observado em um estudo longitudinal realizado com gestantes de baixo nível socioeconômico. Os níveis médios de folato encontrados no plasma e no eritrócito foram adequados e mantiveram-se constantes ao longo da gestação. Tal fato ocorreu mesmo em mulheres que não haviam recebido suplementação com folato, semelhante ao observado em mulheres bem nutridas em países desenvolvidos (EK; MAGNUS, 1981; TRUGO et al., 1996).

Um estudo de caso controle de base populacional realizado por Mezzomo et al. (2007), na cidade de Pelotas, no Rio Grande do Sul, sul do Brasil, detectou a ocorrência de 71.500 nascidos durante o período de 1990 a dezembro de 2002, sendo 980 recém-nascidos malformados (1,4%). Destes, 150 recém-nascidos (15,7%) apresentaram defeitos do tubo neural, sendo mais freqüentes a anencefalia (31,8%), espinha bífida (27,9%) e hidrocefalia (29,3%), demonstrando alta prevalência, estimada em 1 por 1000 nascidos vivos. Também foi realizado estudo transversal de base populacional em cinco maternidades da área urbana, no período de 1º de abril a 15 de agosto de 2006, com 1.450 mulheres. A pesquisa indicou a prevalência do uso de ácido fólico na gestação de 31,8% e no período periconcepcional em 4,3% das entrevistadas.

Nos grupos de mulheres que utilizaram ácido fólico predominaram as seguintes características: cor branca, escolaridade acima de nove anos, renda superior a 1,5 salários mínimos regionais, idade acima de 30 anos, gestação planejada, sete ou mais

consultas de pré-natal, consultas na rede privada de saúde e conhecimentos sobre o ácido fólico. Tal estudo indica a importância de ações efetivas que promovam a ingestão de ácido fólico também em mulheres de classes menos favorecidas sócio-economicamente (MEZZOMO et al., 2007).

O Ministério da Saúde e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), observando os benefícios de um enriquecimento alimentar, aliado aos altos índices de doenças causadas pela deficiência de ácido fólico na população brasileira (onde cerca de 50% das gestações não são planejadas), determinaram, por meio da Resolução nº 344 de 13 de dezembro de 2002, o acréscimo de 150µg de ácido fólico para cada 100g de farinha de trigo e de milho produzidas a partir de julho de 2004.

Esta regulamentação (BRASIL, 2002) foi publicada a fim de amenizar o descumprimento da clássica recomendação médica de uso, no período periconcepcional, de 400 a 800µg diários de ácido fólico para gestantes que não tiveram filhos anteriormente com defeitos do tubo neural e de 4.000µg para as gestantes, nas quais se deseja reduzir o risco de recorrência dessas malformações.

Com isso, farinhas e produtos como pães, macarrão, biscoitos, misturas para bolos e salgadinhos devem apresentar maior quantidade de ácido fólico em sua formulação final. A tendência é a extensão dessa regulamentação a outros produtos à base de cereais, a exemplo do que ocorre em outros países (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, 1992; US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 1996; ANVISA, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Matéria-prima

Foram utilizados grãos de arroz *Oryza sativa* L., da classe longo fino, “agulhinha”, com alto teor de amilose, pertencentes à coleção de amostras do Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas (DCTA-FAEM-UFPEL), no Rio Grande do Sul.

Os grãos são provenientes do Rio Grande do Sul (Brasil), onde foram cultivados em sistema irrigado, colhidos com umidade próxima a 20%, pré-limpos e secos em sistema intermitente, até 13% de umidade, em equipamentos de escala piloto do LABGRÃOS.

3.1.2 Animais para Experimentação

Foram utilizados ratos adultos machos, da cepa *Wistar*-UFPEL, idade 90 dias, com peso médio de 448g, provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Pelotas, RS.

3.2 Métodos

3.2.1 Delineamentos Experimentais

O trabalho foi estruturado em dois estudos, que englobam três experimentos. O Experimento I e o Experimento II constituem o Estudo 1, enquanto o Experimento III constitui o Estudo 2.

No Experimento I foram comparados parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz de dois subgrupos, integral e branco, obtidos por duas formas de beneficiamento convencional.

No Experimento II foram determinados efeitos da intensidade de polimento na produção industrial de arroz branco sobre os mesmos parâmetros do Experimento I.

No Experimento III, do Estudo 2, foram avaliadas as respostas biológicas de ratos machos adultos *Wistar*, cepa UFPEL, alimentados com dietas contendo arroz integral e branco polido em quatro intensidades no processo industrial.

3.2.1.1 Experimento I – Comparativos entre arroz integral e branco, obtidos por processo de beneficiamento convencional, quanto a parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico

Para determinação dos parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, do perfil lipídico e do conteúdo de ácido fólico, nos grãos de arroz, foi utilizado o delineamento experimental apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação de arroz integral e branco quanto a parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico

Tratamentos	Variável independente	Variáveis dependentes
	Processo de beneficiamento	Avaliações
1	Convencional de arroz Integral	1. Parâmetros químicos Composição centesimal 2. Parâmetros tecnológicos Amilose, peso de mil grãos, dimensões, perfil branquimétrico, desempenho industrial, perfil texturométrico 3. Qualidade de consumo
2	Convencional de arroz branco	Atributos sensoriais e parâmetro de cocção 4. Perfil lipídico 5. Conteúdo de ácido fólico

3.2.1.2 Experimento II - Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz branco

Para determinação dos parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, do perfil lipídico e do conteúdo de ácido fólico, nos grãos de arroz branco, submetidos a diferentes intensidades de polimento, foi utilizado o delineamento experimental apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos de arroz branco

Tratamentos	Variável independente	Variáveis dependentes
	Faixa de Polimento	Avaliações
1	7 a 9%	1. Parâmetros químicos Composição centesimal
2	9 a 11%	2. Parâmetros tecnológicos Amilose, peso de mil grãos, dimensões, perfil branquimétrico, desempenho industrial, perfil texturométrico
3	11 a 13%	3. Qualidade de consumo Atributos sensoriais e parâmetro de cocção
4	13 a 15%	4. Perfil lipídico 5. Conteúdo de ácido fólico

3.2.1.3 Experimento III - Ensaio biológico: efeitos da operação de polimento e de sua intensidade, sobre a resposta biológica de ratos machos *Wistar-UFPeI* alimentados com rações elaboradas com grãos de arroz

Para determinação da resposta biológica, foi utilizado o delineamento experimental apresentado nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Ensaio biológico para avaliar os efeitos do polimento do arroz sobre a resposta biológica de ratos machos *Wistar-UFPeI*

Tratamentos	Variável independente	Variáveis dependentes
	Dietas experimentais	Avaliações
1	Arroz integral	Ganho de peso, consumo de dieta, quociente de eficiência alimentar, massa e enzimas hepáticas, massa, volume, lipídeos e nitrogênio fecais, glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis plasmáticos
2	Arroz branco	
3	AIN-93M*	

*Controle: fonte de carboidratos: amido de milho e amido dextrinizado

Tabela 4. Ensaio biológico para avaliar os efeitos da intensidade do polimento do arroz sobre a resposta biológica de ratos machos *Wistar-UFPeI*

Tratamentos	Variável independente	Variáveis dependentes
	Faixa de Polimento	Avaliações
1	7 a 9%	Ganho de peso, consumo de dieta, quociente de eficiência alimentar, massa e enzimas hepáticas, massa, volume, lipídeos e nitrogênio fecais, glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis plasmáticos
2	9 a 11%	
3	11 a 13%	
4	13 a 15%	
5	AIN-93M*	

*Controle: fonte de carboidratos: amido de milho e amido dextrinizado

3.2.2 Procedimentos e Avaliações

3.2.2.1 Preparo das amostras

Para cada amostra de 50kg de arroz em casca foram coletadas três alíquotas de 100g, as quais foram submetidas ao beneficiamento industrial em engenho de provas, modelo Zaccaria®, regulado de forma que entre 93 e 97% dos grãos descascassem na primeira passagem, obtendo-se assim o arroz integral, que foi utilizado nessa forma no Experimento I e serviu de base para os polimentos dos Experimentos I, II e III.

Para a obtenção do arroz branco utilizado no Experimento I, no mesmo engenho de provas, modelo Zaccaria®, foi realizada a operação de polimento, na forma convencional, utilizada pela maioria das indústrias que beneficiam este grão, com regulagem do equipamento para remoção de farelo na faixa de 7 a 11% de massa do grão de arroz integral, em condição operacional determinada por testes prévios.

Para a obtenção do arroz branco com diferentes intensidades de polimento, utilizado nos Experimentos II e III, no mesmo engenho de provas, modelo Zaccaria®, foi realizada a operação de polimento nas faixas de 7 a 9%; 9 a 11%; 11 a 13% e 13 a 15% de massa do grão de arroz. As amostras de arroz descascado permaneceram na câmara de brunimento do equipamento, em regulagem e tempo determinados por testes preliminares.

A intensidade do polimento (IP) foi determinada pela equação 1.

$$IP = \left[1 - \left(\frac{\text{peso (g) do arroz polido}}{\text{peso (g) do arroz integral}} \right) \right] \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Tanto os grãos descascados polidos como os integrais passaram pela operação de separação de inteiros e quebrados, em cilindro alveolado (trieur) acoplado a um motor elétrico. Após o beneficiamento, foram manualmente removidos os grãos que apresentavam defeitos gerais e graves (Brasil, 2009).

Para realizar as determinações dos parâmetros químicos (composição centesimal), cromatográficos e da amilose, as amostras foram homogeneizadas e moídas em moinho de facas da marca Perten®, modelo Laboratory Mill 3100, até um

tamanho de partícula suficiente para passar em uma peneira Mesh/Tyler® 70 (abertura 0,211mm). Posteriormente, foram acondicionadas, hermeticamente, em frascos de vidro e mantidas a 15°C até a realização de cada análise.

Para as avaliações sensoriais e do perfil texturométrico (TPA) as amostras de arroz correspondentes a 30g de grãos crus, inteiros e sem defeitos (BRASIL, 2009), foram cozidas em chapa aquecida a $300\pm 8^{\circ}\text{C}$, em recipientes experimentais de alumínio. A água utilizada para a cocção foi previamente aquecida a 95°C , com variação na relação de água/volume de arroz cru de 2,0:1 a 2,4:1. O tempo de cocção foi previamente determinado pela cocção em becker de 250mL, contendo 150mL de água destilada a $95\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 10g de arroz cru.

Os parâmetros instrumental (ótico) e sensorial (ao dente) foram avaliados simultaneamente, a cada minuto, a partir do décimo, para a determinação do ponto final de cocção. Ao final de cada tempo de cocção determinado, os recipientes experimentais foram deixados tampados por 20min e destampados por mais 5min para estabilização do peso (GULARTE, 2002).

Para o ensaio biológico as amostras foram cozidas em recipientes de alumínio com tampa, aquecidos em chapa com termostato (GULARTE, 2002), com água equivalente à relação água/arroz de 2,4:1 e 2,0:1, respectivamente para as amostras de arroz integral e polido. A proporção de água e o tempo de cozimento foram previamente estabelecidos em ensaios preliminares.

Após a cocção do arroz, as amostras foram transferidas para peneiras de polietileno e secadas em estufa com circulação forçada de ar, durante 24 horas, em temperatura de 60°C . Logo em seguida, foram pulverizadas até tamanhos de partículas suficientes para passarem em peneira Mesh/Tyler® 70 (abertura 0,211mm). Posteriormente, foram acondicionadas hermeticamente e mantidas a 15°C até a utilização.

3.2.2.2 Composição centesimal

O conteúdo de água foi determinado em estufa a 105°C, por 24 horas (BRASIL, 2009a). O teor de lipídios foi determinado pelo método nº 30-20, em extrator tipo Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente, de acordo com a AOAC (1995). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método nº46-13 da AACC (1995) e o teor de proteína bruta obtida pelo uso do fator 5,95 para conversão de nitrogênio em proteína. O teor de cinzas foi determinado de acordo com a AACC (1995), método nº08-01. O teor de fibra bruta foi determinado pelo método descrito por Angelucci et al. (1987). Os carboidratos foram calculados por diferença centesimal.

3.2.2.3 Amilose

O teor de amilose foi determinado pelo método proposto por Martinez e Cuevas (1989), com adaptações. Amostras de 100mg de grãos moídos de arroz foram transferidas para balões de 100mL, sendo acrescentados 1mL de álcool etílico 96°GL e 9mL de solução 1N de NaOH. Os balões foram colocados em banho-maria por 10 minutos a 100°C, seguindo-se resfriamento durante 30 minutos, até atingirem a temperatura de 20°C, ajustando-se o volume com água. Foi retirada uma alíquota de 5mL e transferida para balão volumétrico de 100mL, sendo acrescentados 1mL de ácido acético 1N e 2 mL de solução de iodo 2% (p/v) recém preparada, com ajuste do balão volumétrico com água destilada.

Para a elaboração da curva padrão foram utilizadas amostras de 40mg de amilose Type III Sigma®, submetidas ao mesmo procedimento das amostras de arroz. Do balão volumétrico, alíquotas de 1, 2, 3, 4, e 5mL foram retiradas e acrescentadas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1mL de solução de ácido acético 1N e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2mL de solução de iodo 2% p/v, respectivamente, completando o volume de cada balão volumétrico com água destilada. A leitura foi realizada a 610nm e os resultados de absorbância (A) multiplicados por fator de correção (FC) obtido pela média dos valores lidos com as amostras de amilose pura. O teor de amilose das amostras foi obtido pela equação 2:

$$\% \text{ Amilose} = A \times FC \quad (\text{Equação 2})$$

onde A = absorvância e FC, fator de correção.

3.2.2.4 Dimensões, índices do perfil branquimétrico e peso de mil grãos

As dimensões (comprimento, largura e espessura) dos grãos foram medidas com uso de paquímetro digital, modelo Mitutoyo®. Para tal procedimento foram escolhidos, de forma aleatória, 60 grãos.

O peso de mil grãos foi obtido com o uso de balança analítica e os índices do perfil branquimétrico (graus de brancura, transparência e polimento) foram avaliados com uso do branquímetro modelo Zaccaria®, que utiliza escala própria.

3.2.2.5 Desempenho industrial

A renda e o rendimento industrial foram avaliados segundo método oficial estabelecido pela Instrução Normativa de nº 6, de 16 de fevereiro de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

3.2.2.6 Parâmetros do perfil textuométrico

O perfil textuométrico (TPA) foi avaliado com o analisador TA.XT.plus, utilizando uma célula de força de 30kg, com um teste de compressão de dois ciclos, monitorado através do Software Texture Exponent v.8.

Foram utilizadas amostras de 10g de arroz cozido, previamente estabilizadas e homogeneizadas, colocadas em recipientes cilíndricos de vidro de 50mm de diâmetro e 10mm de profundidade, tipo placas de Petry. Cada alíquota de arroz cozido foi comprimida a 60% de sua espessura original com um probe cilíndrico de 45mm, a uma velocidade de $1,0\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ e tempo de 3s entre as compressões. Foram avaliados os parâmetros dureza, adesividade e coesividade. Para cada faixa de polimento foram realizadas 10 repetições de teste de textura.

3.2.2.7 Características de consumo

As características de consumo foram avaliadas através das análises dos parâmetros de cocção e atributos sensoriais.

Na avaliação sensorial foi utilizado o método proposto por Gularte (2002), com adaptações, com uso de um teste contendo uma escala não-estruturada de nove centímetros, com termos descritivos, caracterizando os atributos cor, brilho, odor, aspecto, soltabilidade, firmeza e sabor. A avaliação foi realizada por uma equipe de julgadores treinados.

Nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 os termos descritores para avaliação sensorial dos atributos cor, brilho, odor, aspecto, soltabilidade, firmeza e sabor dos grãos de arroz cru e cozido segundo Gularte (2002), com adaptações.

Tabela 5. Termos para avaliação sensorial dos grãos de arroz integral cru

Atributo			
Cor	Brilho	Odor	Aspecto
Pouco amarelada	Opaco	Muito suave	Atípico
Amarela	Pouco brilhoso	Suave	Muito desagradável
Parda típica	Brilhoso típico	Integral típico	Desagradável
Marrom	Bastante brilhoso	Forte	Pouco agradável
Escura	Intensamente brilhoso	Muito forte	Agradável típico

Fonte: Adaptado de GULARTE (2002)

Tabela 6. Termos para avaliação sensorial dos grãos de arroz polido cru

Atributo			
Cor	Brilho	Odor	Aspecto
Acinzentada	Opaco	Muito suave	Atípico
Ligeiramente acinzentada	Pouco brilhoso	Suave	Muito desagradável
Branca típica	Brilhoso típico	Integral típico	Desagradável
Pouco escura	Bastante brilhoso	Forte	Pouco agradável
Escura	Intensamente brilhoso	Muito forte	Agradável típico

Fonte: Adaptado de GULARTE (2002)

Tabela 7. Termos para avaliação sensorial dos grãos de arroz integral cozido

Atributo					
Cor	Brilho	Odor	Soltabilidade	Firmeza	Sabor
Pouco amarelada	Opaco	Muito suave	Aderido	Massudo	Muito suave
Amarela	Pouco brilhoso	Suave	Pouco aderido	Pouco firme	Suave
Parda típica	Brilhoso Típico	Integral típico	Soltabilidade típica	Firmeza típica	Integral típico
Marrom	Bastante brilhoso	Forte	Bastante solto	Duro	Forte
Escura	Intensamente brilhoso	Muito forte	Solto e separado	Muito duro	Muito forte

Fonte: Adaptado de GULARTE (2002)

Tabela 8. Termos para avaliação sensorial dos grãos de arroz polido cozido

Atributo					
Cor	Brilho	Odor	Soltabilidade	Firmeza	Sabor
Pouco clara	Opaco	Muito suave	Aderido	Massudo	Muito suave
Clara	Pouco brilhoso	Suave	Pouco aderido	Pouco firme	Suave
Branca típica	Brilhoso típico	Integral típico	Soltabilidade típica	Firmeza típica	Integral típico
Branca intensa	Bastante brilhoso	Forte	Bastante solto	Duro	Forte
Branca muito intensa	Intensamente brilhoso	Muito forte	Soltos e separado	Muito duro	Muito forte

Fonte: Adaptado de GULARTE (2002)

No teste da cocção, os parâmetros avaliados foram o rendimento gravimétrico (RG), determinado pelo quociente entre o peso do arroz cozido e o peso do arroz cru; o rendimento volumétrico (RV), determinado pela razão entre o volume do arroz cozido e o volume do arroz cru; e o tempo de cocção. Esses parâmetros foram expressos em percentagem em relação ao arroz cru e em minutos, respectivamente (GULARTE, 2002).

3.2.2.8 Perfil lipídico via cromatografia gasosa (CG)

Os óleos obtidos dos grãos moídos de arroz, pelo método de extração contínua em aparelho Soxhlet, foram submetidos à derivatização dos ácidos graxos por transesterificação com BF_3 /Metanol (MATOS, 2007). As amostras derivatizadas foram armazenadas em frasco de vidro âmbar e mantidas sob refrigeração, para posterior análise cromatográfica.

Para extração, separação e quantificação, em cromatógrafo gasoso com detector de ionização de chama (GC/FID), foram utilizados metanol grau cromatográfico (Synth®), ácido acético glacial, hidróxido de sódio, cloreto de sódio, sulfato de sódio anidro, hidróxido de potássio e BF_3 metanólico (Merck®), ácido tricloroacético, éter de petróleo, diclorometano e hexano p.a. (Synth®), água ultra pura purificada no sistema Milli-Q (Millipore®). Os gases utilizados foram N_2 , H_2 e ar sintético, todos com 99,995 % de pureza (White Martins®).

Os padrões analíticos (Supelco®) cromatográficos usados foram os ésteres metílicos dos ácidos caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0), palmitoléico (C16:1), esteárico (C18:0), oléico (cis C18:1), elaídico (trans C18:1), linoléico (C18:2), linolênico (C18:3), araquídico (C20:0), beênico (22:0), erúcico (C22:1 cis 13) e lignocérico (C24:0).

Os ésteres metílicos resultantes da derivatização foram analisados em cromatógrafo gasoso com detector de ionização em chama – GC/FID (modelo Shimadzu® - 17A), equipado com coluna capilar de sílica fundida DB-5 (metil silicone com 5% de grupos fenila, com 30m de comprimento, 0,25mm de espessura e revestida por filme de 0,25 μm). As condições cromatográficas foram: 160°C (0 min), com incremento de 2°C min^{-1} até 210°C, e de 10°C min^{-1} até 280°C, mantendo-se a temperatura por mais 20min, perfazendo um tempo total de corrida de 52min. As temperaturas do detector e do injetor foram mantidas em 280°C, com split de 1:50.

Foram preparadas soluções de 1000 mg L^{-1} dos ésteres metílicos e de 100 mg L^{-1} dos padrões cromatográficos, em hexano p.a. (Synth®), sendo injetados 0,5 μL de cada solução. A identificação dos ácidos graxos foi realizada com base no

tempo de retenção dos padrões cromatográficos, expressando as quantidades em proporções relativas às áreas de cada pico nas amostras.

3.2.2.9 Ácido Fólico

1) Determinação qualitativa via cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas (CL-EM/EM ou LC-MS/MS)

a) Preparo da solução padrão

Uma solução estoque contendo $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ de ácido fólico foi preparada pesando-se analiticamente 1,0mg do padrão em pó, com grau de pureza 98% (Sigma-Aldrich®), que foi dissolvido com água ultra pura, em Becker de 5mL, ajustando-se o pH entre 7,0 a 8,0 com hidróxido de amônio p.a (Synth®). Após a dissolução completa, o padrão foi transferido para um balão volumétrico de 10mL e estocado a 4°C, na ausência de luz. A partir desta solução estoque, por diluição com solução $5,0 \text{ mmol L}^{-1}$ de acetato de amônio, foi preparada uma solução padrão contendo 50 ng mL^{-1} de ácido fólico, da qual 20 μL foram injetadas no sistema LC-MS/MS (MARTINS JÚNIOR et al., 2008).

b) Extração

O ácido fólico foi extraído de 1,0g de arroz moído, pela imersão em mistura de 3,0mL de hidróxido de potássio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e 3,0mL de acetonitrila (Synth®), por 10 minutos em banho ultra-sônico. Ao extrato foram adicionados 500 μL de ácido tricloroacético 25 g L^{-1} (CREPALDI; GODOY, 2005) e o volume completado a 10mL com solução de acetato de amônio 75 mmol L^{-1} (pH 7,0). Seguiram-se as etapas de filtração, sendo a primeira em papel filtro comum e a segunda em membranas Millipore® (FHLP 1300 em PVDF), com poros de 0,45 μm . Foi injetado no sistema LC-MS/MS 20 μL do filtrado (MARTINS JÚNIOR et al., 2008).

c) Análise Qualitativa

Para detectar a presença do ácido fólico (AF) foi utilizado o sistema de cromatografia líquida (Shimadzu®), constituído por dois módulos (bomba reodine) de mistura dos solventes LC-20AD, desgaseificador DGU-20A, sistema de controle CBM-20A, forno da coluna CTO-20A (40°C), amostrador automático SIL-20A e detector de arranjo de diodo SPD-M20A. Foi utilizada coluna de separação analítica de fase reversa, Shimadzu® (2,0cm x 150mm x 4,6µm), tendo como fase estacionária C18 (grupamentos octadecil).

O ácido fólico foi separado em sistema de eluição isocrático, com vazão de 0,7 mL min⁻¹, durante 5 minutos de corrida, utilizando-se uma mistura de 25% de fase móvel A (5 mmol L⁻¹ de acetato de amônio em água) e de 75% de fase móvel B (5 mmol L⁻¹ de acetato de amônio em metanol absoluto).

d) Espectrometria de Massas

O ácido fólico foi ionizado na fonte de ionização por eletronebulização (*Electrospray Ionization* - ESI), no modo positivo, num analisador de massas *ion trap* (Bruker®), operado em modo de aquisição por Monitoramento Múltiplo de Reação (*Multiple Reaction Monitoring* – MRM), com o propósito de detectar duas transições de razão carga/massa (*m/z*): 442,2>176,1 e 442,2>295,1.

Os parâmetros otimizados foram: pressão do gás nebulizador (N₂) de 33,4psi, fluxo do gás de secagem de 7 L min⁻¹, temperatura do gás de secagem de 350°C, 70% compostos estáveis, voltagem do focalizador de 40V, voltagem do capilar de 4.000V e voltagem na saída do capilar de 114,2V. O modo MRM foi usado no estágio de um duplo octopolo, para detectar a presença de ácido fólico conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Condições otimizadas do modo MRM para detectar ácido fólico

Transição (<i>m/z</i>)	Propósito	DP (V)	CE (eV)	CXP (V)	Tempo de permanência (ms)
442,2 > 313,0	C	68	53	30	200
442,2 > 295,1	Q		21	28	200

DP: potencial de desagrupamento; CE: Energia de colisão; CXP = Potencial de saída da célula de colisão; C: confirmação de transição; Q = Transição quantificadora

2) Determinação quantitativa via cromatografia líquida de alta eficiência, com detector ultravioleta (CLAE ou HPLC/UV)

a) Extração

Da mesma forma que para a análise qualitativa, o ácido fólico foi extraído de 1,0g de arroz moído, pela imersão em uma mistura de 3,0mL de hidróxido de potássio ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e 3,0mL de acetonitrila (Synth®), por 10 minutos em banho ultra-sônico. Ao extrato foram adicionados 500 μ L de ácido tricloroacético (25 g L^{-1}) e o volume completado a 10mL com solução tampão fosfato pH 6,5. Seguiram-se as etapas de filtração: a primeira em papel filtro comum e a segunda em membranas Millipore® (FHLP 1300 em PVDF), com poros de 0,45 μ m. Cerca de 30 μ L do filtrado foi injetado no sistema de HPLC (CREPALDI; GODOY, 2005).

b) Elaboração da curva padrão

A quantificação do ácido fólico foi baseada na padronização externa, por meio de curva analítica construída com 10 níveis de concentração em $\mu\text{g mL}^{-1}$ (0,025; 0,050; 0,100; 0,150; 0,200; 0,300; 0,400; 0,500; 0,600; 0,700), sendo cada ponto representado pela média de três determinações.

As soluções padrões de ácido fólico foram dissolvidas em solução tampão fosfato pH 6,5 (Na_2HPO_4 $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ / KH_2PO_4 $0,37 \text{ mol L}^{-1}$) e filtradas em filtros de 0,45mm de porosidade, antes de serem injetadas, na quantidade de 10 μ L, no sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Pela relação entre a concentração e a resposta em absorbância foi gerada uma curva de linearidade $r^2 \geq 0,9914$, de equação $y = 34.868 x$, onde y representa a área do pico e "x" a concentração em $\mu\text{g mL}^{-1}$ (Anexo 2).

c) Parâmetros para a quantificação

Para a determinação do ácido fólico (AF) foi utilizado o sistema de HPLC (Shimadzu®), constituído por módulo de mistura dos solventes LC-10ATVP, degaseificador FCV-10ALVP, bomba reodine DGU-14A, sistema de controle SCL-

10ATVP, forno da coluna CTO-10ASVP e amostrador automático SIL-10AF. Utilizou-se uma coluna de separação analítica de fase reversa, Shim-Pak CLC-ODS (3,9cm x 150mm x 4 μ m), tendo como fase estacionária grupamentos octadecil. A detecção foi realizada em detector UV/VIS SPD-10AXL. Os dados foram adquiridos e processados com o uso do software Class-VP.

O ácido fólico foi separado em sistema de eluição por gradiente, com vazão de 0,8 mL min⁻¹, utilizando inicialmente uma mistura de 95% de fase móvel aquosa (FMA: composta por 20mL de ácido acético glacial e 700 μ L de hidróxido de potássio 50%; volume foi aferido a 1 L com água Milli-Q) e de 5% de fase móvel orgânica (FMb) composta por acetonitrila. Alterou-se gradativamente a proporção da fase móvel, chegando aos 15 minutos a 80% de FMA e 20% de FMb.

As condições cromatográficas iniciais foram retomadas gradativamente até os 18 minutos, onde se manteve essa proporção até os 30 minutos, para ocorrer o reequilíbrio da coluna cromatográfica. A detecção foi realizada em comprimento de onda 290nm (CREPALDI; GODOY, 2005).

3.2.2.10 Dietas experimentais para ensaio biológico

As dietas experimentais (Tabelas 9 e 10) foram formuladas segundo as recomendações do American Institute of Nutrition (AIN-93M) (REEVES et al., 1993) para ratos em manutenção de peso, sendo essas isocalóricas (380 kcal 100g⁻¹) e isoprotéicas (12,0%). As farinhas dos grãos moídos de arroz cozido foram utilizadas como fonte de carboidratos complexos em substituição total do amido de milho, parcial da caseína e do óleo de soja. Como fonte de fibras foi utilizada celulose microcristalina MC-102, lote 1956/08 (Microcel®).

O valor energético das dietas experimentais foi calculado pelos equivalentes calóricos, por grama, utilizando-se 4,0Kcal para proteínas e carboidratos e 9,0Kcal para lipídeos. Os animais (seis ratos por grupo) foram sorteados aleatoriamente para comporem os sete (7) grupos experimentais.

O ensaio biológico constou de sete (7) tratamentos:

- a) Arroz integral;
- b) Arroz branco convencional;
- c) Arroz branco polido com faixa de polimento entre 7 a 9%;
- d) Arroz branco polido com faixa de polimento entre 9 a 11%;
- e) Arroz branco polido com faixa de polimento entre 11 a 13%;
- f) Arroz branco polido com faixa de polimento entre 13 a 15%;
- g) Dieta controle (AIN-93M).

Tabela 9. Dietas experimentais para avaliar o efeito do polimento do arroz, no ensaio biológico com ratos adultos machos cepa *Wistar/UFPel*.

Ingredientes (g)	Dietas ¹		
	Integral	Branco	AIN [*]
Arroz convencional	590,9	591,5	-
Caseína*	83,7	69,0	140
Proteína do arroz	(54,5)	(66,8)	-
Fibra*	41,8	44,9	50
Fibra do arroz	(8,2)	(6,2)	-
Amido de milho*	-	-	465,7
Amido dextrinizado*	107,0	112,7	155
Sacarose*	100	100	100
Óleo de soja*	27,4	36,6	40,0
Lipídeos do arroz	(12,7)	(4,2)	-
Mistura mineral*	35	35	35
Mistura vitamínica*	10	10	10
L-cistina*	1,8	1,8	1,8
Bitartarato de colina*	2,5	2,5	2,5
Tetrabutyl-hidroquinona*	0,008	0,008	0,008

Dieta Controle (AIN-93M), fonte de carboidratos: amido de milho e amido dextrinizado

¹Valores em g Kg⁻¹ de dieta

* Segundo formulação da AIN-93M. Fibra: celulose microcristalina; Caseína: 78,23% de proteína
() valores intrínsecos do arroz

Tabela 10. Dietas experimentais para avaliar o efeito da intensidade do polimento no ensaio biológico com ratos adultos machos cepa *Wistar/UFPel*.

Ingredientes (g)	Dietas ¹				
	7 a 9%	9 a 11%	11 a 13%	13 a 15%	AIN ²
Arroz convencional	595,4	583,8	601,8	610,3	-
Caseína*	67,3	69,9	69,5	64,7	140
Proteína do arroz	(67,4)	(65,3)	(65,6)	(69,4)	-
Fibra*	45,7	42,7	47,3	41,60	50
Fibra do arroz	(4,3)	(7,3)	(2,7)	(8,2)	-
Amido de milho*	-	-	-	-	465,7
Amido dextrinizado*	107,1	117,3	94,2	96,0	155
Sacarose*	100	100	100	100	100
Óleo de soja*	35,2	37,0	38	38,0	40,0
Lipídeos do arroz	(4,8)	(3,0)	(2,0)	(2,0)	-
Mistura mineral*	35	35	35	35	35
Mistura vitamínica*	10	10	10	10	10
L-cistina*	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Bitartarato de colina*	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tetrabutyl-hidroquinona*	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008

Dieta Controle (AIN-93M), fonte de carboidratos: amido de milho e amido dextrinizado

¹Valores em g Kg⁻¹ de dieta

* Segundo formulação da AIN-93M. Fibra: celulose microcristalina; Caseína: 78,23% de proteína
() valores intrínsecos do arroz

3.2.2.11 Protocolo para a condução do ensaio biológico

O ensaio biológico foi aprovado pela Comissão de Ética na Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (CEEA-UFPel), em reunião realizada no dia 19/08/2008, protocolo 32/07 (Anexo 1).

Os ratos adultos machos da cepa *Wistar/UFPel* (peso médio 448g e idade de 90 dias) permaneceram no Laboratório de Nutrição Experimental da Faculdade de Nutrição da UFPel, onde foram distribuídos aleatoriamente em grupos de seis (6 animais por tratamento), alojados em gaiolas metabólicas individuais, sob condições controladas de temperatura (23±1°C), umidade relativa (50 a 60%) e fotoperíodo (ciclo de claro/escuro) de 12 horas, com livre acesso a água e dieta (*ad libitum*). O ensaio

biológico teve duração de 45 dias, sendo as duas primeiras semanas utilizadas para adaptação às dietas experimentais.

No final do experimento, após jejum de 12 horas, os animais foram submetidos à anestesia inalatória, em campânula com éter, para coleta de sangue, por meio de punção cardíaca. Após, procedeu-se a eutanásia dos animais, em câmara isolada, contendo éter etílico. O sangue coletado de cada animal foi centrifugado a 3000g, durante 15 minutos, para a obtenção do plasma.

3.2.2.12 Ganho de peso

O ganho de peso dos animais foi calculado por diferença entre os pesos quantificados no início do tratamento (1º dia) e no final do experimento (28º dia).

3.2.2.13 Consumo da dieta

O consumo das dietas foi quantificado diariamente, por meio de balança semi-analítica, sendo estas repostas diariamente ou conforme a necessidade. Ao final do experimento foi realizado o somatório do consumo.

3.2.2.14 Coeficiente de eficiência alimentar

O coeficiente ou quociente de eficiência alimentar (CEA) avalia a eficiência com que a dieta promove o ganho de peso corporal, calculado conforme equação 3 (SGARBIERI, 1996).

$$CEA = \frac{\text{Ganho de Peso (g)}}{\text{Consumo da Dieta (g)}} \quad \text{(Equação 3)}$$

3.2.2.15 Peso e percentual de massa hepática

O peso e o percentual de massa hepática (equação 4) foram realizados ao término do experimento, após a eutanásia, com a remoção e a pesagem dos fígados dos animais em balança semi-analítica.

$$\% \text{Massa Hepática} = \frac{\text{Massa do Fígado (g)}}{\text{Peso final dos animais (g)}} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

3.2.2.16 Massa e volume fecais

Para as medidas de massa e volume fecal, as fezes foram recolhidas nos últimos dez dias de experimento e secas em estufa a 50°C, por 4 horas. Ao final do ensaio biológico as fezes foram pesadas e o volume medido em proveta graduada com capacidade de 100mL.

3.2.2.17 Lipídeos e nitrogênio fecais

Os lipídeos fecais (BLIGH; DYER, 1959) e o nitrogênio fecal (AOAC, 1995) foram realizados em fezes maceradas e homogeneizadas, previamente secas em estufa, a 50°C, por 4 horas.

3.2.2.18 Avaliações plasmáticas

As avaliações plasmáticas das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (ALP) e alanina aminotransferase (ALT), bem como as determinações de glicose, proteínas, colesterol e triacilglicerols, foram quantificadas pelos métodos enzimáticos da Labtest Diagnóstica®.

3.2.3 Avaliação estatística

Para realizar a avaliação estatística os dados experimentais foram dispostos em tabelas, com respectivos e convenientes tratamentos. 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% ($p < 0,05$) (Microsoft Statística®, version 7).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo 1 - Efeitos da operação de polimento e de sua intensidade sobre parâmetros de avaliação química, tecnológica e de qualidade de consumo, perfil lipídico e conteúdo de ácido fólico em grãos arroz

4.1.1 Parâmetros químicos e tecnológicos

4.1.1.1 Composição centesimal e amilose

Na Tabela 11 são apresentados os valores para composição centesimal e na Tabela 12 o teor de amilose para grãos de arroz integral e branco.

Nas Tabelas 13 e 14, respectivamente, são apresentados efeitos da intensidade de polimento sobre a composição centesimal e o teor de amilose em grãos de arroz branco.

Tabela 11. Efeitos do processo de beneficiamento industrial sobre parâmetros químicos de avaliação nutricional em grãos de arroz*

Composição (%)	Beneficiamento Industrial**	
	Arroz integral	Arroz branco
Água	12,5A	12,4A
Lipídeos	2,4A	0,7B
Proteínas	8,5A	7,5B
Cinzas	1,2A	0,6B
Fibras	2,4A	1,6B
Carboidratos	73,0B	77,2A

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 12. Efeitos do processo de beneficiamento industrial sobre o teor de amilose em grãos de arroz*

Composição (%)	Beneficiamento Industrial**	
	Arroz integral	Arroz branco
Amilose	27,1B	30,3A

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 13. Efeitos da intensidade de polimento sobre parâmetros químicos de avaliação nutricional em grãos de arroz branco*

Composição (%)	Intensidade de polimento (%)**			
	7 a 9	9 a 11	11 a 13	13 a 15
Água	12,3A	12,2A	12,2A	12,3A
Lipídeos	0,8A	0,6B	0,2C	0,1C
Proteínas	7,5A	7,5A	7,2A	7,5A
Cinzas	0,7A	0,4B	0,2C	0,2C
Fibras	1,6A	1,6A	1,6A	1,5A
Carboidratos	77,1B	77,1B	78,7A	78,5A

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$

Tabela 14. Efeitos da intensidade de polimento sobre o teor de amilose em grãos de arroz branco*

Composição (%)	Intensidade de polimento (%)**			
	7 a 9	9 a 11	11 a 13	13 a 15
Amilose	30,0A	30,4A	30,2A	30,6A

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$

Conforme os dados expressos na Tabela 11, a operação de polimento, que diferencia o arroz integral do branco, provocou diminuição significativa no teor de lipídeos de, aproximadamente, 71%. Quando este procedimento é intensificado (Tabela 13), de 7 a 9% para faixas de 13 a 15%, as perdas nos teores de lipídeos são próximas de 82%. Os valores encontrados mostram que o teor de lipídeos diminui gradativamente da periferia para o centro do grão, sendo sua maior concentração nas camadas mais externas da cariopse.

Os dados da Tabela 11 mostram que o polimento provoca diminuição de proteínas de 8,5% (arroz integral) para 7,5% no polimento convencional (arroz branco). Esse 1,0 ponto percentual corresponde a 11,8% do total de proteínas dos grãos. Quando o polimento é intensificado (Tabela 13), de 7 a 9% para faixas de 13 a 15%, não há variação significativa dos teores protéicos, demonstrando existir maior concentração de proteínas nas camadas mais externas da cariopse, que são removidas com o farelo no polimento. Com isto observa-se que o arroz continua a ser importante fonte de proteínas, mesmo não sendo grão integral.

Conforme se observa na Tabela 11, a operação de polimento provocou diminuição significativa nos teores de cinzas e fibras de, aproximadamente, 50 e 33%, respectivamente. Quando o polimento é intensificado (Tabela 13), de 7 a 9% para faixas de 13 a 15%, a diminuição nos teores de cinzas é próxima de 71%, enquanto que o percentual de fibras se mantém significativamente inalterado. Os valores encontrados demonstram que o teor de cinzas diminui gradativamente da periferia para o centro do grão, enquanto que o teor de fibras apresenta comportamento similar ao das proteínas, com concentração constante nas faixas de 7 a 15% de remoção da cariopse no polimento.

O polimento convencional (Tabela 11) provocou aumento de cerca de 5,8% no teor de carboidratos. No teor de amilose (Tabela 12) o aumento foi de, aproximadamente, 12%, considerando-se os valores do arroz integral (27,1%) e do branco (30,3%). O aumento da intensidade de polimento (Tabelas 13 e 14) aumenta a concentração de carboidratos e não altera o teor de amilose.

Os resultados obtidos pela Tabela 11 mostram que os maiores teores de proteínas, lipídeos, fibras e mineiras encontram-se, predominantemente, nas camadas mais externas da cariopse, enquanto que a maior proporção de carboidratos ocorre nas camadas mais internas.

Os comportamentos e os teores apresentados na Tabela 11 são compatíveis com relatos da literatura especializada (Heinemann et al., 2005; Storck et al., 2005; USP, 2008). Estudos relacionando intensidade de polimento e constituintes químicos do grão (Tabela 13) não são disponíveis na literatura.

Com exceção do amido, as concentrações dos principais constituintes do arroz diminuem da periferia para o centro do grão, devido à remoção de farelo. A intensificação do polimento (Tabela 13) pode remover a quase totalidade dos lipídeos e cinzas. Estes dados estão de acordo com os relatados por Tavares (1996), Heinemann et al. (2005) e Walter et al. (2008).

Dados sobre os teores protéicos em amostras comerciais de arroz, divulgados em tabelas de composição de alimentos, relatam valores percentuais de 7,0 a 8,3 para arroz integral e 6,3 a 7,3 para arroz branco polido, com pequenas oscilações nos teores de umidade (SCHERZ et al., 2000; USP, 2008).

O conteúdo de proteínas nos grãos varia muito com fatores genéticos, ambientais e manejo da cultura. Sua interação com o amido produz uma estrutura complexa que influencia diretamente sobre as propriedades mecânicas dos grãos, principalmente em relação à resistência a abrasividade do polimento (SINGH et al., 2000; SUJATHA et al., 2003).

Rombaldi (1988) encontrou no arroz integral um teor médio de cinzas de 1,2% e no branco, 0,4%, destacando que os minerais disponíveis no arroz desempenham funções nutritivas importantes, mesmo que em quantidades pequenas,.

Heinemann et al. (2005), avaliando cinco marcas comerciais de arroz, classe longo-fino, tipo 1, cultivadas no Sul do Brasil no ano de 2003, encontra diferenças na composição centesimal em grãos industrializados por diferentes formas de processamento de arroz branco e integral. Os valores percentuais, em base úmida, para os parâmetros lipídeos, proteínas, cinzas e fibras foram, respectivamente, 2,7; 6,9;

1,2 e 2,5 para arroz integral e 0,5; 6,7; 0,5 e 1,5 para arroz branco (polido). As variações são atribuídas às diferentes intensidades de polimento aplicadas nas indústrias.

Storck et al. (2005), estudando nove cultivares de arroz irrigado plantados no Rio Grande do Sul (RS), observam que o sistema de beneficiamento industrial (integral e branco) influencia na composição nutricional dos grãos. O arroz integral apresentou teores de matéria mineral, extrato etéreo e fibra total, significativamente mais elevados do que o arroz branco. O arroz branco apresentou maior proporção de amido e menores teores de proteína, gorduras e minerais.

Walter et al. (2008) relatam que o teor de amido em arroz integral de diferentes cultivares pode variar entre 72 e 82%, sendo afetado pelos diferentes sistemas de beneficiamento.

4.1.1.2 Peso de mil grãos e dimensões

Na Tabela 15 são apresentados resultados relacionados ao peso de mil grãos e às dimensões de arroz integral e branco, enquanto que na Tabela 16 são apresentados os resultados de quatro intensidades de polimento sobre o peso de mil grãos e as dimensões dos grãos de arroz branco.

Tabela 15. Efeitos do método de beneficiamento industrial sobre as dimensões e o peso de mil grãos de arroz*

Beneficiamento industrial convencional**	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso de 1000 grãos (g)
Arroz integral	7,2a	2,1a	1,9a	20,0a
Arroz branco	6,9b	1,9b	1,7b	18,4b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 16. Efeitos da intensidade de polimento sobre as dimensões e o peso de mil grãos de arroz branco*

Intensidade de polimento** (%)	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Peso de 1000 grãos (g)
7 a 9	7,1a	2,0a	1,7a	18,6a
9 a 11	6,8b	1,9a	1,7a	17,8b
11 a 13	6,7b	1,8a	1,6a	17,8b
13 a 15	6,7b	1,9a	1,6a	17,3b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Conforme pode ser observado na Tabela 15, o polimento diminui o peso de mil grãos em 8,0%, o comprimento em 4,2%, a largura em 9,5 e a espessura em 10,5%, em relação ao arroz integral.

O aumento da intensidade de polimento (Tabela 16) na faixa de 7 a 15% de remoção de farelo provoca diminuições significativas (5,1%) no peso de mil grãos e no comprimento (4,9%), enquanto que a largura e a espessura do arroz permanecem inalteradas.

Os resultados apresentados na Tabela 15 são compatíveis com os relatados pela literatura (MENEGETTI et al., 2005; ELIAS et al., 2007). Sobre os efeitos da intensidade de polimento nesses parâmetros (Tabela 16) não há registros.

Elias et al. (2007), trabalhando com os cultivares da classe de arroz longo-fino BR-IRGA 410 e EMBRAPA-6 encontraram resultados semelhantes aos descritos nas Tabelas 15 e 16. As dimensões para o arroz integral variaram entre 6,4mm a 7,3mm de comprimento; 2,1mm a 2,3mm de largura e 1,8mm a 1,9mm de espessura e o peso de mil grãos variou entre 18,8g a 21,1g. Para o arroz branco, os valores variaram entre 6,1mm e 6,4mm para o comprimento; 1,9mm e 2,0mm para a largura; 1,7mm e 1,8mm para a espessura e 17,2g e 19,2g para o peso de mil grãos.

Meneghetti et al. (2005) relatam que o polimento convencional, em comparação com o simples descascamento (arroz integral ou esbramado), provoca reduções intensas e significativas no peso de mil grãos e em suas dimensões, o que é justificado pela ação mecânica envolvida na operação de polimento, que tende a transformar o

grão num elipsóide. A diminuição no peso de mil grãos representa perdas significativas para a indústria arroseira.

4.1.1.3 Perfil branquimétrico

Na Tabela 17 são mostradas as medidas associadas ao perfil branquimétrico, utilizadas para avaliar e padronizar o beneficiamento industrial convencional, enquanto que na Tabela 18 estão apresentados efeitos da intensidade de polimento nos parâmetros do perfil branquimétricos, em grãos de arroz submetidos a quatro faixas de polimento.

Tabela 17. Efeitos do processo de beneficiamento sobre o perfil branquimétrico de grãos de arroz*

Beneficiamento industrial convencional**	Brancura (GBZ)	Transparência (GBZ)	Polimento (GBZ)
Arroz Integral	20,5b	1,0b	0,0b
Arroz branco	36,3a	2,4a	78,2a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

GBZ: Graus expressos em Branquímetro modelo Zaccaria

Tabela 18. Efeitos da intensidade de polimento nos parâmetros do perfil branquimétrico em grãos de arroz branco*

Intensidade de polimento** (%)	Brancura (GBZ)	Transparência (GBZ)	Polimento (GBZ)
7 a 9	32,5c	2,2c	58,6d
9 a 11	38,1b	3,0b	89,8c
11 a 13	39,9b	3,3a	96,0b
13 a 15	42,4a	3,2a	107,6a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$

GBZ: Graus expressos em Branquímetro modelo Zaccaria

De acordo com o que pode ser observado nos resultados das Tabelas 17 e 18, a operação de polimento e sua intensificação aumentam significativamente os parâmetros brancura e de transparência dos grãos de arroz. No intervalo de 9 a 13% de remoção de farelo, não há alteração significativa no parâmetro brancura (Br) dos grãos. O mesmo comportamento ocorre com o parâmetro transparência (Tr) no intervalo de 11 a 15% de polimento.

O aumento dos valores dos parâmetros do perfil branquimétrico, à medida que aumenta o grau de polimento nos grãos de arroz, pode ser associado à remoção de alguns nutrientes das camadas periféricas (Tabelas 11 e 13), principalmente os lipossolúveis e os minerais, que são os principais responsáveis por conferirem cor ao grão integral.

Embora reduza o valor nutricional, o aumento do grau de polimento parece favorecer a comercialização do grão branco polido, pois atende às exigências da maioria dos consumidores brasileiros, que preferem o produto mais branco e translúcido (GULARTE, 2002; MENEGHETTI et al., 2005; HEINEMANN et al., 2006; ELIAS et al., 2007).

4.1.1.4 Desempenho industrial

Na Tabela 19 são apresentadas as medidas de desempenho industrial em grãos de arroz integral e branco, enquanto na Tabela 20 são mostrados efeitos da intensidade de polimento sobre parâmetros de desempenho industrial em grãos de arroz.

Tabela 19. Efeitos do processo de beneficiamento sobre o desempenho industrial em grãos de arroz*

Beneficiamento industrial convencional**	Renda (%)	Rendimento de inteiros (%)	Grãos quebrados (%)	Defeitos (%)
Arroz Integral	77,0a	74,3a	2,8b	2,6b
Arroz branco	70,4b	64,0b	5,2a	3,5a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 20. Efeitos da intensidade de polimento sobre parâmetros de desempenho industrial em grãos de arroz branco*

Intensidade de polimento** (%)	Renda (%)	Rendimento de inteiros (%)	Grãos quebrados (%)	Defeitos (%)
7 a 9	70,8a	65,3a	5,0d	3,8a
9 a 11	69,5b	63,7b	5,6c	2,7b
11 a 13	67,7c	61,7c	6,1b	2,4b
13 a 15	66,9d	60,4d	6,4a	1,4c

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$

Conforme se observa na Tabela 19, a renda e o rendimento de grãos inteiros do arroz integral são maiores do que no arroz branco, em consequência de esses não serem submetidos à operação de polimento. Efeito contrário ocorre com os grãos quebrados e com os defeitos, que aumentam com a operação de polimento.

Observa-se na Tabela 20, que o aumento da intensidade do polimento provoca diminuições significativas na renda, no rendimento de grãos inteiros e no percentual de defeitos. Em contrapartida, há um aumento significativo dos percentuais de grãos quebrados, devido ao maior tempo de fricção e abrasão, sofridas pelos grãos, no brunidor.

Os resultados constantes da Tabela 19 são similares aos relatos da literatura (MENEGETTI et al., 2005; ELIAS et al., 2007), mas sobre efeitos da intensidade de polimento (Tabela 20) não há relatos.

Meneghetti et. al. (2005), variando o tempo de polimento em grãos de arroz da classe longo-fino, observaram que o aumento da intensidade de polimento diminui a incidência de defeitos, devido à remoção de defeitos das camadas periféricas, como manchados e /ou picados.

Há dispositivos legais que regem as análises de arroz para enquadrá-los segundo padrões de qualidade, encontrados nas Portarias Ministeriais, as quais fixam parâmetros, conceitos, normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz (ELIAS et al., 2007).

Conforme estabelece a Instrução Normativa nº 06, de 16 de fevereiro de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, os coeficientes de valoração para o arroz em casca, enquadrados na classe longo-fino, devem apresentar uma renda base de 68%, rendimento de grãos inteiros de 50% e 18% de grãos quebrados e/ou quirera, apurados depois do produto ser descascado e polido (BRASIL, 2009).

O preço pago ao produtor depende da qualidade física dos grãos, verificada após o beneficiamento, sendo que quanto maior for a percentagem de grãos inteiros, maior é o preço pago pelo arroz. A quebra dos grãos ocorre, principalmente, durante a secagem e as operações de descascamento e de brunimento. A maioria dos grãos quebrados durante o beneficiamento já apresentava fissuras antes da industrialização, decorrentes de alterações climáticas e ocorrências fitossanitárias na pré-colheita e efeitos operacionais de colheita e secagem, principalmente (ELIAS; FRANCO, 2006).

4.1.1.5 Perfil textuométrico

Na Tabela 21 são apresentados os parâmetros do perfil textuométrico das avaliações realizadas nas amostras de arroz integral e branco cozidos, enquanto que na Tabela 22 são apresentados efeitos da intensidade de polimento nos parâmetros do perfil textuométrico de grãos de arroz cozidos.

Tabela 21. Efeitos do processo de beneficiamento sobre o perfil textuométrico em grãos de arroz cozidos*

Beneficiamento industrial convencional**	Dureza (g)	Adesividade (g.s ⁻¹)	Coesividade
Arroz integral	3.337,1a	-13,9a	0,5a
Arroz branco	2.270,0b	-12,3b	0,5a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 22. Efeito da intensidade de polimento nos parâmetros do perfil textuométrico de grãos de arroz branco cozidos*

Intensidade de Polimento** (%)	Dureza (g)	Adesividade (g.s ⁻¹)	Coesividade
7 a 9	2.293,4a	-12,5a	0,5a
9 a 11	2.268,0a	-12,1a	0,5a
11 a 13	2.256,3a	-12,0a	0,5a
13 a 15	2.058,3b	-12,2a	0,5a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Observando-se os dados da Tabela 21 é possível verificar que os grãos integrais são mais duros e adesivos que os grãos brancos, sendo similares na coesividade.

A intensidade de polimento (Tabela 22) não altera significativamente os parâmetros adesividade e coesividade. A partir de 13% de intensidade de polimento o parâmetro dureza diminui significativamente.

Os resultados constantes da Tabela 21 são similares a outros relatos da literatura (CHAMPAGNE et al., 1998; LYON et al., 1999; PARK et al., 2001; MOHAPATRA e BAR, 2007). Sobre efeitos da intensidade de polimento (Tabela 22) não há relatos.

No polimento são removidos parte da proteína e grande parte dos lipídios, da fibra alimentar e dos minerais presentes nas camadas mais externas do grão, o que pode explicar a diminuição da dureza e da adesividade, uma vez que estes componentes, segundo Lyon et al. (1999), influenciam estes parâmetros.

Champagne et al. (1998) e Park et al. (2001) encontraram resultados semelhantes, obtendo reduções na dureza e na adesividade, havendo alta correlação entre a dureza avaliada no analisador de textura (TPA), a dureza sensorial e os teores de proteínas e lipídeos, à medida que se aumentava o grau de polimento em grãos de arroz.

Segundo Mohapatra e Bal (2007) a coesividade é o grau no qual o arroz deforma, desintegra-se ou quebra em compressão. Isso significa que, quanto mais

macio for o arroz, mais coeso será, não se separando com facilidade, como ocorre em grãos mais duros.

Champagne et al. (1998) encontraram resultados diferentes aos da Tabela 22, para o parâmetro coesividade, que aumentou conforme o polimento foi intensificado. Porém, Park et al. (2001) não encontraram diferenças significativas para valores de coesividade com o aumento do grau de polimento, o que faz supor que essas diferenças de comportamento podem ser atribuídas a diferenças na composição química entre as amostras estudadas por estes pesquisadores.

4.1.2 Qualidade de consumo

4.1.2.1 Atributos sensoriais

Na Tabela 23 aparecem os atributos sensoriais de grãos crus integral e branco, enquanto que na Tabela 24 aparecem resultados de análises realizadas em grãos submetidos a quatro diferentes intensidades de polimento. Nas Tabelas 25 e 26 são apresentados, na mesma ordem, os mesmos atributos, em grãos cozidos.

Nas quatro Tabelas (23 à 26) os julgadores avaliaram os atributos sensoriais segundo os termos descritos nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Tabela 23. Efeitos do processo de beneficiamento nos atributos sensoriais dos grãos integral e branco crus

Beneficiamento	Atributos sensoriais			
	Cor	Brilho	Odor	Aspecto
Arroz Integral	escura	opaco	forte	agradável típico
Arroz branco	branca típica	brilhoso típico	suave	agradável típico

*Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 24. Efeitos do processo de beneficiamento nos atributos sensoriais de grãos de arroz cozidos

Beneficiamento industrial convencional*	Atributos sensoriais					
	Cor	Brilho	Odor	Soltabilidade	Firmeza	Sabor
Arroz Integral	escura	bastante brilhoso	forte	solto e separado	duro	forte
Arroz branco	branca típica	brilhoso	suave	pouco aderido	típica	suave

*Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 25. Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros sensoriais em grãos de arroz branco crus

Intensidade de polimento*	Atributos sensoriais			
	Cor	Brilho	Odor	Aspecto
7 a 9	branca típica	brilhoso típico	suave	agradável típico
9 a 11	branca típica	brilhoso típico	suave	agradável típico
11 a 13	branca típica	brilhoso típico	suave	agradável típico
13 a 15	branca típica	brilhoso típico	suave	agradável típico

*[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Tabela 26. Efeitos da intensidade do polimento sobre parâmetros sensoriais em grãos de arroz branco cozidos

Intensidade de polimento*	Atributos sensoriais					
	Cor	Brilho	Odor	Soltabilidade	Firmeza	Sabor
7 a 9	branca típica	típico	suave	típica	típica	suave
9 a 11	branca típica	típico	suave	pouco aderido	típica	suave
11 a 13	branca típica	típico	suave	pouco aderido	típica	suave
13 a 15	branca típica	típico	suave	aderido	típica	suave

*[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Verifica-se pelos resultados da Tabela 23, que o grão de arroz integral cru difere sensorialmente do arroz branco cru, apresentando-se com cor escura, brilho opaco e odor forte. O grão de arroz branco cru possui cor e brilho típicos a branco, com odor

suave. Ambos os grãos foram avaliados como típicos de seu sub-grupo (BRASIL, 2009) no atributo aspecto, que foi enquadrado na classificação agradável.

Observando-se a Tabela 24 é possível verificar que o arroz integral cozido difere significativamente do arroz branco cozido em todos os atributos sensoriais, apresentando as seguintes características: grãos escuros, bastante brilhosos, com odor e sabor fortes, soltos, separados e duros. Tais diferenças podem ser atribuídas ao fato de possuírem maiores teores de lipídeos, proteínas e minerais em relação ao grão branco (Tabela 11). Os grãos de arroz brancos cozidos apresentaram cor e brilho típicos a branco, odor e sabor suaves, pouco aderidos e firmes (Tabela 26).

Os resultados apresentados na Tabela 24 são similares aos registros na literatura (CHANDIER, 1994; WINDHAM et al., 1997; LYON et al., 1999; GULARTE et al., 2005; MENEGHETTI et al., 2005; SLOAN, 2005). Efeitos da intensidade de polimento (Tabelas 25 e 26) não são relatados.

Embora o arroz integral seja mais nutritivo do que o arroz branco polido, suas características de sabor, textura, coloração escura, sabor acentuado e elevado tempo de cozimento, não representam a preferência da maioria dos consumidores, levando a indústria ao polimento excessivo.

De qualquer forma, devido às alegações de saúde, observa-se uma crescente procura pelo arroz integral e outros subgrupos de arroz com maior valor nutricional agregado, a exemplo do parboilizado, conforme relatam Meneghetti et al. (2005) e Sloan (2005).

Os grãos polidos crus pelo processo convencional, na faixa de 7 a 15% de remoção de farelo (Tabela 25), não diferiram significativamente entre si quanto aos atributos sensoriais, caracterizando-se com cor e brilho típicos a branco, odor suave e aspecto agradável típico, demonstrando que a intensidade de polimento não afeta os atributos sensoriais, pelo menos com remoções de farelo nos índices considerados. Já ao serem cozidos, esses atributos sofrem alterações.

Polimentos entre 9 e 15% (Tabela 26) não diferem significativamente quanto aos atributos sensoriais dos grãos branco cozidos, caracterizando-se com cor branca típica, brilhoso típico, pouco aderidos, firmeza típica e suaves típicos. Polimentos na faixa de

7 e 9% permitem maior soltabilidade, enquanto que polimentos entre 13 e 15% produzem grãos mais aderidos no cozimento, sem diferirem nos demais atributos.

Os atributos firmeza e soltabilidade estão intimamente associados ao teor de amilose, que influi nas qualidades culinárias de tal forma, que quanto maior for o seu teor, mais separados ficarão os grãos após a cocção, conforme relato de Chandier (1994).

A soltabilidade do arroz, atributo que mede o grau de coesão entre os grãos cozidos decorre, dentre outros fatores, de amido e proteína lixiviadas na fase de hidratação, durante o cozimento, que contribuem para a pegajosidade dos grãos. O teor de lipídeos exerce função tecnológica importante, uma vez que confere brilho e intensifica o sabor na cocção, agindo como lubrificante na mastigação, conforme relata Gularte (2002).

Uma avaliação conjunta dos resultados constantes das Tabelas 22 e 25 mostram diferenças em relação aos relatados por Windham et al. (1997) e Lyon et al. (1999), segundo os quais a textura e o comportamento de cocção do arroz são afetados pela operação de polimento e pela composição química dos grãos.

4.1.2.2 Parâmetros de cocção

Na Tabela 27 estão apresentados os resultados dos parâmetros de cocção dos grãos de arroz integral e branco, enquanto que na Tabela 28 são apresentados efeitos da intensidade de polimento do arroz branco sobre os mesmos parâmetros.

Tabela 27. Efeito do processo de beneficiamento sobre os parâmetros de cocção dos grãos de arroz*

Beneficiamento industrial convencional**	Rendimento gravimétrico (%)	Rendimento volumétrico (%)	Tempo (min)
Integral	269,2b	257,7b	28a
Branco	310,2a	308,5a	19b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 28. Efeito da intensidade de polimento nos parâmetros de cocção de grãos de arroz*

Intensidade de Polimento**	Rendimento gravimétrico (%)	Rendimento volumétrico (%)	Tempo (min)
7 a 9	321,1a	316,8a	19a
9 a 11	301,2b	302,3b	19a
11 a 13	302,3b	307,5b	19a
13 a 15	283,9c	291,5c	19a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Verifica-se, na observação dos resultados da Tabela 27, que os rendimentos gravimétrico e volumétrico dos grãos de arroz integral, foram significativamente menores em 13,2% e 16,5%, respectivamente, quando comparados com os grãos de arroz branco. O tempo de cozimento do arroz integral foi de 28 minutos, enquanto o tempo do arroz branco foi de 19 minutos, o que significa um aumento próximo a 50% de gastos com energia na cocção do arroz integral.

O tempo de cocção do arroz é definido como o tempo mínimo em que o grão se torna translúcido ou gelatinizado, quando colocado em água fervente.

Os resultados apresentados na Tabela 27 são similares aos relatos da literatura (MAIA et al., 1999 e GULARTE, 2002). Efeitos da intensidade de polimento (Tabela 28) não são relatados.

Grãos com altos teores protéicos resistem ao intumescimento do amido, impedindo sua desestruturação, causado pela complexação da amilose com a proteína, conduzindo a uma diminuição na absorção de água e, conseqüentemente, nos rendimentos gravimétrico e volumétrico, conforme relatam Maia et al. (1999) e Gularte (2002).

As diferentes intensidades de polimento (Tabela 28) não promoveram variação significativa no tempo de cozimento, porém, houve diminuição média de 10% nos demais parâmetros de rendimentos na cocção.

Segundo Gularte (2002), avaliando grãos de seis cultivares de arroz, beneficiados pelo processo convencional de arroz branco polido, observou que

amostras com baixos teores de amilose e altos teores de gordura apresentavam altos rendimentos volumétricos e grãos com altos valores de amilose causavam diminuição na absorção de água.

4.1.3 Perfil lipídico

A Figura 5 apresenta os cromatogramas (GC/FID) dos ésteres metílicos de uma amostra contendo padrões de ácidos graxos. Observa-se que, nas condições cromatográficas aplicadas, ocorreu uma resolução eficiente de treze ésteres de ácidos graxos contidos na mistura de padrões.

A Figura 6 apresenta os cromatogramas de uma amostra proveniente da derivatização do óleo de grãos de arroz moídos, submetidos à remoção de 7 a 9% de farelo na operação de polimento.

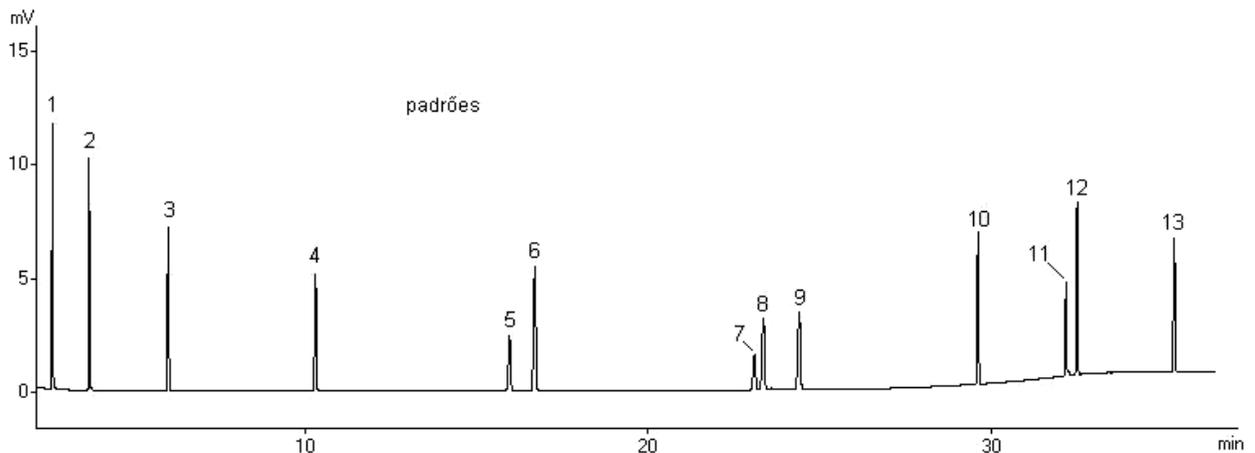


Figura 5: Cromatograma CG/FID da mistura de padrões dos ésteres metílicos dos ácidos graxos caprílico (1), cáprico (2), láurico (3), mirístico (4), palmitoléico (5), palmítico (6), linoléico (7), oléico (8), esteárico (9), araquídico (10), beênico (11), erúcico (12) e lignocérico (13).

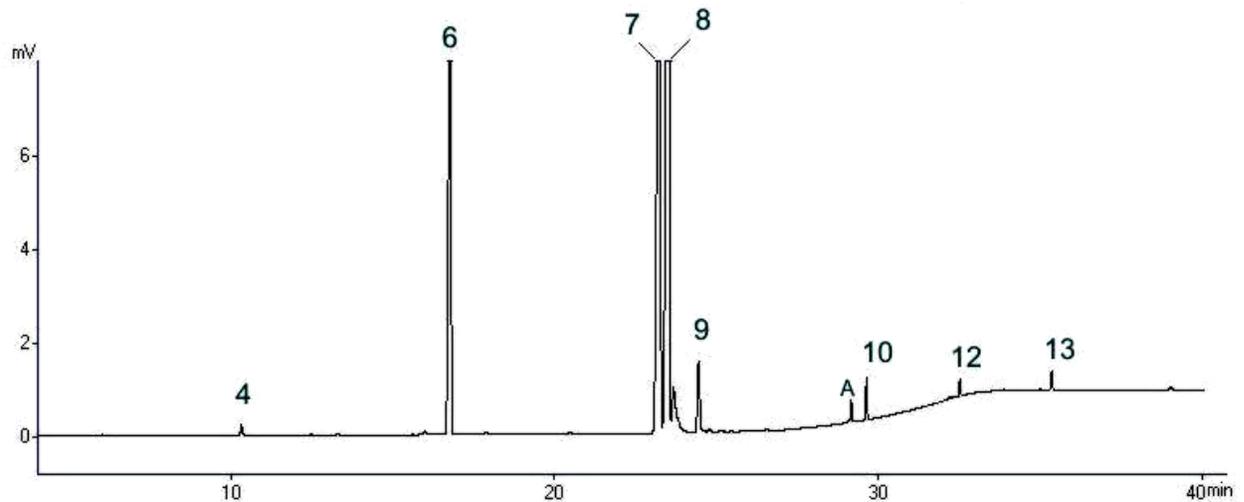


Figura 6: Cromatograma (GC/FID) dos ésteres metílicos provenientes da derivatização do óleo de grãos de arroz moídos, submetidos a uma intensidade de polimento entre 7 a 9%.

Em todos cromatogramas dos óleos extraídos dos grãos moídos de arroz integral e branco, submetido a diferentes intensidades de polimento, foram identificados, igualmente, oito ésteres metílicos distribuídos em cromatogramas semelhantes aos da Figura 5, correspondentes aos ácidos mirístico (4), palmítico (6), linoléico (7), oléico (8), esteárico (9), araquídico (10), erúcico (12) e lignocérico (13) e um éster (A) não identificado, devido ao fato de não se dispor desse padrão.

A Tabela 29 apresenta as concentrações dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, calculados em relação à área normalizada dos picos, para os grãos de arroz integral e branco, enquanto que na Tabela 30 são apresentados efeitos da intensidade de polimento nas concentrações dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, obtidos por derivatização do óleo de grãos de arroz submetidos ao polimento, com remoções de 7 a 15% de farelo.

Tabela 29. Efeito do processo de beneficiamento sobre a concentração dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, obtidos por derivatização do óleo de grãos de arroz*

Pico	Tempo de retenção (min)	Éster metílico do ácido (%)	Beneficiamento industrial convencional** (%)	
			Arroz integral	Arroz branco
1	02min 18seg	Caprílico	nd	nd
2	03min 38seg	Cáprico	nd	nd
3	05min 58seg	Láurico	nd	nd
4	10min 15seg	Mirístico	0,2A	0,3A
5	15min 54seg	Palmitoléico	nd	nd
6	19min 39seg	Palmítico	21,8A	21,5A
7	23min 04seg	Linoléico	35,3A	36,0A
8	23min 19seg	Oléico	38,5 A	37,8A
9	24min 22seg	Esteárico	2,4A	2,5A
10	29min 18seg	Araquídico	0,7A	0,8A
11	32min 09seg	Beênico	nd	nd
12	32min 52seg	Erúcico	0,3A	0,3A
13	35min 18seg	Lignocérico	0,4A	0,5A
Total de Ésteres Identificados (%)			99,6	99,7

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

nd: não detectado

Tabela 30. Efeito da intensidade de polimento na concentração (%) dos ésteres metílicos dos ácidos graxos, obtidos por derivatização do óleo de grãos de arroz branco*

Pico	Tempo de retenção	Éster metílico do ácido	Intensidade de polimento (%)**			
			7 a 9	9 a 11	11 a 13	13 a 15
1	02min 18seg	Caprílico	nd	nd	nd	nd
2	03min 38seg	Cáprico	nd	nd	nd	nd
3	05min 58seg	Láurico	nd	nd	nd	nd
4	10min 15seg	Mirístico	0,3A	0,3A	0,3A	0,3A
5	15min 54seg	Palmitoléico	nd	nd	nd	nd
6	19min 39seg	Palmítico	22,1A	20,9A	21,4A	22,3A
7	23min 04seg	Linoléico	37,0A	34,9A	35,8A	37,2A
8	23min 19seg	Oléico	35,9A	39,7A	38,5A	35,5A
9	24min 22seg	Esteárico	2,8A	2,1A	2,3A	2,7A
10	29min 18seg	Araquídico	0,7A	0,8A	0,7A	0,7A
11	32min 09seg	Beênico	nd	nd	nd	nd
12	32min 52seg	Erúcico	0,3A	0,4A	0,3A	0,3A
13	35min 18seg	Lignocérico	0,4A	0,5A	0,4A	0,5A
Total de Ésteres Identificado (%)			99,5	99,6	99,7	99,5

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$

nd: não detectado

Analisando-se os cromatogramas das Figuras 5 e 6, em conjunto com os dados das Tabelas 29 e 30, observa-se similaridades entre os perfis cromatográficos dos grãos integral e dos grãos polidos, independentemente da intensidade de polimento. Tal fato indica que os ácidos graxos presentes na fração lipídica dos grãos estão distribuídos uniformemente na cariopse, ainda que em quantidades diferentes, com redução das camadas mais externas para as mais internas, na comparação dos grãos de arroz integral e polido.

Do total dos ácidos graxos encontrados, 73,7% correspondem aos ácidos oléico e linoléico (insaturados) e 24,1% aos ácidos palmítico e esteárico (saturados). Juntas,

essas frações constituem cerca de 98,0% do total de ácidos graxos presentes nas amostras. As proporções relativas dos demais ácidos graxos, embora sejam qualitativamente importantes, quantitativamente são pouco expressivas.

Os resultados encontrados (Tabelas 29) são similares aos relatados na literatura (KIN et al., 1999; AMANTE; SILVA, 2005; ANWAR et al., 2005; GONÇALVES, 2007).

Resultados semelhantes foram encontrados por Gonçalves (2007), que observou semelhanças no perfil cromatográfico dos ésteres metílicos, dos ácidos graxos extraídos dos óleos de arroz integral e branco polido, utilizando colunas capilares de sílica fundida DB-5 e carbowax HP 20M. Nas frações derivatizadas houve distribuição uniforme dos ácidos graxos encontrados, com predomínio dos ácidos oléico e linoléico, seguidos do ácido palmítico.

Em estudo realizado por Anwar et al. (2005), sobre a composição do extrato hexânico de quatro variedades de arroz, foram quantificados o ácido oléico (36,7 a 42,7%), ácido linoléico (28,7 a 33,8%), ácido palmítico (14,9 a 20,0%), ácido mirístico (1,0 a 4,3%), ácido esteárico (2,6 a 7,5%) e ácido araquídico (1,0 a 3,0%). No óleo extraído do farelo do arroz, houve predomínio dos ácidos graxos insaturados oléico, linoléico e linolênico, e dos ácidos graxos saturados palmítico e esteárico.

4.1.4 Ácido Fólico

4.1.4.1 Identificação via cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas

A Figura 7 apresenta o espectro MS₃ da solução padrão de 50ng mL⁻¹ de ácido fólico.

Os fragmentos selecionados para a determinação, em modo MRM, para o íon precursor [M + H]⁺, de m/z 442, foram os produtos de m/z 313, 295 (mais intenso) e 269. O íon m/z 313, ao perder uma molécula de H₂O (massa atômica 18), produz o fragmento m/z 295 (Figura 7).

Resultados semelhantes foram encontrados por Stokes e Webb (1999), Nelson et al. (2006) e Martins Júnior et al. (2008), utilizando a técnica CLAE-EM/EM, no modo positivo e negativo e modo de aquisição MRM.

Martins Júnior et al. (2008) encontraram duas transições mais intensas para o íon precursor $[M + H]^+$ m/z 442,2, para a detecção do ácido fólico em amostras de farinha de trigo. Estas foram escolhidas para confirmá-lo e quantificá-lo: m/z 176,1 e m/z 295,1 (mais intenso).

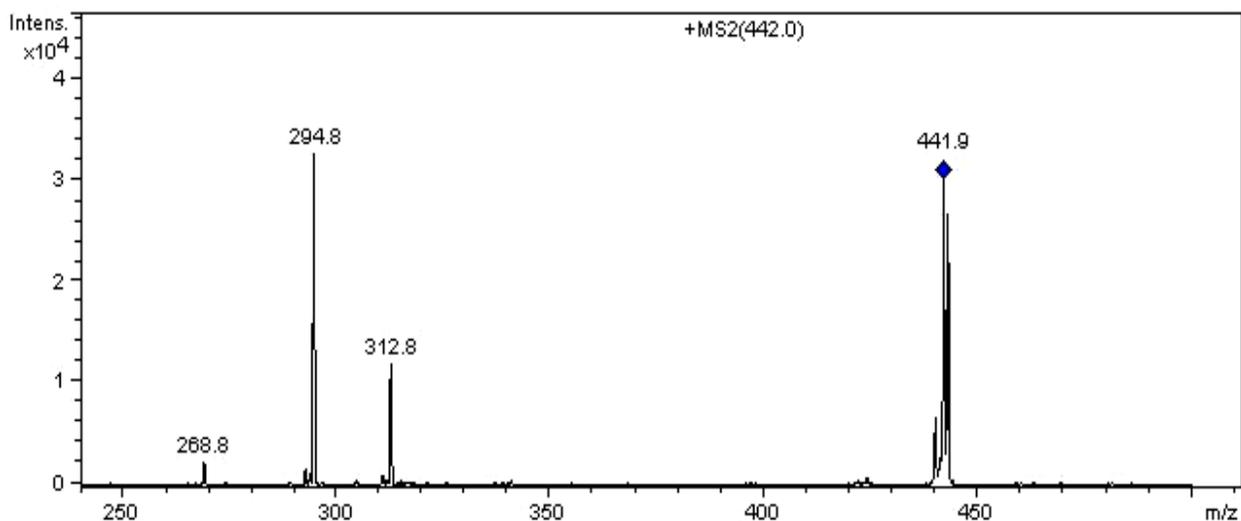


Figura 7: Espectro de massas (MS_3) da solução padrão de ácido fólico (50ng mL^{-1}), destacando o íon precursor $[M + H]^+$ e seus fragmentos.

As Figuras 8A e 8B apresentam os cromatogramas e os espectros MS_3 da solução padrão de ácido fólico (50ng mL^{-1}) e o extrato das amostras de arroz branco polido na faixa de 13 a 15%.

A similaridade dos cromatogramas e da intensidade dos espectros da solução padrão com amostras de arroz branco polido, na faixa de 13 a 15%, confirmam a presença de ácido fólico nos grãos, mesmo intensamente polidos.

Os testes confirmatórios também foram realizados nos grãos de arroz integral e branco com faixas de polimento entre 7 e 15%, os quais apresentaram cromatogramas semelhantes aos da Figura 8, diferindo apenas na intensidade (área) do pico cromatográfico.

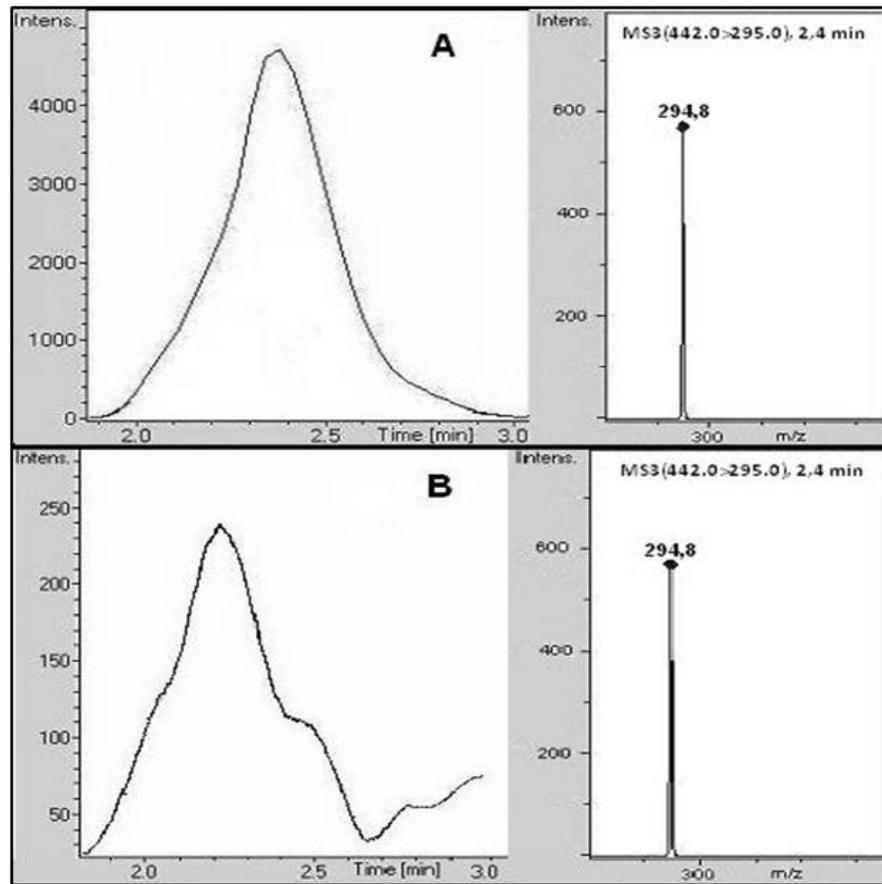


Figura 8. A: Cromatogramas (*“total ion chromatogram”-TIC*) da solução padrão de AF (50ng mL^{-1}) e seu respectivo espectro MS_3 ; B: Cromatograma (*“total ion chromatogram”-TIC*) do extrato obtido da amostra de arroz branco polido na faixa de 13% a 15% e seu respectivo espectro MS_3 (espectros ESI-MS, modo positivo).

4.1.4.2 Quantificação via cromatografia líquida de alta eficiência

A Tabela 31 apresenta os resultados encontrados para o teor de ácido fólico, via HPLC (CREPALDI; GODOY, 2005), em grãos de arroz integral e branco. Já a Tabela 32 apresenta efeitos da intensificação do polimento no teor de ácido fólico em grãos de arroz submetidos a quatro intensidades de polimento.

Tabela 31. Efeitos do processo de beneficiamento sobre o teor de ácido fólico em grãos de arroz*

Sub-grupo ²	Ácido fólico ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)
Arroz integral	188,0a
Arroz branco	45,6b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Tabela 32. Efeitos da intensidade de polimento no teor de ácido fólico em grãos de arroz branco*

Intensidade de Polimento** (%)	Ácido fólico ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)
7 a 9	52,2a
9 a 11	29,0b
11 a 13	27,6b
13 a 15	26,5b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$

Conforme pode ser observado nas Tabelas 31 e 32, a intensificação do polimento aumentou significativamente a perda de ácido fólico. Em relação aos grãos integrais, o polimento convencional causa uma perda média de 76% dessa vitamina. À medida que aumenta a intensidade de polimento, as perdas em relação ao conteúdo de ácido fólico aumentam, em média, para 86% do conteúdo inicial. Com isto, observa-se que a distribuição de ácido fólico, nos grãos de arroz, não é uniforme, concentrando-se mais na parte externa da cariopse.

O arroz possui uma extensa variedade de vitaminas, tanto lipossolúveis como hidrossolúveis, localizadas predominantemente na parte periférica da cariopse (pericarpo e embrião), que são removidas por ocasião do polimento. As características de consumo do arroz integral têm sido referidas como inferiores às do arroz polido, no entanto, o aumento no grau de polimento nem sempre resulta em melhor características de consumo, segundo trabalho relatado por Park et al. (2001).

Quando se trabalha com percentuais de remoção de farelo inferiores a 7%, os teores de ácido fólico, encontrados nos grãos de arroz, atendem à quantidade fortificada de 150µg de AF para cada 100 g de farinha de trigo, exigência estabelecida pela ANVISA em seu decreto lei de 13 de dezembro de 2002 (BRASIL, 2002).

Em vista disso, a possibilidade de utilizar cereais largamente disponíveis, como arroz, em substituição à farinha de trigo, na panificação e na indústria de massas, tem despertado interesse de pesquisadores em todo o mundo, porque reduz o custo da matéria-prima, além de agregar valor ao produto e aumentar suas propriedades nutracêuticas.

Visando obter maior brancura do arroz, agroindústrias intensificam as operações de brunimento e polimento, removendo as camadas mais periféricas dos grãos, melhorando a cor em relação à preferência do consumidor, mas reduzem nutrientes importantes para a alimentação, alterando também, as características físicas e dimensões dos grãos do arroz, conforme relatam Meneghetti et al. (2005).

As indústrias podem melhorar o desempenho industrial e o valor vitamínico se optarem por parboilização ou pelo enriquecimento com ácido fólico, na moagem de grãos quebrados sadios, utilizados na formulação de farinhas mistas contendo arroz.

O contínuo estudo da estabilidade do ácido fólico, frente ao processamento industrial e sua biodisponibilidade na ingestão alimentar, em vista da importância do estado do Rio Grande do sul na produção nacional, e a regulamentação da ANVISA (2002), poderão estimular o maior consumo deste cereal e seus derivados no Brasil, valorizando suas propriedades nutricionais e funcionais.

Poucos são os estudos que abordam o conteúdo de ácido fólico presente nos grãos de arroz. Amato e Silveira Filho (1991), Elias (1988), Müller (1999), Silveira (2000), Catharino et al. (2003), Crepaldi e Godoy (2005) citam apenas que há presença de vitaminas do complexo B, principalmente, de niacina e riboflavina.

Marshall e Wadsworth (1994), Rader et al. (2000), Konings et al. (2001) e Rychlik (2004) relatam sobre a concentração de ácido fólico apontando para uma concentração média de folato em arroz branco polido, variável de 3 a 21 µg 100g⁻¹ e de 8 a 56 µg 100g⁻¹ para o arroz integral.

As confirmações qualitativa (Figura 8) e quantitativa (Tabelas 31 e 32) da presença de ácido fólico nos grãos de arroz, por LC-MS/MS e HPLC/UV, respectivamente, em valores relativamente mais altos (de 26,5 a 188 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$) do que o relatado pela literatura especializada (MARSHALL; WADSWORTH, 1994; RADER, et al., 2000, KONINGS et al., 2001 e RYCHLIK, 2004), valoriza cada vez mais as qualidades nutritivas deste importante cereal.

4.2 Estudo 2 - Efeito do polimento e de sua intensificação sobre a resposta biológica de ratos *Wistar*

4.2.1 Ensaio biológico

4.2.1.1 Ganho de peso, consumo de dieta e o quociente de eficiência alimentar

São apresentados na Tabela 33 o ganho de peso, o consumo de dieta e o quociente de eficiência alimentar (CEA) de ratos *Wistar* alimentados com dietas experimentais à base de arroz integral e branco cozidos. Na Tabela 34, os mesmos parâmetros são analisados em grãos submetidos a diferentes intensidades de polimento.

Tabela 33. Efeitos do processo de beneficiamento sobre o ganho de peso, consumo de dieta e quociente de eficiência alimentar dos ratos alimentados durante 30 dias com dietas experimentais à base de arroz*

Dietas**	Ganho de peso (g)	Consumo da dieta (g)	CEA
Arroz integral	15,1b	542,0a	0,028b
Arroz branco	19,4a	543,0a	0,036a
Controle	19,3a	529,7a	0,036a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Controle: AIN-93M

CEA: quociente de eficiência alimentar

Tabela 34. Efeitos da intensidade de polimento sobre o ganho de peso, consumo de dieta e quociente de eficiência alimentar dos ratos alimentados durante 30 dias com dietas experimentais à base de arroz branco*

Dietas**	Ganho de peso (g)	Consumo da dieta (g)	CEA
7 a 9%	20,6a	547,3a	0,037a
9 a 11%	19,2a	546,2a	0,035a
11 a 13%	21,4a	533,0a	0,040a
13 a 15%	20,9a	538,6a	0,038a
Controle	19,3a	529,7a	0,036a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Controle: AIN-93M

CEA: quociente de eficiência alimentar

Conforme se observa na Tabela 33, a dieta com arroz integral possibilitou menor ganho de peso e quociente de eficiência alimentar nos ratos, mantendo um consumo de dieta semelhante em comparação as demais dietas. O menor quociente de eficiência alimentar mostra que a dieta com arroz integral apresentou menor eficiência no ganho de peso, ou seja, uma maior quantidade de alimento precisou ser ingerida para ganho de 1g de peso corpóreo.

A intensificação de polimento nas faixas de 7% a 15% (Tabela 34) não alterou de forma significativa o ganho de peso, consumo da dieta e o quociente de eficiência alimentar dos ratos, indicando que ela não altera a eficiência das dietas.

Helbig (2007), utilizando dietas com arroz branco polido de médio teor de amilose, encontrou maior consumo de dietas em relação à dieta AIN-93M, porém, na dieta de alto teor de amilose não houve diferença significativa. Para a conversão alimentar não encontrou diferenças significativas entre as dietas de baixa, média e alta amilose.

Em estudo semelhante, Denardin (2008) observou que ratos machos da cepa *Wistar* (peso de 59,2g) alimentados com dietas contendo arroz com baixo teor de amilose apresentaram maior ganho de peso e consumo médio do que os submetidos à alimentação com arroz de teores de amilose intermediário e alto.

4.2.1.2 Massa e enzimas hepáticas

São apresentados na Tabela 35 a massa hepática e o percentual de massa hepática de ratos *Wistar* alimentados com dietas à base de arroz integral e branco cozidos. Na Tabela 36 aparecem os efeitos da intensidade de polimento sobre os mesmos parâmetros.

Tabela 35. Efeitos do processo de beneficiamento sobre a massa hepática e o percentual de massa hepática dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz*

Dietas**	Massa hepática (g)	% Massa hepática
Arroz integral	11,7a	2,9a
Arroz branco	12,0a	2,6a
Controle	11,5a	2,6a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)
Controle: AIN-93M

Tabela 36. Efeitos da intensidade de polimento sobre a massa hepática e o percentual de massa hepática dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz branco*

Dietas**	Massa hepática (g)	% Massa hepática
7% a 9%	12,5a	2,7a
9% a 11%	12,2a	2,6a
11% a 13%	12,0a	2,8a
13% a 15%	11,3a	2,6a
Controle	11,5a	2,6a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

** $[1 - (\text{peso do arroz polido} / \text{peso do arroz integral})] \times 100$
Controle: AIN-93M

Conforme se observa na Tabela 35, não ocorreram diferenças significativas entre a massa dos fígados dos ratos alimentados com as rações à base de arroz integral e polidos (valor médio de 11,9g) e a massa hepática dos animais alimentados com a dieta controle (11,5g). A relação percentual entre a massa dos fígados e o peso final dos ratos não apresentou diferença significativa entre os grupos experimentais, tendo como

valor médio 2,7%. A intensificação da remoção de farelo dos grãos (Tabela 36) não interfere nesses parâmetros.

Os resultados encontrados estão de acordo com Lameiro (2008), cujos valores médios encontrados foram de 10,5g de fígado e 2,9% de massa hepática, quando trabalhou com farinhas de trigo suplementadas com vitaminas B3 e B6.

Helbig (2007) encontrou valores médios de 10,8g de fígado e 3,1% de massa hepática de ratos adultos alimentados com dietas experimentais à base de arroz branco polido e parboilizado e Denardin (2008) encontrou 3,7% de massa hepática em ratos *Wistar* alimentados com dietas à base de arroz branco polido de alta amilose.

São apresentados na Tabela 37 os níveis plasmáticos das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (ALP) e alanina aminotransferase (ALT) dos ratos *Wistar* alimentados com dietas experimentais à base de arroz integral e branco cozidos. Na Tabela 38 são apresentados efeitos da intensidade de polimento sobre os níveis plasmáticos dessas enzimas.

Tabela 37. Efeitos do processo de beneficiamento sobre os níveis plasmáticos das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (ALP) e alanina aminotransferase (ALT) dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz*

Dietas**	ALP (U/L)	ALT (U/L)
Arroz integral	39,5a	25,0a
Arroz branco	38,9a	26,1a
Controle	39,5a	25,2a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Controle: AIN-93M

ALP: enzima fosfatase alcalina

ALT: enzima alanina aminotransferase

Tabela 38. Efeitos da intensidade de polimento sobre os níveis plasmáticos das enzimas hepáticas fosfatase alcalina (ALP) e alanina alanina aminotransferase (ALT) dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz branco*

Dietas**	ALP (U/L)	ALT (U/L)
7% a 9%	39,2a	26,2a
9% a 11%	37,8a	28,0a
11% a 13%	39,8a	28,8a
13% a 15%	39,7a	24,6a
Controle	39,5a	25,2a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Controle: AIN-93M

ALP: enzima fosfatase alcalina

ALT: enzima alanina alanina aminotransferase

Conforme se observa nas Tabelas 37 e 38 não houve diferença significativa entre os níveis plasmáticos das enzimas ALP e ALT, das dietas à base de arroz, em relação à dieta controle.

Valores semelhantes de níveis plasmáticos para as enzimas ALT e ALP foram encontrados por Haragushi et al. (2009), em estudo de suplementação de creatina, em dietas para ratos *Wistar*, a fim de avaliar o metabolismo e a morfologia hepática. No referido experimento foram encontrados valores de ALP entre 31,4 U/L a 39,5 U/L e de ALT 18,6 U/L a 30,8 U/L, considerados não indicativos de toxicidade hepática.

As enzimas ALT e ALP servem como indicadores específicos para diagnosticar possíveis danos hepatocelulares e hepatobiliares, pois são lançadas na corrente sanguínea quando há aumento na taxa metabólica do fígado, segundo relatam os trabalhos de Osaki et al. (1995), Fukatsu (2001) e Haraguchi et al. (2009).

4.2.1.3 Massa, volume, lipídeos e nitrogênio fecais

São apresentados na Tabela 39 a massa, o volume, os lipídeos e o nitrogênio fecais excretados pelos ratos *Wistar* alimentados com dietas experimentais à base de arroz integral e branco cozidos. Na Tabela 40 são apresentados valores desses

parâmetros em ratos alimentados com dieta à base de grãos de arroz branco obtidos em diferentes intensidades de remoção de farelo no polimento das cariopses.

Tabela 39. Efeitos do processo de beneficiamento sobre a massa, volume, lipídeos e o nitrogênio fecais excretados pelos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz cozido*

Dietas**	Massa fecal (g)	Volume fecal (mL)	Lípídeo fecal (mg 100g ⁻¹)	Nitrogênio fecal (g 100g ⁻¹)
Arroz integral	18,8a	42,1a	1743,6a	2,7a
Arroz branco	16,0b	32,6b	1060,4b	2,7a
Controle	15,1b	31,2b	842,5c	1,5b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Controle: AIN-93M

Tabela 40. Efeitos da intensidade de polimento sobre a massa, o volume, os lipídeos e o nitrogênio fecais excretados pelos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz branco cozido*

Dietas**	Massa fecal (g)	Volume fecal (mL)	Lípídeo fecal (mg 100g ⁻¹)	Nitrogênio fecal (g 100g ⁻¹)
7% a 9%	18,3a	38,1a	1070,6a	2,6a
9% a 11%	15,1b	29,0b	1058,2a	2,9a
11% a 13%	15,0b	31,5b	1162,5a	2,7a
13% a 15%	14,4b	28,5b	1066,2a	2,7a
Controle	15,1b	31,2b	842,5b	1,5b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Controle: AIN-93M

Conforme se observa na Tabela 39 as excreções de massa, volume, lipídeo e nitrogênio, dos ratos alimentados com dieta à base de arroz integral, foram significativamente superiores às excreções fecais dos ratos alimentados pela dieta controle, respectivamente, em valores próximos a 25%, 35%, 107% e 80%.

As dietas contendo arroz branco, em comparação à dieta controle, produziram nos ratos excreções fecais de massa e volume semelhantes, porém, foram significativamente superiores nos teores de lipídeos (26%) e no nitrogênio (80%).

Ratos alimentados de dietas com arroz integral excretaram mais massa, volume e lipídeos fecais do que os alimentados com dietas contendo arroz branco, com superioridade de, aproximadamente, 18%, 29% e 64%, respectivamente.

Na Tabela 40 observa-se que as excreções de massa e volume fecais dos ratos, que consumiram a dieta com arroz polido na faixa de 7 a 9%, foram significativamente maiores, respectivamente, em 23% e 27%, em relação às dietas controle e com faixa de polimento de 9 a 15%.

A massa e o volume fecal excretados pelos ratos não diferiram estatisticamente, quando estes se alimentaram com as dietas controle e de arroz branco polido, nas faixas de 9% a 15%. Por outro lado, independentemente da faixa de polimento, as excreções de lipídeos e nitrogênio fecais foram superiores, respectivamente, em 29% e 80% às excreções da dieta controle.

Resultados semelhantes são relatados por Helbig (2007), que encontrou maior excreção de lipídeos e colesterol fecais em ratos alimentados com dietas contendo arroz branco polido de média e alta amilose, comparando com a dieta AIN-93M.

As diferenças evidenciadas nas excreções de massa, volume, lipídeos e nitrogênio fecais (Tabelas 39 e 40) podem ser decorrentes da maior quantidade de fibras contidas no arroz integral e no arroz branco polido na faixa de 7 a 9% (Tabelas 11 e 13), uma vez que seus efeitos fisiológicos estão intimamente relacionados à proporção das frações insolúvel e solúvel.

Raupp et al. (2002), estudando respostas biológicas de ratos alimentados com bagaço de mandioca hidrolisado e fibra de trigo observaram que, quando acrescida à dieta uma dose igual a 25% dessas fontes fibrosas, ocorreram arrastes de minerais, proteínas e carboidratos digestíveis pelas fezes.

Em estudo realizado com nove cultivares de arroz (integral e branco), recomendados para o plantio no RS, na safra de 2002/2003, Storck et al. (2005) observaram que, do total de fibras, em média, o arroz integral possui 76% de fibra insolúvel e 24% de fibras solúveis. No arroz branco polido não foram encontradas diferenças significativas entre os teores de fibra solúvel e insolúvel. Ainda neste estudo, comparando os processos de beneficiamento, foi constatado que o arroz integral possui

maior teor de amido resistente (3,5%), enquanto o arroz branco polido, possui maior teor de amido digerível (84,5%).

Rombeau (2004) afirma que quanto maior for o teor de amido resistente na dieta, mais substrato estará disponível para a fermentação, o qual, ao atingir o cólon, será fermentado pela flora bacteriana, resultando na produção de ácidos orgânicos que reduzem o pH e aumentam a excreção de massa bacteriana nas fezes, indiretamente mensurada pelo nitrogênio.

O nitrogênio necessário para o crescimento bacteriano ótimo é fornecido pelas proteínas não digeridas no intestino delgado, pelas proteínas endógenas ou pela uréia sanguínea transferida para o ceco, havendo uma troca da excreção de nitrogênio da urina para as fezes, o que pode auxiliar no controle de doença renal crônica, segundo relatos de Demigné et al. (1980), Younes et al. (1995) e Denardin (2008).

As fibras solúveis são constituídas, em sua maior parte, por pectinas, gomas e certas hemiceluloses, e são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo intestinal e, em alguns casos, pela diminuição do colesterol plasmático. As fibras insolúveis são constituídas por celulosas, algumas pectinas e grande parte das hemiceluloses e lignina. São responsáveis pelo aumento do volume do bolo fecal, pela diminuição do tempo de trânsito intestinal no intestino grosso e pela regularização da eliminação fecal. Essas fibras retêm grandes quantidades de água e são úteis para as pessoas com constipação intestinal e fezes ressecadas, porque causam um efeito laxativo, conforme relatam Gould et al. (1989), Easwood (1992), Mattos e Martins (2000) e Maffei (2004).

De acordo Fernandes et al. (2006), em decorrência da ação da fibra solúvel em seqüestrar ácidos biliares no duodeno, a excreção dessas substâncias aumenta nas fezes, o que diminui a quantidade que chega ao fígado pela via entero-hepática. Segundo Baghurst et al. (1996), o aumento da excreção fecal é importante para prevenir constipação e hemorróidas, e aumentar o substrato ao crescimento bacteriano. Com isto, ocorre um aumento na produção e na concentração de produtos potencialmente protetores e uma diluição na concentração de compostos potencialmente tóxicos.

Estudos como os de Eastwood (1992) e Walter (2005) comprovam que o maior consumo de amido resistente em dietas aumenta a excreção fecal, devido à resistência do amido à digestão e seu efeito sobre a microbiota presente no ceco e intestino grosso.

Os resultados das Tabelas 39 e 40 sugerem que dietas à base de arroz integral e branco, com baixo grau de polimento (até 9%), regularizam a excreção fecal, aumentando a massa e o volume excretado, favorecendo o desempenho das funções intestinais. O mesmo efeito não foi constatado para as dietas contendo arroz branco com intensidade de polimento superior a 9%

4.2.1.4 Glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis plasmáticos

São apresentados na Tabela 41 as dosagens plasmáticas de glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis dos ratos *Wistar* alimentados com dietas experimentais à base de arroz integral e branco cozidos. Na Tabela 42 são apresentados resultados dos mesmos parâmetros, em estudo com arroz submetido a diferentes intensidades de polimento.

Tabela 41. Efeitos do processo de beneficiamento sobre os níveis plasmáticos de glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis de ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais à base de arroz cozido*

Dietas**	Glicose (mg dL ⁻¹)	Proteína (g dL ⁻¹)	Colesterol (mg dL ⁻¹)	Triacilgliceróis (mg dL ⁻¹)
Arroz integral	95,8b	5,6a	43,6b	64,3b
Arroz branco	102,8a	5,8a	49,8a	65,0b
Controle	106,0a	5,7a	49,8a	78,4a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**Instrução Normativa 06/09 (Brasil, 2009)

Controle: AIN-93M

Conforme se observa na Tabela 41 os ratos submetidos à dieta com arroz integral apresentaram uma diminuição plasmática de 9,6% de glicose, 12,5% de colesterol e 18,0% de triacilgliceróis, em comparação com animais alimentados com a

dieta controle. O mesmo não ocorreu com os níveis de proteínas, que se mantiveram significativamente semelhantes.

Ratos alimentados com a dieta de arroz branco apresentaram 17,1% a menos de triacilgliceróis plasmáticos, do que aqueles alimentados com a dieta controle. Ainda nesta comparação, quanto aos níveis plasmáticos de glicose, proteína e colesterol, não houve diferenças significativas (Tabela 41).

As dietas à base de arroz integral provocam diminuição plasmática de 6,8% e 12,4%, respectivamente, nos níveis plasmáticos de glicose e colesterol dos ratos em comparação à dieta com arroz branco. Porém, não alteram os níveis plasmáticos de proteínas e triacilgliceróis (Tabela 41).

Tabela 42. Efeitos da intensidade de polimento sobre os níveis plasmáticos de glicose, proteína, colesterol e triacilgliceróis dos ratos alimentados durante 30 dias com as dietas experimentais*

Dietas**	Glicose (mg dL⁻¹)	Proteína (g dL⁻¹)	Colesterol (mg dL⁻¹)	Triacilgliceróis (mg dL⁻¹)
7 a 9%	97,4b	5,8a	43,7b	66,0b
9 a 11%	100,2b	5,7a	44,3b	64,0b
11 a 13%	101,7b	5,4a	44,8b	65,5b
13 a 15%	101,5b	5,9a	44,7b	64,3b
Controle**	106,0a	5,7a	49,8a	72,3a

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença, a 5% de significância pelo Teste de Tukey, para média de três determinações do mesmo parâmetro para cada grupo de seis ratos.

**[1 – (peso do arroz polido / peso do arroz integral)] x 100

Controle: AIN-93M

Os resultados da Tabela 42 permitem observar que não há diferenças significativas entre conteúdos plasmáticos de glicose, proteína e colesterol dos ratos alimentados com as dietas experimentais à base de arroz polido, nas faixas de 7 a 15% e quando comparados à dieta controle. O mesmo não ocorreu com o nível plasmático de triacilgliceróis, que sofreu uma diminuição significativa de, em média, 9,5%, na comparação à dieta controle.

Helbig (2007) comparou os níveis plasmáticos de colesterol total e triacilgliceróis de ratos machos *Wistar*, alimentados com dietas preparadas à base de arroz branco polido, com a dieta controle AIN-93M. Em seu estudo não encontrou diferença

significativa nos níveis plasmáticos de colesterol e triacilgliceróis dos animais alimentados com a dieta de alta amilose, porém, constatou uma diminuição nesses níveis, com o uso das dietas com arroz de médio e baixo teor de amilose.

Segundo estudo realizado por Denardin (2008), a concentração de glicose sanguínea no jejum de ratos machos *Wistar*, alimentados com arroz de intermediário e baixo teores de amilose, foi menor, quando comparada com os animais alimentados com arroz de alta amilose. Efeito contrário encontrou nos níveis de glicose pós-prandial após 15 minutos de monitoramento da resposta glicêmica, explicada pela digestibilidade mais lenta da amilose comparada com a amilopectina.

Pesquisas como as realizadas por Zavarini et al. (1989) e Denardin (2008), relacionam a elevada concentração de glicose sanguínea como sendo o principal determinante do aumento de colesterol e triacilgliceróis sanguíneos, o que influencia na progressão de doenças coronárias e do diabetes tipo 2.

A Sociedade Brasileira de Cardiologia (2001), em suas diretrizes sobre dislipidemias e aterosclerose e a American Diabetes Association (2006) relacionam altos níveis de glicose sanguínea, após jejum noturno de 12 horas, como indicador de diabetes melito e altos níveis séricos de triglicérides e/ou colesterol total, como indicativos de dislipidemia. Tais doenças, associadas à hipertensão arterial sistêmica, obesidade e tabagismo são consideradas como fatores de risco para as doenças cardiovasculares, conforme SILVA (2006).

Oliveira e Sichieri (2003) e Fernandes et al. (2006) relatam que a adição de fibras solúveis e insolúveis na alimentação de ratos e humanos promove a redução dos níveis séricos de colesterol, triacilgliceróis e lipídeos totais, evidenciando as propriedades hipolipidêmicas das fibras.

Silva et al. (2003) relatam que uma dieta restrita em lipídeos pode diminuir as concentrações de colesterol sérico de 5 a 10%, enquanto a inclusão de alimentos ricos em fibras solúveis na dieta pode apresentar uma diminuição de 20 a 30%. Para Derivi et al. (2002), as fibras solúveis reduzem a hiperglicemia pós-prandial e a taxa secretória de insulina em indivíduos diabéticos, uma vez que formam um gel no lúmen intestinal, atuando como barreiras à absorção de glicose.

Dietas preparadas à base de arroz com diferentes graus de polimento (7 a 15%) diminuem o índice plasmático de triacilgliceróis. Porém, dietas á base de arroz integral diminuem não somente os níveis de triacilgliceróis, como também os níveis plasmáticos de glicose e colesterol. Esta capacidade mais acentuada das dietas à base de grão integral provavelmente está associada ao seu elevado teor de fibras solúveis e insolúveis, a menor digestibilidade de seu amido e sua maior capacidade de causar excreção de lipídeos fecais, regulando excessos de triacilgliceróis e colesterol no sangue.

5 CONCLUSÕES

5.1. Em comparação com o arroz integral, na produção industrial de arroz branco, ocorrem reduções dos teores de lipídeos, proteínas, minerais e fibras, bem como dos parâmetros comprimento, largura, espessura e peso de mil grãos, renda e rendimentos industriais, dureza, adesividade e tempo de cocção dos grãos, com aumentos dos graus de brancura e transparência, teores de grãos quebrados, visualização de defeitos, conteúdos de amido e amilose, e dos rendimentos gravimétricos e volumétricos na cocção, não se alterando a coesividade.

5.2. Na produção de arroz branco, a intensificação do polimento reduz os teores de minerais e lipídeos, o comprimento e o peso de mil grãos, a incidência defeitos, renda e rendimentos industriais, aumentando os graus de brancura e transparência e a incidência de grãos quebrados, não alterando os conteúdos de proteínas, fibras e amilose, a largura, a espessura, a adesividade e a coesividade dos grãos.

5.3. O grão de arroz branco cru é mais brilhoso e tem odor mais suave do que o integral cru, e a intensificação do polimento não altera esses atributos, que se mantêm com cor branca típica, brilhoso e odor suave. Na cocção, os grãos de arroz branco ficam menos brilhosos, mais aderidos e suaves do que os grãos de arroz integral, e a intensificação do polimento diminui a soltabilidade dos grãos cozidos, sem alterar os demais atributos sensoriais do arroz branco.

5.4. O polimento, independentemente de sua intensidade, não altera o perfil da fração lipídica do arroz, com predomínio dos ácidos insaturados oléico e linoléico, que representam quase o triplo da concentração dos ácidos saturados palmítico e esteárico.

5.5. O arroz é uma importante fonte de ácido fólico, cuja concentração é maior no grão integral, havendo diminuição gradativa de sua quantidade à medida que é intensificado o polimento, na industrialização de arroz branco.

5.6. Em comparação com dietas à base de arroz branco, na alimentação de ratos *Wistar*, as dietas com arroz integral provocam menores ganhos de peso, reduções dos níveis plasmáticos de glicose e colesterol, com maiores excreções de massa, volume e lipídeos fecais, enquanto que a intensificação do polimento diminui apenas a massa e o volume fecais.

6 REFERÊNCIAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. **Aproved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9^a. ed. St. Paul, 1995.
- ADA. American Diabetes Association: diagnosis and classification of diabetes mellitus 2006. **Diabetes Care**; v.29, p.S43-S48, 2006.
- ADOM, K. K.; LIU, R. H. Antioxidant activity of grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v.50, n.21, p. 6182-6187, 2002.
- AMANTE, E. R.; SILVA, M. A. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. **Journal of Food Engineering**, 2005.
- AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **Parboilização do arroz**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2005, 160 p.
- AMATO, G. W.; SILVEIRA, S. **Parboilização de arroz no Brasil**. Porto alegre: Cientec, 1991, 91 p.
- 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
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº. 344, de 13 de dezembro de 2002. **Regulamento técnico para fortificação das farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico**. Diário Oficial da União, dez. 2002.
- ANWAR, F.; ANWER, T.; MAHMOOD, Z. Methodical characterization of rice (*Oryza sativa*) bran oil from Pakistan. **Grasas y Aceites**, v.56, n.2, p.125-134, 2005.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis the AOAC International**. 16.ed. Washington D.C: Ed. CUNNIFF, P.A., v.2, 1995.
- AUSMAN, L. M.; RONG, N.; NICOLOSI, R. J. Hypocholesterolemic effect of physically refined rice bran oil: studies of cholesterol metabolism and early atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.16, p.521-529, 2005.

BAGHURST, P. A.; BAGHURST, K. I.; RECORD, S. J. Dietary fiber, non-starch polysaccharides and resistant starch – a review. **Food Australia**, v.48, n.3, p.S3-S35, 1996.

BARATA, T. S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: Um estudo na região metropolitana de Porto Alegre**. 2005. 91p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERGER, A.; REIN, D.; SCHAFFER, A.; MONNARD, I.; GREMAUD, G.; LAMBELET, P.; BERTOLLI, C. Similar cholesterol-lowering properties of rice bran oil, with varied gamma-oryzanol, in mildly hypercholesterolemic men, **European Journal of Nutrition Heidelberg**, v.44, n.3, p.163-173, 2005.

BLIGH E.; DRYER, J. A. A rapid method of total extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v.34, n.4, p.557-563, 198659.

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

BOUIS, H. E. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? **Proceedings of the Nutrition Society**, v.62, n.2, p.403-411, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Regulamento técnico referente a óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial da União**, Brasília, Resolução 482, 1999.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Resolução – RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002. Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de dezembro de 2002.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009. Regulamento Técnico do Arroz, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, p.3, 17 fev. de 2009.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ ACS, 2009a, 308 p.

BRODY, T. **Nutritional biochemistry**. Hawai: Academic Press, 1994, 658 p.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999, 30 p.

CATHARINO, R. R.; GODOY, H. T. **Desenvolvimento e validação de metodologia analítica para determinação de folatos em alimentos**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CATHARINO, R. R.; VISENTAINER, J. V.; GODOY, H. T. Avaliação das condições experimentais de CLAE na determinação de ácido fólico em leites enriquecidos. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.23, n.3, p.389-395, 2003.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Recommendations for the use of folic acid to reduce the number of cases of spina bifida and other neural tube defects. **MMWR Recommendations and Reports**. v.41, (RR-14), p.1-7, 1992.

CHAMPAGNE, E. T.; LYON, B. G.; MIN, B. M.; VINYARD, B. T.; BETT, K. L. et al. Effects of postharvest processing on rice texture profile analysis. **Cereal Chemistry**, v.75, p.181-186, 1998.

CHANARIN, I. Folate and cobalamin. **Clinics Hematology**, v.14, n.3, p.629-641, 1985.

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

CHIARELLO, R. J.; RIOS, C. E.; PEREIRA, S. E. Avaliação subjetiva global de crianças de 1 a 4 anos de idade durante suplementação diária com fonte alimentar vegetal de Ômega-3. **Revista do Instituto de Ciências e da Saúde**, v. 23, n.1, p.25-34, 2005.

CHOUDHURY, N. H; JULIANO, B. Effect of amilose content on the lipids mature rice grain. **Phytochemistry**, v.19, n.7, p.1385-1389, 1980.

CICERO, A. F. G.; GADDI, A. Rice oil and gama-orizanol in treatment of hyperlipoproteinemias and other conditions. **Phytotherapy Research**, Bognor Regis, v.15, p.277-289, 2001.

COFFMAN, W. R.; JULIANO, B. O. Rice. In: Olson, R. A.; Frey, K. J. Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement. Madison: **American Society of Agronomy**, cap. 5. p.101-131, 1987.

CORRIA, V. Deficiência de ácidos grasos esenciales en el feto y en el recién nacido pretérmino. **Revista Cubana de Pediatría**. n.73, p.43-50, 2001.

CORTES, E.; GONZALEZ, C.; BETANCOURT, M.; ORTIZ, R. Assessment of DNA damage in spleen, bone marrow, and peripheral blood from malnourished rats by single cell gel electrophoresis assay. **Teratogenesis, Carcinogenesis and Mutagenesis**. v.21, n.3, p.231-247, 2001.

CREPALDI, P. F.; GODOY, H. T. Validação de metodologia por cromatografia líquida de alta eficiência para a determinação de ácido fólico em arroz enriquecido. 6^o. **Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos**, São Paulo: Campinas, 2005. 1 CD-ROM.

CZEIZEL, A. E. Nutritional supplementation and prevention of congenital abnormalities. **Current Opinion in Obstetrics and Gynecology**. n.7, p.88–94, 1995.

CZEIZEL, A. E.; DUDAS, I. Prevention of the first occurrence of neural-tube defects by periconceptional vitamin supplementation. **The New England of Journal Medicine**. n.327, p.1832-5, 1992.

DANIELSKI, L.; ZETZL, C.; HENSE, H.; BRUNNER, G. A process line for the production of raffinated rice oil from rice bran. **Journal of Supercritical Fluids**. v.34, p.133-141, 2005.

DECKERE, E. A. M., KORVER, O. Minor constituents of Rice bran oil as Functional Foods. **Nutrition Reviews**. n.54, p.120S-126S, 1996.

DEMIGNÉ, C.; RÉMÉSY, C.; RAYSSIGUIER, Y. Effect of fermentable carbohydrates in volatile fatty acids, ammonia and mineral absorption in the rat caecum. *Reprod. Nutrition Development*. v. 20, p.1351-1359, 1980.

DENARDIM, C. C. **Influência do teor de amilose e beneficiamento do arroz na resposta biológica de ratos**. Santa Maria, UFSM, 2008. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Influência do beneficiamento na composição mineral de farelo de arroz. In: **Anais do IV Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado**. v.2, p. 376-378, 2005.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P.; STORCK, C. R.; NÖRNBERG, J. L. Mineral composition of brown, parboiling and white rice cultivars. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v.15, n.2, p.125-130, 2004.

DERIVI, S. C. N. et al. Efeito hipoglicêmico de rações à base de berinjela (*Solanum melongena*, L.) em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n.2, p.164-169, 2002.

DEVLIN, T. M. **Manual de bioquímica com correlações clínicas**. 1.ed. Ed. Edgard Blücher, 1997.

EASWOOD, M. A. The physiological effect of dietary fiber: and update. **Annual Review of Nutrition**. v.12, n.1, p.19-35, 1992.

EGGUM, B. O. et al. The resistant starch, undigestible energy and undigestible protein contents of raw and cooked milled rice. **Journal of Cereal Science**. v.18, p.159-170, 1993.

EK, J.; MAGNUS E. M. Plasma and red cell folate during normal pregnancy. **Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica**. n.60, p.247–251, 1981.

ELIAS, M. C. ; DIAS, A. R. G. ; DIONELLO, R. G. ; OLIVEIRA, M. **Análises e Controle de Qualidade de Grãos**. In: Moacir Cardoso Elias. (Org.). Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos. 1.ed. Pelotas: Santa Cruz, v.1, p.141-174, 2008.

ELIAS, M. C. ; OLIVEIRA, M. ; ELIAS, S. A. A. ; DIAS, A. R. G. ; ANTUNES, P. L. ; VAN DER LAAN, L. F. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. 1.ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPEL, v.1. p.424, 2007.

ELIAS, M. C. **Espera para secagem e tempo de armazenamento na qualidade de arroz para semente e indústria**. Pelotas, UFPel, 1988. 164 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1988.

ELIAS, M. C.; FRANCO, D. F. **Pós-Colheita e Industrialização de Arroz**. In: Magalhães Júnior, A. M.; Gomes, A. S.; Santos, A. B. Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil. 1 ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, v.1, p.229-240, 2006.

EMBRAPA ARROZ/ E FEIJÃO. **Sócioeconomia**. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/apps/socioeconomia/index.htm>>. Acesso em: set. 2009.

FAO. Food And Agriculture Organization. **Statistical Databases**. Disponível em: <<http://www.fao.org.br>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

FDA. Food standards: amendment of standards of identity for enriched grain products to require addition of folic acid. **Federal Register**, 61: p.8781-8791, 1996.

FERNANDES, L. R. et al. Efeito da goma guar parcialmente hidrolisada no metabolismo de lipídeos e na aterogênese de camundongos. **Revista de nutrição**, Campinas, v.19, n.5, p.563-571, 2006.

FITZPATRICK, A. Folate (folic acid): implications for health and disease. **Agrofood Industry** hi-tec special highlight: Folic Acid. p.4545-4548, 2003.

FOKKEMA, M. R.; MEIJER, W. M.; DE JONG-VAN DEN BERG, L. T. W. Benefits and concerns regarding folic acid fortification. **Nederlands Tijdschrift voor Klinische Chemie en Laboratoriumgeneeskunde**. v.30, n.3, p.218-223, 2005.

FREI, M.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Studies on in vitro starch digestibility and the glycemic index of six different indigenous rice cultivars from the Philippines. **Food Chemistry**. v.83, p.395-402, 2003.

FUKATSU T. Alkaline phosphatase. Rinsho Byori. **The Japanese of Clinical pathology**. (Suppl) v.116, p.27-35, 2001.

GONÇALVES, P. R. **Influência da temperatura da água na operação de encharcamento sobre a fração lipídica do arroz parboilizado**. Pelotas, UFPel, 2007. 74 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 2007.

GONZÁLEZ, C.; NÁJERA, O.; CORTÉS, E. et al. Hydrogen peroxide-induced DNA damage and DNA repair in lymphocytes from malnourished children. **Environmental of Molecular Mutagenesis**. v.39, n.1, p.33-42, 2002.

GOODMAN, L. S., GILMAN, A. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 10.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004.

GOULD, J. M. et al. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods - Properties of alkaline peroxide-treated lignocellulose. **Cereal Chemistry**. v.66, n.3, p.201-295, 1989.

GULARTE, M. A. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos**. Pelotas: Edigraf UFPEL, 2002, 59p.

GUPTA, H. P. Rice bran offers India na oil source. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. v.65, n.5, p.620-623, 1989.

GUY, P. A.; ROYER, D.; MOTTIER, P.; GREMAUD, E.; PERISSET, A.; STADLER, R. H. Quantitative determination of chloramphenicol in milk powders by isotope dilution liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**. n.1054, p. 365, 2004.

HARAGUCHI, F. K. et al. Influência das proteínas do soro sobre enzimas hepáticas, perfil lipídico e formação óssea de ratos hipercolesterolêmicos. **Revista de Nutrição** [online]. v.22, n.4, p.517-525, 2009.

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.

HEINEMANN, R. J. B; FAGUNDES, P.L.; PINTO, E.A.; PENTEADO, M.V.C.; LANFER-MARQUEZ, U.M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, 18: p.287-296, 2005.

HELBIG, E. **Efeitos do teor de amilose e da parboilização do arroz na formação do Amido resistente e nos níveis glicêmico e lipêmico de ratos wistar *Wistar***. Pelotas, UFPel, 2007, 107 p. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

HELBIG, E.; ROMANO, C. M.; RADUNZ, A. L.; RUTZ, D.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Efeitos da amilose e do processamento na formação e estabilidade do amido resistente em arroz. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.10, n.4, p.296-301, 2007.

HOFFPAUER, D. W. Enrichment update on folic acid. **Cereal Foods World**, v.4 p.365-367, 1998.

HORNSTRA, G. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and health benefits. Neuilly-sur-seine: **Nutriscience Roche Vitamins**, 2002.

HOSENEY, R. C. Principles of cereal science and technology. 2 edition. Edited by Hosenev: **C. American Association of Cereal Chemists**, USA, 1994.

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 Cereal Science**. v.40, p.231-237, 2004.

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz – Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action=noticia_detalhe&id=3043> Acesso em: 20 dez. 2009.

ITANI, T.; TAMAKI, M.; ARAI, E.; HORINO, T. Distribution of amylose, nitrogen and minerals in Rice kernels with various characters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n.50, p.5326-5332, 2002.

JASTREBOVA, J.; WITTHÖFT, C.; GRAHN, A.; SVENSSON, U.; JAGERSTAD, M.; **Food Chemistry**. n.80, p.579, 2003.

JENKINS, JA. D. et al. Índice glicêmico: Resumo das implicações na saúde e na doença. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.76, n.1, 266S - 273S, 2002

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R. y KAUFFMAN, H. E. Mejoramiento del Arroz. Cali, Colombia. **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, CIAT, 1981, 233 p.

JULIANO, B. O. **Rice in Human Nutrition**. FAO, Home. Disponível em: <<http://www.fao.org/inpho/content/documents//vlibrary/t0567e/t0567e00.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2009.

JULIANO, B.O. **Rice: Chemistry and Technology**. USA: AACC, 1985, 774 p.

JULIANO, C.; COSSU, M.; ALAMANNI, M. C.; PIU, L. Antioxidant activity of gamma-oryzanol: mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. **International of Journal Pharmaceutics**. v.299, n.1-2, p.146-154, 2005.

KAOSA-ARD, M.; JULIANO, B. O. Assessing rice quality characteristics and prices in selected international markets. in: Rice Grain Marketing and Quality Issues. Selected Papers from the International Rice Research Conference. **International Rice Research Institute**, Los Baños, Laguna, Philippines, p.25-35, 1991.

KAYSER, V. H.; RUCATTI, E.G; OLIVEIRA, C. F.; MELO, G. S. Exportação: soltando as amarras. **Lavoura Arrozeira**, Porto alegre. v.54 (439), p.6-12, 2006.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, V.N. Nutritional Contribution of Rice: impact of biotechnology and biodiversity in Rice-consuming countries. **The International Rice Commission** – Twentieth Session, Bangkok, 2002.

KIM, H. J; LEE, S. B; PARK, K. A; HONG, I. K. Characterization of extraction and separation of rice bran oil rich in EFA using SFE process. **Separation Purification Technology**. v.15, p.1-8, 1999.

- KIM, W. K.; CHUNG, M. K.; KANG, N. E.; MYUNG, H. K.; PARK, O. J. Effect of resistant starch from corn and rice on glucose control, colonic events, and blood lipid concentration in streptozotocin-induced diabetic rats. **The Journal of Nutrition Biochemistry**. v.14, p.166-172, 2003.
- KONINGS, E. J. M., ROOMANS, H. H. S., DORANT, E., GOLDBOHN, R. A. SARIS, W. H. M. Folate intake of the dutch population according to newly established liquid chromatography data for foods. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.73, p.765-776, 2001.
- LAMBERTS, L.; BIE, E. D.; VANDEPUTTE, G. E.; VERAVERBEKE, W. S.; DERYCKE, V.; MAN, W. D.; DELCOUR, J. A. Effect of milling on color and nutritional properties of rice. **Food Chemistry**. v.100, p.1496–1503, 2007.
- LAMEIRO, M. **Colesterol em ratos alimentados com farinhas suplementadas com vitaminas B3 e B6**. Pelotas, UFPel, 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 2007.
- LANDERS, P. S.; GBUR, E. E; SHARP, R. N. Comparison of two models to predict amylose concentration in rice flours as determined by spectrophotometric assay. **American Association of Cereal Chemists**. v.68, n.5, p.545-548, 1991.
- LEE, J. W.; LEE, S. W.; KIM, M. K.; RHEE, C; KIM, I. H.; LEE, K. W. Beneficial effect of the unsaponifiable matter from rice bran on oxidative stress in vitro compared with α -tocopherol. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v.85, p.493-498, 2005.
- LEHTI K. K. Stillbirths rates and folic acid and zinc status in low-socioeconomic pregnant women of Brazilian Amazon. **Nutrition**. v.9, n.2, p.156–158, 1993.
- LIMA, H. T.; SAUNDERS, C.; RAMALHO, A. Ingestão dietética de folato em gestantes do Município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Saúde Maternal Infantil**. v.2, p.303-11, 2002.
- LYON, B. G.; CHAMPAGNE, E. T.; VINYARD, B. T.; WINDHAM, W. R. et al. Effects of Degree of Milling, Drying Condition, and Final Moisture Content on Sensory Texture of Cooked Rice. **Cereal Chemistry**. v.76, n.1, p.56-62, 1999.

- MAFFEI, H. V. L. Constipação crônica funcional. Com que fibra suplementar? **Jornal de Pediatria**, v.80, n.3, p.167-168, 2004.
- MAIA, L. H.; WANG, S. H.; ASCHERI, J. L. R.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, M. S. Viscosidade de pasta, absorção de água e índice de solubilidade em água dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3, set/dez, 1999.
- MARCO, C.; PÉREZ, G.; LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. Effect of transglutaminase on protein eletrophoretic pattern of rice, soybean, and rice-soybean blends. **Cereal Chemistry**, v.85, n.1, p.59-64, 2008.
- MARSHAL, W. E.; WADSWORTH, J. I. **Rice Science and Technology**. New York, USA: Marcel Dekker, 1994.
- MARTINEZ, C. Y.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guia del estudio**. Cali: CIAT. 1989, 75p.
- MARTINS JÚNIOR, H. A. et al. Determinação de resíduos de cloranfenicol em amostras de leite e mel industrializados utilizando a técnica de espectrometria de massas em "tandem" (CLAE-EM/EM). **Química Nova** [online]. v.29, n.3, p.586-592, 2006.
- MARTINS JÚNIOR, H. A. WANG, A. Y.; ALABOURDA, J.; PIRES, M. A. F.; VEGA, O. B.; LEBRE, D.T. A Validated method to quantify folic in wheat flour samples using liquid chromatography – Tandem mass spectrometry. **Journal Brazilian Chemistry Society**. v.19, n.5, p. 971-977, 2008.
- MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. 3ª Ed., Fortaleza: Edições UFC, 2007, p.148.
- MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de saúde pública**, São Paulo, v.34, n.1, p.50-55, 2000.
- MCCASKILL, D.; ZHANG, F. Use of Rice bran oil in Food. **Food Technology**, Chicago, v.53, n.2, p.50-52, 1999.

MCDONALD, S. D. et al. The prevention of congenital anomalies with periconceptional folic acid supplementation. **Journal of Obstetrics Gynecology**. v.25, n.2, p.115–121, 2003.

MCNULTY, H. Folate requirements for health in different population groups. **British Journal of Biomedical Science**. n.52, p.110–119, 1995.

MEDLINEPLUS. Enciclopédia em español. **Espina bífida (grados de severidad)**.

Disponível em:

http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/19087.htm>Acesso em: jan. 2009.

MELO, G. J. de O. A importância do ácido fólico para o desenvolvimento embrionário e seu papel protetor de ocorrência de gestações afetadas pelos defeitos do tubo neural fetal. **Cadernos Interdisciplinares: Saúde Tecnologia e Questão Social**. ano 1, n.1, v.1, 2004.

MENEGHETTI, V. L.; OLIVEIRA, M.; MARTINS, I. G.; OLIVEIRA, L. C.; FAGUNDES, C. A. A. F.; ELIAS, M. C. Drasticidade de polimento em parâmetros de desempenho industrial de grãos de arroz branco. In: **Anais do II Simpósio Sul-Brasileiro de Qualidade de Arroz**. v.1, p.623-628, 2005.

MEZZOMO, C. L. S. et al. Prevenção de defeitos do tubo neural: prevalência do uso da suplementação de ácido fólico associados em gestantes na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.11, p.2716-2726, 2007.

MOHAN, B. H., GOPAL, A., MALLESHI, N. G., THARANATHAN, R. N. Characteristics of native and enzymatically hydrolyzes ragi (*Eleusine coracana*) and rice (*Oryza sativa*). **Carbohydrate Polymers**, n.59, p.43-50, 2005.

MOHAPATRA, D.; BAL, S. Effect of degree of milling on specific energy consumption, optical measurements and cooking quality of rice. **Journal of Food Engineering**. v.80, p.119–125, 2007.

MRCVIT, S. R. G. Prevention of neural tube defects: results of the Medical Research Council Vitamin Study. **MRC Vitamin Study Research Group**. *Lancet*; n.338, p.131-137, 1991.

MÜLLER, M. M. **Comportamento hidrotérmico do arroz na operação de encharcamento para parboilização**. Pelotas, UFPel, 1999. 31 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1999.

MULLER, R. Acido fólico na prevenção dos defeitos de fechamento de tubo neural. **Pediatria Moderna**. n.35, p.815-817, 1999.

NABESHIMA, E.; ATIA EL-DASH, A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, América do Sul, 2005.

NELSON, B. C.; SHARPLESS, K. E.; SANDER, L. C. Quantitative determination of folic acid in multivitamin/multielement tablets using liquid chromatography/tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**. n.1135, p.203–211, 2006

OLIVEIRA, M. C.; SICHIERI, R.; MOURA, A. S. Weight loss associated with a daily intake of three apples or three pears among overweight women. **Nutrition**, n.19, p.253-256, 2003.

OLNEY, R. S.; MULINARE, J. Trends in neural tube defect prevalence, folic acid fortification, and vitamin supplement use. **Seminars in Perinatology**. n.26, p.277-285, 2002.

ORTIZ, R.; CORTES, E.; GONZALEZ, C.; PEREZ, L. Betancourt M: Micronucleus frequency in spleen lymphocytes from severely malnourished rats during lactation. **Environmental and Molecular Mutagenesis**. v.26, n.1, p.55-59, 1995.

OZAKI, M.; FUCHINOUE, S.; TERAODA, S; OTA, K. The in vivo cytoprotection of ascorbic acid against ischemia/reoxygenation injury of rat liver. **Archives of Biochemistry and Biophysics**. v.318, n.2, p.439-445, 1995.

PADULA, G.; SALCEDA, S. A.; SEOANE, AI. Protein-energy malnutrition contributes to increased structural chromosomal alteration frequencies in Argentinean children. **Nutrition Reserch**. v.29, n.1, p.35-40, 2009.

PARK, J. K.; KIM, S. S.; KIM, K. O. Effect of Milling Ratio on Sensory Properties of Cooked Rice and on Physicochemical Properties of Milled and Cooked Rice. **Cereal Chemistry**. v.78, n.2, p.151-156, 2001.

PAWLAK, D.B. et al. High glycemic index starch promotes hypersecretion of insulin and higher body fat in rats without affecting insulin sensitivity. **Journal of Nutrition, Bethesda**, v.131, p.99-104, 2001.

PENNEY, L.; SMITH, A.; COATES, B.; WIJEWICKREME, A. Determination of Chloramphenicol Residues in Milk, Eggs, and Tissues by Liquid Chromatography/Mass Spectrometry. **Jounal AOAC International**. v.88, p.645, 2005.

PEREIRA, J. A. **Cultura do Arroz no Brasil**: subsídios para sua história. Embrapa Meio-norte, 1.ed., 2002.

PERRETTI, G; MINIATI, E; MONTANARI, L; FANTOZZI, P. Improving the value of rice by-products by SFE. **Journal of Supercritical Fluids**. v.26, p.63-71, 2002.

PESTANA, V. R. ; ZAMBIAZI, R. C. ; MENDONÇA, C. R. B. ; BRUSCATTO, M. H.; LERMA, G. M..J. ; RAMIS-RAMOS, G. . Quality Changes and Tocopherols and Gama Orizanol Concentrations in Rice Bran Oil During the Refining Process. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 85, p. 113-119, 2008.

RADER, J. I.; WEAVER, C. M.; ANGYAL, G. Total folate in enriched cereal grain products in the United States following fortification. **Food Chemistry**, v.70, p.275-289, 2000.

RAUPP, D. S. et al. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Journal of the Science of the Food and Agriculture**. Piracicaba, v.59, n.2, p.235-242, 2002.

RAYBURN W. F.; STANLEY J. R. & GARRETT M. E. Periconceptional folate intake and neural tube defects. **Journal of the American College of the Nutrition**. v.15, n.2, p.121–125, 1996.

- REEVES, P. G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY, G. C. Ain-93 Purified Diets for Laboratory Rodents - Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the Ain-76a Rodent Diet. **Journal of Nutrition**. v.123, n.11, p.1939-1951, 1993
- RODRIGUES, C. E. C.; ONOYAMA, M. M.; MEIRELLES, A. J. A. Optimization of the rice bran oil deacidification process by liquid-liquid extraction. **J. Food Eng.** 73 (4) 370-378, 2006.
- ROMBALDI, C. V. **Condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade industrial do arroz**. Pelotas, UFPel, 1988. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1988.
- ROMBEAU, J. L. Investigations of short-chain fatty acids in humans. **Clinical Nutrition Supplements**. v.1, p.19-23, 2004.
- ROSELL, C. M.; BRITES, C.M. PÉREZ, E.; GULARTE, M. Arroz. In: LEÓN, A.E. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en iberoamérica**. Córdoba: Hugo Baéz Editor, 2007, p.123-160.
- ROTH-MAIER, D. A.; KETTLER, S. I.; KIRCHGESSNER, M. Availability of vitamin B6 from different food sources. **International Journal of Food Sciences Nutrition**. v.53, n.2, p.171-179, 2002.
- RUKMINI, C; RAGHURAM, T.C. Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil: an review. **Journal of the American College of Nutrition**. v.10, n.6, p.593-601, 1991.
- RYCHLIK, M. Revised folate content of foods determined by stable isotope dilution assays. **Journal of Food Composition and Analysis**, n.17, p.475-483, 2004.
- SANTOS, L.; BARBOSA, J.; CASTILHO, M. C.; RAMOS, F.; RIBEIRO, C. A. F.; SILVEIRA, M. I. N. Determination of chloramphenicol residues in rainbow trouts by gas chromatography–mass spectrometry and liquid chromatography–tandem mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta**. n.529, p.249, 2005.

SCAVARIELLO, E. M. S. **Modificação química e enzimática da borra de neutralização de farelo de arroz**. Campinas, 2002. 143 p. Tese de doutorado – Faculdade de Engenharia de alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

SCAVARIELLO, E. M. S.; ARELLANO, D. B. γ -Oryzanol: un importante componente del aceite de salvado de arroz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.48, n.1, p.7-12, 1998.

SCHERZ, H.; SENSER, F. SOUCI, S. W. **Food composition and nutrition tables**. 6.ed. Boca Raton; CRC Press, Medpharm, 2000, 1182 p.

SCHMEITS, B. L.; COOK, J. A.; VANDERJAGT, D. J.; MAGNUSSEN, M. A.; BHATT, S.K.; BOBIK, E.G.; HUANG, Y.S.; GLEW, R.H. Fatty acid composition of the milk lipids of women in Nepal. **Nutrition Research**. v.19, p.1339-1348, 1999.

SCOTT, J. et al. The role of folate in the prevention of neural-tube defects. **Proceedings of Nutrition Society**. v.53, p.631– 636, 1994.

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

SILVA, F. L. **Análise competitiva do segmento de produção de arroz irrigado da cadeia agroindustrial do arroz no Rio Grande do Sul**. 2004. 101p.Trabalho de conclusão de curso (MBA em Gestão da Informação no Agronegócio) – Universidade Federal de Juiz de Fora.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, R. M.; JÚNIOR, P. C. A. Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.33-41, 2003.

SILVA, M. A. M. et al. Efeitos das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue de ratos (*Rattus norvegicus*) WistarWistar. **Ciências e Agrotecnologia de Lavras**. v.27, n.6, p.1321-1329, 2003.

SILVA, T. C. B. F. **Influência da obesidade e da doença arterial coronária nos níveis séricos de estrona nas mulheres na pós-menopausa.** São Paulo, USP, 2006. 80p. Tese (Doutorado em Cardio-Pneumologia) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2006.

SILVEIRA, R. S. **Manejo da temperatura do ar na secagem estacionária e efeitos no desempenho industrial e nas propriedades funcionais do arroz.** Pelotas, UFPel, 2000. 40p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 2000.

SIMOPOULOS, A. P. et al. Workshop on the essentiality of a recommended dietary intakes of omega-6 and omega-3 fatty acids. **Journal of American College of Nutrition.** v.18, p.487, 1999.

SINGH, V.; OKADOME, H.; TOYOSHIMA, H.; ISOBE, S.; OHTSUBO, K. Thermal and physicochemical properties of rice grain, flour and starch. **Journal of Agriculture and Food Chemistry.** v.48, p.2639-2647, 2000.

SLOAN, A. E. Wholly grains! **Food Technology.** Chicago, v.59, n.6, p.16, 2005.

SMITHELLS, R. W.; SHEPPARD, S.; SCHORAH, C. J.; SELLER, M. J.; NEVIN, N. C.; HARRIS, R. et al. **Possible prevention of neural-tube defects by periconceptual vitamin supplementation.** Lancet. v.2, n.1, p.339-340, 1980.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Diretrizes brasileiras sobre dislipidemias e diretriz de prevenção de aterosclerose do departamento de aterosclerose da sociedade brasileira de cardiologia. **Arquivos brasileiros de cardiologia.** v.77, p.4-8, 2001.

SORENSEN, L. K.; ELBAEK, T. H. Determination of Chloramphenicol in Bovine Milk by Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry.; HANSEN, H. **Journal of AOAC International.** v.86, p.703, 2003.

STATISTICA. **Statistica for windows.** Version 6.1. Tulsa: Statsoft, 2007.

STOKES, P.; WEBB, K. Analysis of some folate monoglutamates by high-performance liquid chromatography-mass specrometry. **Journal of Chromatography A.,** v.864, p.59-57, 1999.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Process influence on nutritional composition of rice grains. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v.16, n.3, p.259-264, 2005.

SUGANO, M.; TSUJI, E. Rice bran oil and cholesterol metabolism. VIIth Asian Conference of Nutrition: Lipid Symposium Proceedings Supplement in **The Journal of Nutrition**, v.127, p.521S-524S, 1997.

SUJATHA, S. J.; AHMAD, R.; BHAT, P.R. Physicochemical properties and cooking qualities of two varieties of raw and parboiled rice cultivated in the coastal region of Dakshina Kannada, India. **Food Chemistry**, 2003.

TAJIMA, M., HORINO, T., MAEDA, M.; ROK SON, J. Maltooligosaccharides extracted from outer-layer of rice grain. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**. v.39, n.10, p.857–861, 1992.

TAKINO, M.; DAISHIMA, S.; NAKAHARA, T. Determination of chloramphenicol residues in fish meats by liquid chromatography–atmospheric pressure photoionization mass spectrometry. **Journal Chromatography A**. v.1011, p.65-67, 2003.

TAVARES, A.F. S.; **Polimento, composição e propriedades funcionais de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Pelotas, UFPel, 1996. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas, 1996.

TRAN, T. U.; SUZUKI, K.; OKADOME, H.; HOMMA S.; OHTSUBO, K. Analysis of the tastes of brown rice and milled rice with different milling yields using a taste sensing system. **Food Chemistry**. v.88, p.557–566, 2004.

TRUGO, N. M. F. et al. Folate and iron status of non-anemic women during pregnancy: effect of routine folate and iron supplementation and relation of erythrocyte folate with iron stores. **Nutrition Reserch**. v.16, p.1267–1276, 1996.

UNITED STATES INSTITUTE OF MEDICINE. Dietary reference intakes. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Washington, D.C: **National Academic Press**. p.196-305, 1998.

US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Food standards: amendment of the standards of identity for enriched grain products to require addition of folic acid. **Federal Register**. v.61, p.8781-8797, 1996.

USP. Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Destaques. Tabela Brasileira de alimentos. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>>. Acesso em: 20 de nov. 2008.

VALENZUELA, A. B.; NIETO, S. K. Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. **Review Children Pediatrics**. 2003; 74:149-57.

WALTER, M. **Metodologias de quantificação e resposta metabólicas em ratos**. Santa Maria, UFSM, 2005. 164 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.

WILLET, W. C. **Diet and health: what should we eat?** Science, Washington, v.264, n.5158, p.532-537, 1994.

WILSON, T. T.; AUSMAN, L. M.; LAWTON, C. W.; HEGSTED, M.; NICOLOSI, R. J. Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: beyond fatty acids. **Journal of the American College of Nutrition**. v.19, n.5, p.601-607, 2000.

WINDHAM, W. R.; LYON, B. G.; CHAMPAGNE, E. T.; BARTON, F. E.; WEBB, B. D.; MCCLUNG, A. M.; MOLDENHAUER, K. A.; LINScombe, S.; MCKENZIE, K. S. Prediction of cooked rice texture quality using near infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. **Cereal Chemistry**. v.74, p.626-632, 1997.

XU, Z; HUA, N.; GODBER, J. S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis (2-metil propionamida) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.49, p.2077-2081, 2001.

YOUNES, H. et al. Resistant starch exerts a lowering effect on plasma urea by enhancing urea N transfer into the large intestine. **Nutrition Research.**, v. 15, p. 1199-1210, 1995.

ZAVARINI, I.; BONORA, E.; PAGLIARA, M. Risk factors for coronary artery disease in healthy persons with hyperinsulinaemia and normal glucose tolerance. **The New England Journal of Medicine.** v.320, p.702-706, 1989.

ZHAI, C. K.; ZHANG, X. Q.; SUN, G. J; LORENZ, K. J. Comparative study on nutritional value of Chinese and North American wild rice. **Journal of food composition and analysis**, v.14. p.371-382, 2001.

7 ANEXOS

Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA)



Pelotas, 19 de agosto de 2008.

De: Prof. Dr. Francisco Augusto Burkert Del Pino
Pres. da Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA)

Para: Prof. Jander Luis Fernandes Monks

PARECER

A CEEA analisou o projeto de pesquisa intitulado “**Beneficiamento Do Arroz Sobre Parâmetros Físico-Químicos e Metabólicos em Ratos**” protocolo (32/07) e, é **FAVORÁVEL** a sua execução considerando ser o assunto pertinente e a metodologia compatível com o objetivo proposto.

Atenciosamente


Prof. Francisco Augusto Burkert Del Pino
Presidente da CEEA

Anexo 2 – Curva de calibração para determinação de ácido fólico via HPLC