

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FERNANDA SALAMONI BECKER

**CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS CRUAS E
EXTRUSADAS OBTIDAS A PARTIR DE GRÃOS
QUEBRADOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE ARROZ**

Goiânia
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FERNANDA SALAMONI BECKER

**CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS CRUAS E
EXTRUSADAS OBTIDAS A PARTIR DE GRÃOS
QUEBRADOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE ARROZ**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr Eduardo da Costa Eifert

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior

Goiânia
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

FERNANDA SALAMONI BECKER

**CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS CRUAS E
EXTRUSADAS OBTIDAS A PARTIR DE GRÃOS
QUEBRADOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
ARROZ**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 31 de agosto de 2010, pela
Banca Examinadora constituída pelos membros:

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Rosângela Vera', written over a horizontal line.

Prof^a Dr^a Rosângela Vera
EA/UFG

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Priscila Zaczuk Bassinello', written over a horizontal line.

Prof^a Dr^a Priscila Zaczuk Bassinello
Embrapa Arroz e Feijão

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Eduardo da Costa Eifert', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Eduardo da Costa Eifert
Orientador – Embrapa Arroz e Feijão

À minha mãe

Minha maior incentivadora, pelo apoio incondicional, ensinamentos, compreensão, cuidado, amizade, amor e por não ter medido esforços para a realização de mais um grande sonho.

Ao meu irmão

Pelo companheirismo, amizade, estímulo, amor e por me fazer sorrir nos momentos menos prováveis.

Ao meu namorado

Pela paciência, amor e por sempre me incentivar a alcançar vãos cada vez mais altos com confiança, empenho e determinação.

A minha família

Por todo o incentivo e por torcerem pelo meu sucesso e realização pessoal e profissional.

Aos meus amigos

Pelas palavras de apoio e esperança, pelos momentos de alegria e descontração e pela presença constante na minha vida.

A todos vocês,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus que ilumina o meu caminho com grandes oportunidades e grandes pessoas.

À minha família que soube transformar a saudade em estímulo e confiança; e pelo amor, princípios e valores que me transmitiram.

À minha mãe Ivani, fonte de amor e dedicação inesgotáveis.

Ao meu irmão Rodrigo, meu amor incondicional.

Ao meu namorado Thiago, pela compreensão nos momentos de ausência.

À Embrapa Arroz e Feijão, em nome do meu orientador Dr. Eduardo da Costa Eifert, pelo fornecimento das amostras, pelo usufruto dos laboratórios, pela orientação e aprendizado; à Dra. Priscila Zaczuk Bassinello pela atenção e pelos ensinamentos transmitidos; à MSc. Selma Nakamoto Koakuzu e toda a equipe do Laboratório de Grãos e Subprodutos, em especial a Rosângela, Renilda, Suely e Edmar, pela amizade, carinho e contribuição na realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Manoel Soares Soares Junior pelo profissionalismo, pelos valiosíssimos ensinamentos e pela amizade compartilhada.

À pesquisadora Dr^a Ana Vânia Carvalho, Embrapa Amazônia Oriental, pela extrusão das farinhas de arroz.

À minha amiga e colega de mestrado July-Ana Souza Tavares pela parceria na realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, pelas grandes parcerias feitas e em especial a Prof^a Dr^a Clarissa Damiani pela amizade, pela confiança e por me incentivar a continuar na área da pesquisa.

Às amigas de todas as horas feitas no mestrado: Adriane Alexandre de Melo, Andréia Di Martins Carmo, Giselle Lima Paixão e Silva, July-Ana Souza Tavares, Karla Rúbia Ananias, Ludmila de Paula Czedder e Marise Baiocchi.

E, é claro, aos meus cachorrinhos Sophia e Thobias, por terem suportado meu mau humor, a falta de atenção e os curtos passeios pela pracinha.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

*"Se enxerguei mais longe foi
porque me apoiei sobre os
ombros de gigantes"*

Isaac Newton

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho caracterizar farinhas cruas e pré-gelatinizadas obtidas a partir de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz. Utilizou-se grãos de arroz das cultivares IRGA 417, BRS Primavera e da linhagem CNA 8502, safra 2008. As farinhas cruas e extrusadas foram caracterizadas quanto ao índice de expansão (IE), cor, granulometria, microscopia eletrônica de varredura (MEV), composição centesimal, teor de amilose, índices de absorção e solubilidade em água (IAA/ISA) e em leite (IAL/ISL), índice de absorção em óleo (IAO) e propriedades viscoamilográficas. A cv. IRGA 417 apresentou maior IE dentre os extrusados. As farinhas cruas e extrusadas diferenciaram-se nos parâmetros de cor, com escurecimento, amarelecimento e avermelhamento após a extrusão. As farinhas de arroz cruas e extrusadas da IRGA 417 e BRS Primavera e a extrusada da CNA 8502 apresentaram percentual superior a 90% de partículas finas (< 250 µm). Pela MEV observou-se nas farinhas cruas a presença de componentes íntegros soltos ou aglomerados, enquanto que nas extrusadas estes apresentaram-se como uma massa compacta, amorfa. A extrusão não exerceu efeito no conteúdo de cinzas, tendo-se apenas o efeito de genótipo. As farinhas apresentaram seu conteúdo de umidade e lipídios reduzidos após a extrusão, enquanto que o conteúdo protéico manteve-se inalterado na cv. IRGA 417 e linhagem CNA 8502, aumentando na cv. BRS Primavera. A extrusão aumentou o conteúdo médio de amilose nas farinhas. Os índices IAA, ISA, IAO, IAL e ISL aumentaram com a extrusão, sendo os IAL e ISL maiores que os de IAA e ISA nas farinhas cruas e extrusadas dos diferentes genótipos. A viscosidade inicial das farinhas cruas foi baixa, com pico de viscosidade alto e posterior quebra da viscosidade, além de alta tendência a retrogradação. Nas farinhas extrusadas, baixos valores de pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade e tendência a retrogradação foram observados. A extrusão exerceu modificações nas propriedades físicas, na maioria das propriedades químicas e nas características tecnológicas das farinhas de arroz, variando, algumas vezes, entre os materiais genéticos estudados.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., subproduto, extrusão.

CHARACTERIZATION OF RAW AND EXTRUDED FLOURS OBTAINED FROM BROKEN GRAINS OF DIFFERENT GENOTYPES OF RICE

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize raw and pre-gelatinized flours obtained from broken grains of different genotypes of rice. Were used grains of rice cultivar IRGA 417, BRS Primavera and CNA 8502, vintage 2008. The raw and extruded flours were characterized physically as the expansion index (EI), color, texture, scanning electron microscopy (SRM), chemical composition, amylose content, water absorption and water solubility index (WAI / WSI) and milk (MAI/MSI), oil absorption index (OAI) and viscoamylographic properties. The cultivar IRGA 417 showed higher IE from the extrudates. The raw and extruded flours were differentiated to the parameters of color, browning, yellowing and reddening after extrusion. The raw and extruded rice flours from IRGA 417 and BRS Primavera and extruded CNA 8502 had a percentage higher than 90% of fine particles (< 250 microns). The SRM was observed in the presence of raw flours components intact or loose clusters, while in the extruded they presented themselves as a compact mass, amorphous. Extrusion had no effect on ash content and it was only the effect of genotype. The flours had its moisture content and lipid reduced after extrusion, while the protein content remained unchanged in IRGA 417 and CNA 8502, increasing in BRS Primavera. Extrusion increased the average amylose content in flour. The WAI, WSI, OAI, and MSI increased with the extrusion, and the MAL and MSL higher than those of WAI and WSI in raw and extruded flours of different genotypes. The initial viscosity of the raw flours was low, with high peak viscosity and subsequent drop in viscosity and high retrogradation. The flours extruded, low values of peak viscosity, final viscosity, breakdown viscosity and retrogradation were observed. Extrusion changed in physical properties in most chemical properties and technological characteristics of rice flour, varying, sometimes between genetic materials.

Key words: *Oryza sativa* L., by product, extrusion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estrutura do grão de arroz.....	15
Figura 2.	Beneficiamento do arroz em casca com as proporções aproximadas de seus produtos e subprodutos.....	19
Figura 3.	Desenho esquemático de um extrusor de rosca simples.....	22
Figura 4.	Estrutura da amilose.....	24
Figura 5.	Estrutura da amilopectina.....	25
Figura 6.	Classificação das cadeias de amilopectina em tipo A, B e C.....	26
Figura 7.	Extrusora INBRAMAQ, modelo RXPQ Labor 24.....	30
Figura 8.	Paquímetro digital Litz.....	31
Figura 9.	Micrografias das farinhas de arroz em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 120x. Farinhas cruas: (a) IRGA 417; (b) BRS Primavera; (c) CNA 8502. Farinhas extrusadas: (d) IRGA 417; (e) BRS Primavera; (f) CNA 8502.....	50
Figura 10.	Micrografias das farinhas de arroz em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 500x. Farinhas cruas: (a) IRGA 417; (b) BRS Primavera; (c) CNA 8502. Farinhas extrusadas: (d) IRGA 417; (e) BRS Primavera; (f) CNA 8502.....	51
Figura 11.	Micrografias das farinhas de arroz em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 2000x. Farinhas cruas: (a) IRGA 417; (b) BRS Primavera; (c) CNA 8502. Farinhas extrusadas: (d) IRGA 417; (e) BRS Primavera; (f) CNA 8502.....	51
Figura 12.	Perfis das curvas de viscosidade das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classificação do teor de amilose em arroz.....	34
Tabela 2.	Médias e desvio padrão da composição centesimal das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	39
Tabela 3.	Teor de amilose das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	43
Tabela 4.	Índice de expansão dos extrusados das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	44
Tabela 5.	Valores médios seguidos pelos desvios-padrão da luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade a* e b* das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	46
Tabela 6.	Perfil granulométrico da farinha crua e extrusada da cultivar IRGA 417.....	48
Tabela 7.	Perfil granulométrico da farinha crua e extrusada da cultivar BRS Primavera.....	48
Tabela 8.	Perfil granulométrico da farinha crua e extrusada da linhagem CNA 8502.....	48
Tabela 9.	Índice de absorção em água das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	52
Tabela 10.	Índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	54
Tabela 11.	Índice de absorção em óleo (IAO) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	55
Tabela 12.	Índice de absorção em leite (IAL) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	56
Tabela 13.	Índice de solubilidade em leite (ISL) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	57
Tabela 14.	Pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade (<i>breakdown</i>) e tendência à retrogradação (<i>setback</i>) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	ARROZ.....	15
2.2	BENEFICIAMENTO DO ARROZ.....	18
2.3	FARINHA DE ARROZ.....	20
2.4	EXTRUSÃO.....	21
2.5	AMIDO.....	23
3	OBJETIVOS	28
3.1	OBJETIVO GERAL	28
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1	MATERIAL.....	29
4.2	MÉTODOS.....	29
4.2.1	Tratamentos e delineamento experimental.....	29
4.2.2	Obtenção das farinhas de arroz.....	29
4.2.3	Obtenção dos extrusados de farinhas de arroz.....	29
4.2.3.1	Condicionamento da umidade.....	29
4.2.3.2	Extrusão.....	30
4.2.4	Caracterização física das farinhas cruas e extrusadas.....	31
4.2.4.1	Índice de expansão (IE).....	31
4.2.4.2	Parâmetros instrumentais de cor.....	32
4.2.4.3	Granulometria.....	32
4.2.4.4	Microscopia eletrônica de varredura.....	32
4.2.5	Caracterização química das farinhas cruas e extrusadas.....	32
4.2.5.1	Composição centesimal.....	32
4.2.5.2	Teor de amilose.....	32
4.2.6	Caracterização tecnológica das farinhas cruas e extrusadas.....	34
4.2.6.1	Índice de absorção de água (IAA).....	34
4.2.6.2	Índice de solubilidade em água (ISA).....	35
4.2.6.3	Índice de absorção em óleo (IAO).....	35
4.2.6.4	Índice de absorção em leite (IAL).....	36
4.2.6.5	Índice de solubilidade em leite (ISA).....	37

4.2.6.6	Propriedades viscoamilográficas.....	37
4.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	38
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS FARINHAS CRUAS E EXTRUSADAS.....	39
5.1.1	Composição centesimal.....	39
5.1.1.1	Umidade.....	39
5.1.1.2	Cinzas.....	40
5.1.1.3	Lipídios.....	41
5.1.1.4	Proteínas.....	42
5.1.2	Teor de amilose.....	42
5.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS FARINHAS CRUAS E EXTRUSADAS.....	44
5.2.1	Índice de expansão (IE)	44
5.2.2	Parâmetros instrumentais de cor.....	45
5.2.3	Granulometria.....	48
5.2.4	Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	50
5.3	CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FARINHAS CRUAS E EXTRUSADAS.....	52
5.3.1	Índice de absorção de água (IAA).....	52
5.3.2	Índice de solubilidade em água (ISA).....	54
5.3.3	Índice de absorção em óleo (IAO).....	55
5.3.4	Índice de absorção em leite (IAL).....	56
5.3.5	Índice de solubilidade em leite (ISL).....	57
5.3.6	Propriedades viscoamilográficas.....	58
5.3.6.1	Pico de viscosidade (PV).....	59
5.3.6.2	Viscosidade final.....	61
5.3.6.3	Quebra de viscosidade (<i>Breakdown</i>).....	61
5.3.6.4	Tendência a retrogradação (<i>Setback</i>).....	62
6	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICES	76

1 INTRODUÇÃO

Os cereais de maior importância mundial são o trigo, o milho e o arroz, constituindo a base da alimentação humana e contribuindo com cerca da metade da ingestão energética e protéica dos indivíduos (FAO, 2007; JULIANO, 1993). Os dois primeiros cereais são reconhecidamente importantes ingredientes alimentares, normalmente transformados em farinha ou amido antes do consumo, ao contrário do arroz, que no Brasil é consumido principalmente na forma de grãos inteiros, que podem ser polidos, parboilizados e integrais (CASTRO et al., 1999; CAVALHEIRO; MISSIO; GULARTE, 2007).

Representando cerca de 20% da ingestão mundial de energia e 15% do aporte de proteína, o arroz é o alimento básico de dois terços da humanidade (FERREIRA; DEL VILLAR, 2004; KENNEDY; BURLINGAME, 2003). Em países mais pobres do Continente Asiático, o consumo de arroz perfaz mais da metade do aporte energético e protéico dessas populações (MACLEAN et.al, 2002).

Cultivado em mais de cem países em todos os continentes, exceto a Antártida (JULIANO, 1993), no Brasil, o arroz assumiu grande importância social, econômica e política desde os tempos coloniais, alçando o País à condição de seu maior produtor no hemisfério ocidental (FAO, 2007; PEREIRA, 2002). O Brasil ocupa a décima posição no ranking mundial de produção de arroz, sendo os maiores produtores os países asiáticos China, Índia e Indonésia com mais de 50% da produção mundial (FAO, 2007).

O fruto das gramíneas é um fruto-semente conhecido como grão ou cariopse, constituído pela casca, película, germe e endosperma amiláceo (VIEIRA; RABELO, 2006), classificado quanto ao beneficiamento em arroz integral, arroz parboilizado integral, arroz polido e arroz parboilizado polido (BRASIL, 2009). Para obtenção do produto beneficiado polido, o arroz passa pelo descasque (extração de 20-22% de casca), pela brunição e pelo polimento (retirada, parcial ou totalmente, do embrião e da maior parte da película que recobre o grão), resultando no subproduto farelo (8% do volume do produto em casca) (CASTRO et al., 1999). Na etapa de separação, obtêm-se as frações de grãos quebrados (14%) e inteiros (58%), e ocorre a classificação dos grãos quebrados em grandes, médios e quirera. O endosperma contém basicamente amido e é o produto final mais consumido pela população brasileira (BASSINELLO; CASTRO, 2004; CASTRO et al., 1999).

Os grãos quebrados e a quirera, subprodutos do beneficiamento do arroz, representam aproximadamente 14% do total de arroz branco beneficiado, com valor comercial de cerca de 1/5 do preço em relação aos grãos inteiros e utilizados basicamente na indústria cervejeira, em

vinícolas e na alimentação animal (CARVALHO; VIEIRA, 1999; CASTRO et al., 1999; LIMBERGER et al., 2008). Considerando a composição química desse subproduto, rico em amido (75-80%), uma das alternativas para agregar valor aos grãos quebrados seria a produção de farinha de arroz (CARVALHO; VIEIRA, 1999; SHENG, 1995).

A farinha de arroz já é utilizada, ainda que de forma insípiente, pela indústria alimentícia na produção de alimentos instantâneos, produtos cárneos, alimentos para bebês, produtos como mingaus, cremes e pó para pudins dentre outros (CARVALHO; VIEIRA, 1999; NABESHIMA; EL-DASH, 2004).

Modificações físicas alteram as propriedades de farinhas ricas em amido, sendo uma alternativa para aprimorar as propriedades de amidos nativos. A extrusão permite produzir modificações pela compressão da matéria-prima amilácea que é forçada contra uma matriz ou molde, em condições de aquecimento e pressão que levam a geleificação do amido (HAGENIMANA; DING; FANG, 2006; LEONEL et al., 2006).

Estudos têm mostrado a utilização do processo da extrusão com o arroz (BORGES, 2002; CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002; GÓMEZ, 1997; MENDONÇA, 2005; SILVA, 2002; SILVA, 2007; WANG et al., 1999b). As vantagens de usar este cereal na elaboração de *snacks*, massas alimentícias, farinhas instantâneas e cereais matinais consiste no fato de que o arroz não é alergênico, é livre de glúten, tem baixo teor de sódio e somente traços de lipídios, é uma fonte importante de vitaminas e minerais, e tem aproximadamente 7 % de proteína de alta qualidade (DZIEZAK, 1991; GÓMEZ, 1997).

As características de cocção do arroz são definidas por propriedades que compreendem a cultivar, as práticas pós-colheita, como bom rendimento no beneficiamento, e propriedades físicas e químicas, particularmente o teor de amilose, a estrutura da amilopectina, o conteúdo de proteínas e a temperatura de gelatinização (VIEIRA; CARVALHO, 1999; JULIANO, 1993).

As cultivares de arroz IRGA 417, BRS Primavera e a linhagem CNA 8502 possuem teor de amilose intermediário (22 a 27%), porém apresentam comportamentos distintos durante a cocção. Enquanto as cvs. IRGA 417 e BRS Primavera têm um tempo médio de cozimento de 10 min., resultando em grãos macios e levemente soltos, a linhagem CNA 8502 apresenta maior tempo de cozimento (26 min.), com grãos macios e levemente pegajosos. Assim, este estudo tem como objetivo analisar as mudanças ocorridas nas características físicas e químicas, e nas propriedades tecnológicas de farinhas obtidas a partir de grãos quebrados de genótipos de arroz, pelo uso da extrusão, visando ampliar a utilização destas farinhas pela indústria de alimentos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ARROZ

O arroz (*Oryza sativa* L.) pertence à Divisão Magnoliophyta, Classe Liliopsida, tribo Oryzeae, família Poaceae, subfamília Oryzoideae e ao gênero *Oryza* (WATANABE, 1997). Das mais de vinte espécies de arroz conhecidas (LU, 1999), existem apenas duas formas domesticadas: *Oryza sativa* L. na Ásia e *Oryza glaberrima* Steud. na África ocidental, sendo que a espécie *Oryza sativa* L. é cultivada em maior número e está amplamente distribuída nas regiões tropicais e subtropicais da Ásia, Europa, Austrália e Américas do Sul, Central e Norte (PROCHNOW, 2002).

Botanicamente, o arroz é o fruto-semente das gramíneas, conhecido como cariopse ou grão, cujo tegumento, testa, que envolve a semente, encontra-se diretamente ligado ao pericarpo, membrana que envolve o fruto. No caso do arroz, toda essa estrutura encontra-se envolvida pelas glumas, lema e pálea, que constituem a casca, e são removidas durante o beneficiamento do produto para consumo (Figura 1) (VIEIRA; RABELO, 2006).

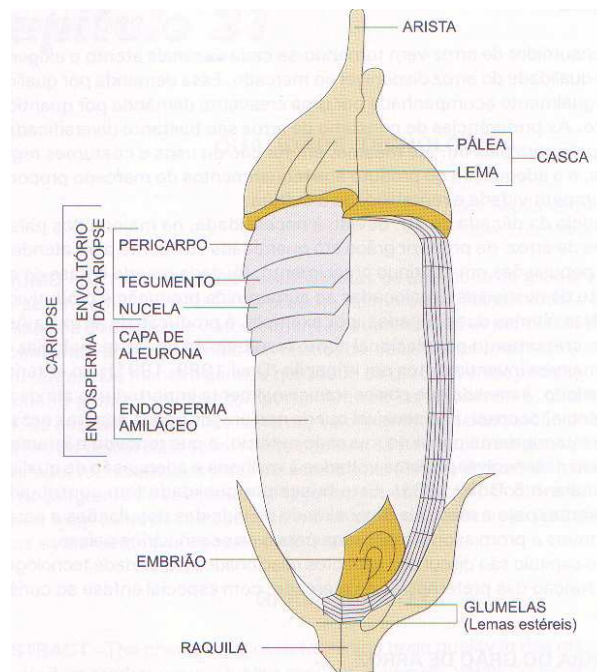


Figura 1. Estrutura do grão de arroz
Fonte: Vieira e Rabelo (2006)

A espécie de arroz *Oryza sativa* L compreende três subespécies: Índica, Japônica e Javânica (JULIANO, 1993). O grupo índico, chamado “continental”, é o mais cultivado nas regiões tropicais do Brasil, Índia, Borna e Ceilão (PEREIRA, 2002). Morfologicamente, este grupo caracteriza-se por possuir colmos longos, alta capacidade de perfilhamento, folhas longas e decumbentes, além de ciclo tardio (CHANG, 1976). O grupo japonico compreende as variedades tropicais cultivadas nas regiões temperadas do Japão, Itália, Espanha e Egito (PEREIRA, 2002), possuindo colmos curtos e rígidos, mediana capacidade de perfilhamento, folhas estreitas de cor verde-escuro e ciclo curto (CHANG, 1976). As variedades do grupo javânica são consideradas intermediárias entre os grupos índica e japônica, sendo cultivadas nas regiões equatoriais da Indonésia (PEREIRA, 2002).

Existem várias versões sobre a origem das primeiras culturas de arroz, embora, entre os historiadores, a mais popular assinale a China como o primeiro país em que se desenvolveu a cultura deste cereal, apesar de reconhecerem que foi na Índia onde primeiro foi encontrado na sua forma selvagem (PEREIRA, 2002).

O cultivo do arroz teve início nas Américas, em data pré-colombiana, trazido por colonizadores espanhóis, portugueses e holandeses e, no Brasil foi introduzido quando as caravelas de Pedro Álvares Cabral aportaram na Bahia, no século XVI (CASTRO et al., 2005). No século XVII, a rizicultura foi introduzida no Maranhão, onde consolidou sua importância social e econômica ao longo dos períodos colonial e imperial, permitindo que, nos séculos XVIII e XIX, o país obtivesse êxitos nas exportações deste cereal (PEREIRA, 2002).

O cultivo do arroz no Brasil se dá em dois ecossistemas: o de várzea e o de terras altas (GUIMARÃES et al., 2006). O ecossistema de várzea é dividido em sistema irrigado por inundação e sistema por irrigação não controlada (várzea úmida), enquanto o ecossistema de terras altas pode ser em sistema de sequeiro tradicional, onde a disponibilidade de água para a cultura é totalmente dependente da precipitação pluvial, ou sistema de sequeiro sob irrigação suplementar por aspersão (MORAES et al., 2004). O sistema de produção de arroz irrigado por inundação é o mais expressivo, representando 80% do arroz produzido no mundo, responsável por, aproximadamente, 93% da produção total (EMBRAPA, 2007).

A orizicultura irrigada é responsável por 65% da produção nacional, porém, com baixa rentabilidade, em função do alto custo de produção e de distorções de mercado devido à pequena variação de sistemas produtivos, que utilizam modernas técnicas de produção, permitindo elevada produtividade e grãos com características mais uniformes e de melhor aceitação no mercado (FERREIRA et al., 2005).

No Brasil, o cultivo de arroz irrigado tem destaque na região Sul, nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, ocupando, estes Estados, cerca de 37% da área cultivada com arroz e com mais de 60% da produção nacional. A produção de arroz irrigado não é significativa nas demais regiões (EMBRAPA, 2005; FERREIRA et al., 2005).

O arroz de terras altas é caracterizado pela condição aeróbica de desenvolvimento radicular da planta, encontrado predominantemente no Brasil, sendo a região Centro-Oeste a mais importante no seu cultivo (GUIMARÃES et al., 2006). Esse sistema de cultivo apresenta-se com uma ampla variabilidade de sistemas produtivos com produtividade menor, mas que vem apresentando significativa evolução tecnológica nos últimos anos (FERREIRA et al., 2005).

As cultivares de arroz de terras altas têm conseguido atender, de forma parcial, as demandas agrônomicas e de qualidade dos grãos, contribuindo para que a cultura se torne mais competitiva em relação ao arroz irrigado dos Estados do Sul (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005).

Com relação à produção mundial, o arroz é produzido nos cinco continentes, com área plantada de 150 milhões de hectares e produção anual de 600 milhões de toneladas de arroz em casca, sendo considerado um dos cereais mais produzidos e consumidos em todo o mundo (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006).

O Brasil destaca-se como o maior produtor de arroz da América Latina e o décimo maior produtor mundial (FAO, 2007). O país obteve um crescimento de 7,7% na produção de arroz em casca, em relação à safra de arroz 2007/2008, com produção de 12.605,5 mil toneladas de arroz em casca na safra 2008/2009 e a perspectiva para a safra 2009/2010 é de 11.487,7 mil toneladas, com queda de 8,8% na produção devida a perda ocorrida na região Nordeste onde houve diminuição de 16,2 mil toneladas. Os maiores estados produtores são o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso, com produção de 7.905,9; 1.039,7 e 803,9 mil toneladas na safra 2008/2009; Goiás teve uma produção de 255, 2 mil toneladas ocupando a sétima posição na produção Nacional (CONAB, 2010).

As três principais formas de consumo de arroz no Brasil, em função do processamento pós-colheita são o arroz polido, o integral e o parboilizado, sendo o arroz polido a forma predominantemente consumida na maioria das regiões brasileiras, seguido pelo arroz parboilizado, consumido de forma localizada no Estado de Santa Catarina, onde se concentra o maior número de indústrias de parboilização e por último, o arroz integral, restringindo-se a uma pequena parcela da população com hábitos de consumo mais sofisticados e de maior poder aquisitivo (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006).

As cultivares de arroz produzidas nos sistemas de várzea e terras altas podem ter características agronômicas e tecnológicas diferentes. A cultivar IRGA 417 é cultivada no sistema de várzeas, apresenta teor intermediário de amilose ($22 < 27 \%$), com rendimento industrial de 62% de grãos inteiros quando polidos e excelentes características de cocção (EMBRAPA, 2005; STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005; MARTINÉZ; CUERVAS, 1989), enquanto a linhagem CNA 8502, cultivada no sistema de várzeas, apresenta produtividade média de 5.550 Kg/ha, com rendimento médio de grãos inteiros de 62% e teor de amilose intermediário, porém com um desempenho ruim em testes de cocção, tornando-se pegajosa após o cozimento (EMBRAPA, 2000). A cultivar BRS Primavera, assim como a IRGA 417, destaca-se como altamente competitiva no quesito qualidade de grãos. Produzida no sistema de cultivo de terras altas, apresenta produtividade média de 3.200 Kg/ha, rendimento de grãos inteiros médio de 51% e teor de amilose intermediária (PINHEIRO; FERREIRA, 2003; MORAIS et al., 2004).

2.2 BENEFICIAMENTO DO ARROZ

De acordo com a Portaria nº 269/88 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, o arroz é classificado em grupos, subgrupos, classes e tipos. Conforme a forma de apresentação é classificado em arroz em casca e arroz beneficiado. Dependendo das etapas do beneficiamento submetido, o arroz é ordenado em grupos: integral, parboilizado, parboilizado integral e polido. O arroz beneficiado é distribuído em cinco classes, de acordo com suas dimensões: longo fino, longo, médio, curto e misturado. Ainda na classificação do arroz, são considerados os grãos inteiros, quebrados e a quirera (BRASIL, 2009).

O arroz integral é o produto do qual somente se retira a casca durante o beneficiamento, mantendo-se intactos o germe e as camadas interna e externa do grão, sendo obtido a partir do arroz em casca natural ou parboilizado (BRASIL, 1988).

O arroz branco polido é obtido a partir da brunição e do polimento do grão integral. Apesar de ser mais rico em nutrientes que o arroz polido, o arroz integral é pouco consumido no Brasil, restringindo-se a uma pequena parcela da população com hábitos de consumo mais sofisticados e de maior poder aquisitivo (VIEIRA; RABELO, 2006).

O parboilizado integral pode ser uma melhor alternativa para os apreciadores de arroz integral, obtido como o parboilizado, porém não sofre a operação de polimento no engenho (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA FILHO, 2002).

Os grãos de arroz, após serem colhidos, são limpos utilizando-se máquinas contendo sistema de ventilação e peneiras para remoção de impurezas como folhas, galhos, outras sementes e pedras (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999).

O beneficiamento dos grãos de arroz inicia-se após a limpeza e compreende o descascamento, onde é removido cerca de 20% de casca, seguida pelas etapas de brunimento e polimento, onde é extraído, parcial ou totalmente, o embrião e a maior parte do pericarpo que recobre o grão. Desta etapa, resulta o farelo que representa aproximadamente 8% da massa do produto em casca. Em seguida, segue-se a etapa de separação das frações de grãos quebrados (14%) e inteiros (58%). Ao final, realiza-se a separação das frações dos grãos quebrados em grandes, médios e quirera (Figura 2) (CASTRO et al., 1999).

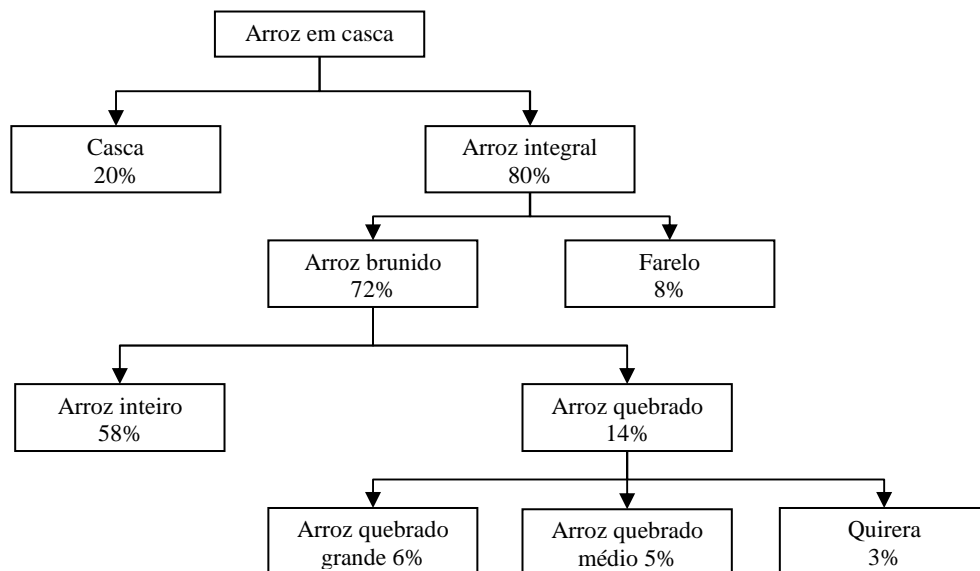


Figura 2. Beneficiamento do arroz em casca com as proporções aproximadas de seus produtos e subprodutos.

Fonte: Castro et al. (1999)

Considera-se grão quebrado, o pedaço de arroz que fica retido na peneira de 1,6 mm de diâmetro e apresenta comprimento inferior a três quartas partes do comprimento mínimo da classe a que pertence. Enquanto que a quirera é a parte que passa na referida peneira (BRASIL, 2009), sendo formada por fragmentos de grãos que se rompem durante o processo de beneficiamento e é decorrente do efeito da aplicação de uma força mecânica externa aos grãos, o que ocasiona a divisão em pequenos pedaços. Podem ser ainda resultantes de grãos fissurados, portadores de pequenas trincas decorrentes de ação mecânica interna originada de condições externas não mecânicas, ocasionadas durante o descasque (LOPES, 1989).

Durante o beneficiamento os grãos de arroz são submetidos a várias forças de impacto, cisalhamento e fricção principalmente nas etapas de descasque e polimento, sendo que a magnitude dos danos causados durante o processamento depende das propriedades físicas e mecânicas dos grãos (CÔRREA et al., 2007).

Além do manejo dos equipamentos, as causas de quebra do grão no beneficiamento seriam por razões inerentes ao próprio grão, como grãos gessados, mal formados ou danificados, conseqüentemente mais susceptíveis à fragmentação durante o descascamento e polimento. Outro fator é secagem, que se for mal conduzida pode contribuir para a quebra dos grãos (CASTRO et al., 1999).

2.3 FARINHA DE ARROZ

As farinhas de arroz vêm sendo utilizadas para preencher necessidades particulares da indústria ou do consumidor, tais como alimentos infantis, produtos cárneos, formulação de panquecas e waffles, cereais matinais, massa e farinha para empanados ou como parte da formulação de pães, massas de pizza e muffins, além de serem muito utilizadas nas formulações de produtos alimentícios para portadores de doença celíaca (DEOBALD, 1972; BEAN; NISHITA, 1985).

Apesar de apresentar menor custo, a farinha de arroz não possui volume de produção expressivo por não apresentar aplicação competitiva em relação à farinha de trigo; mas possui algumas vantagens especiais que a torna um importante ingrediente alimentício como, não ser alergênica; resultar de variedades com ampla faixa de teor de amilose, o que permite a seleção de acordo com a finalidade; não ser tóxica para portadores de doença celíaca, podendo ser utilizada como substituto do trigo na elaboração de produtos sem glúten (DEOBALD, 1972; TORRES et al., 1999).

Para a indústria de extrusão, a farinha de arroz tem se tornado um ingrediente atrativo devido a seus atributos únicos como textura extremamente suave, sabor e aroma brandos, cor branca atrativa, hipoalergenicidade, possuir alta proporção de carboidratos facilmente digeríveis e baixos níveis de sódio (KADAN; BRYANT; PEPPERMAN, 2003; POLANCO et al., 1995).

Farinha e amidos pré-gelatinizados podem ser usados para obter espessamento ou retenção de água sem emprego de calor como em pudins, misturas lácteas instantâneas e alimentos matinais; para preparar misturas prontas panificáveis, onde o aumento da absorção e retenção de água melhoram a qualidade do produto (POWELL, 1965).

A pré-gelatinização de farinhas de cereais como o arroz pode ser obtida em escala industrial por utilização de atomizadores, secagem em rolos e por extrusão. O processo de extrusão apresenta-se como um dos mais vantajosos para substituir o processo convencional na produção de farinhas pré-gelatinizadas por apresentar controle mais rigoroso do grau de gelatinização, onde pequenas modificações no equipamento e/ou matéria-prima podem levar a diferentes resultados finais na qualidade do produto (EL-DASH, 1982).

2.4 EXTRUSÃO

A extrusão é um processo de tratamento térmico que por uma combinação de calor, umidade e trabalho mecânico modifica as matérias-primas proporcionando novas formas e estruturas com novas características funcionais e nutricionais (SEBIO, 1996). O processo promove a gelatinização do amido, a desnaturação e re-orientação das proteínas, a inativação enzimática, a destruição de substâncias como inibidores de proteases e a redução da carga microbiana para formar um produto de características físicas e geométricas pré-determinadas (THAKUR; SAXENA, 2000).

O cozimento por extrusão tem alguns aspectos ímpares comparados a outros processos térmicos, especialmente porque na extrusão o material é submetido a um intenso cisalhamento mecânico, sendo capaz de romper ligações covalentes de biopolímeros. A intensa ruptura estrutural acompanhada de mistura facilita reações que em outros processos seriam limitadas pela difusão dos reagentes e dos produtos (ASP; BJÖERCK, 1989).

O extrusor é composto de cinco partes principais: um mecanismo de alimentação, que pode ser vertical ou horizontal; uma rosca ou um parafuso sem fim, que transporta a matéria-prima; um cilindro ou canhão, que serve para controlar a temperatura; a matriz que modela o produto na forma desejada, e um mecanismo de corte, essencial para a formação do produto extrusado (EL-DASH, 1981). Um esquema de um extrusor é apresentado na Figura 3.

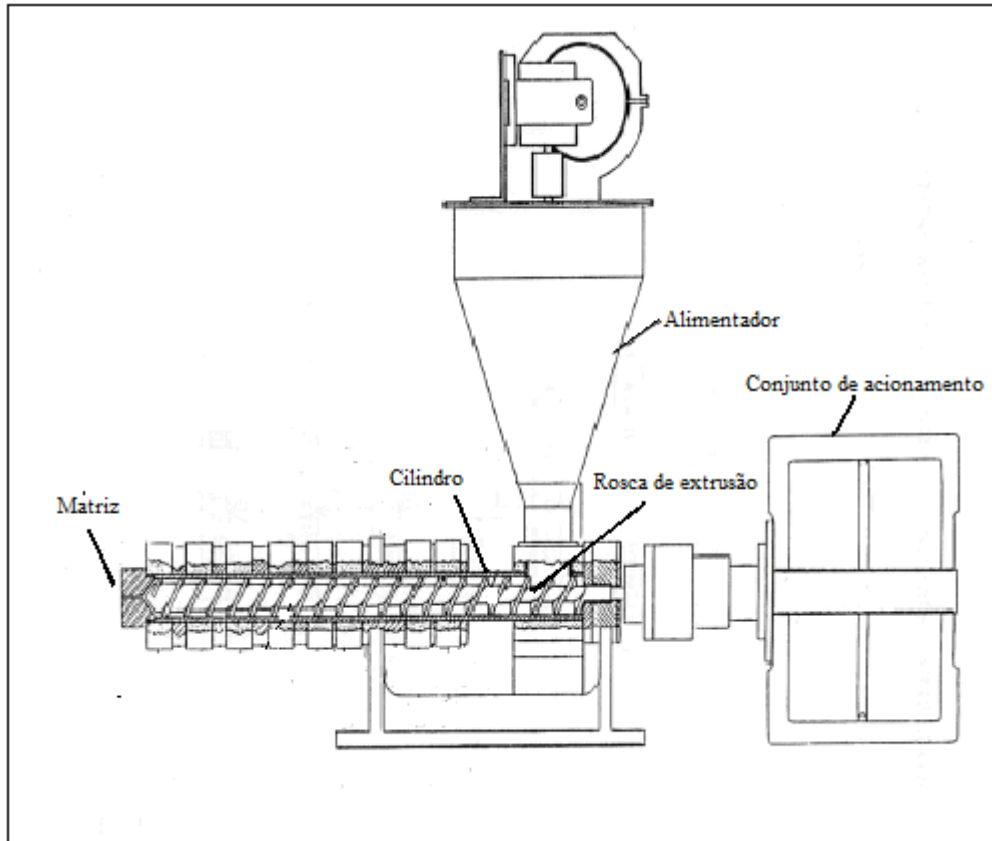


Figura 3. Desenho esquemático de um extrusor de rosca simples
 Fonte: Sebio (2006), com adaptações.

O alimentador é onde se introduz a mistura previamente homogeneizada e umedecida, devendo ser a alimentação mantida em velocidade constante e contínua para manter a homogeneidade no processo. É nesta seção que o material é misturado e aquecido (VILELA, 1989; YACU, 1990).

O parafuso sem fim ou rosca pode ser considerado a parte essencial do extrusor. A ele são atribuídas as funções de misturar a massa, conduzi-la pelo cilindro, elevar a temperatura e a pressão pelo atrito com as paredes do cilindro e forçar a massa através da matriz (AREAS, 1992; YAYLAYAN; FICHTALI; VAN DE VOORT, 1992; GUTKOSKI, 1997). A velocidade de rotação, o formato e tamanho, o espaçamento entre as ranhuras da rosca e entre o parafuso e o cilindro são responsáveis diretos pelas características finais do produto extrusado (YACU, 1990).

O extrusor pode ser constituído por um parafuso (extrusora mono rosca) ou por dois parafusos (extrusora dupla rosca) bem encaixados dentro de um cilindro. Os de mono-rosca são simples e de menor custo e têm atuação limitada às matérias-primas com umidade variando de 10 a 30% e baixo teor de lipídeos, enquanto que as extrusoras de dupla rosca são altamente versáteis, pois operam com umidade mais elevada (até 90%) com maior teor de

lipídeos, velocidade variada do parafuso e o seu mecanismo de transporte é independente das forças de atrito (JANSSEN, 1978 ; MARTELLI, 1983).

O cilindro nos extrusores é ranhurado na sua parte interna, evitando o deslizamento da massa, aumentando assim, a taxa de cisalhamento. Para propiciar uma maior flexibilidade e controle do processo, o cilindro é encamisado, permitindo a circulação de vapor ou água fria. Já a matriz do extrusor pode ter várias configurações, influenciando a forma e a textura dos produtos extrusados (HARPER, 1981).

No processo de extrusão a matéria-prima é convertida em uma massa fundida, devido às altas pressões e o grande cisalhamento, em temperaturas elevadas, dentro do extrusor, o que mantém a água em estado líquido. Quando essa massa fundida passa pela matriz do extrusor, ao final do cilindro ou canhão, a água líquida supersaturada vaporiza instantaneamente, devido à mudança de pressão, passando o produto de uma massa fundida a um produto poroso, após a sua solidificação à temperatura ambiente (AREAS, 1992).

O processo de extrusão tem proporcionado numerosas aplicações, sobretudo na indústria alimentícia, na qual há elaboração de produtos, tais como cereais matinais, petiscos, *snacks*, macarrões, alimentos à base de cereais enriquecidos com proteína, bebidas em pó e proteínas de soja texturizada, farinhas e amidos pré-gelatinizados utilizados na formulação de sopas de preparo rápido, molhos semi-processados, produtos de confeitaria, entre outros. Esses produtos geralmente são elaborados à base de cereais, como o milho e o arroz, e de amidos de raízes e tubérculos como a mandioca e a batata (BOONYASIRIKOOL; CHARUNUCH, 2000; CHEYNE; BARNES; WILSON, 2005; CHUANG; YEH, 2004).

2.5 AMIDO

O amido encontra-se amplamente distribuído em diversas espécies vegetais como um carboidrato de reserva, sendo abundante em grãos de cereais (40% a 90% do peso seco), leguminosas (30% a 50% do peso seco), tubérculos (65% a 85% do peso seco) e frutas imaturas ou verdes (40% a 70% do peso seco) (LAJOLO; MENEZES, 2006).

Principal responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados, uma vez que contribui para diversas propriedades de textura em alimentos, o amido possui aplicações industriais como espessante, estabilizador de colóides, agente gelificante e de volume, adesivo, na retenção de água, dentre outros (SINGH et al., 2003).

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina e as proporções em que essas estruturas aparecem diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie e, mesmo numa mesma variedade, de acordo com a idade da planta (ELIASSON, 2004; TESTER; KARKALAS; QI, 2004).

A amilose é um polímero linear consistindo em média de 500 a 2.000 unidades de D-glicose unidas entre si por ligações glicosídicas α -1,4 (Figura 4). Poucas ligações glicosídicas de tipo α -1,6 são encontradas e grupos fosfatos também podem estar presentes (HOOVER, 2001), mas eles têm pouca influência no comportamento da molécula (BULÉON et al., 1998). O número de resíduos de glicose na amilose, também indicado pelo grau de polimerização (DP), varia com a espécie botânica da qual se originou. O conteúdo de amilose pode variar em média de 0 a 75%, sendo o valor típico de 20 a 25% do amido (RAMESH; THARANATHAN, 2003).

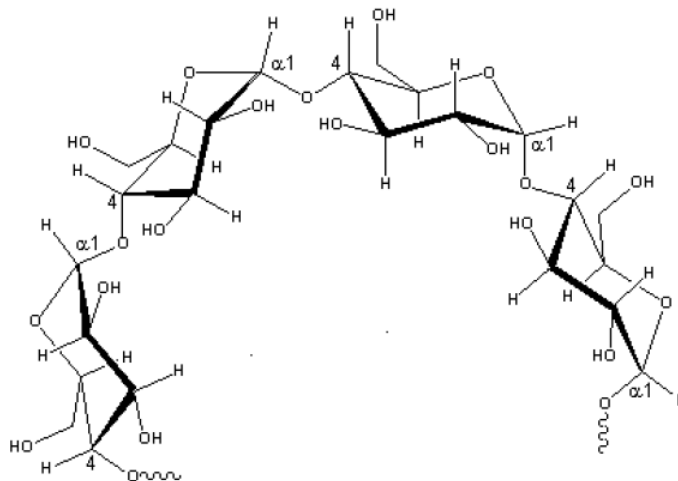


Figura 4. Estrutura da amilose
Fonte: Lajolo e Menezes (2006).

A amilopectina consiste de pequenas cadeias lineares unidas por ligações glicosídicas α -1,4 com 10-60 unidades de glicose e cadeias laterais ligadas por ligações glicosídicas α -1,6, consistindo de 15-45 unidades de glicose (Figura 5). A percentagem média de pontes de ramificação na amilopectina é de 5%, variando com a origem botânica. A molécula completa de amilopectina contém uma média de 2.000.000 unidades de glicose, sendo uma das maiores moléculas encontrada na natureza (VAN DER MAAREL et al., 2002).

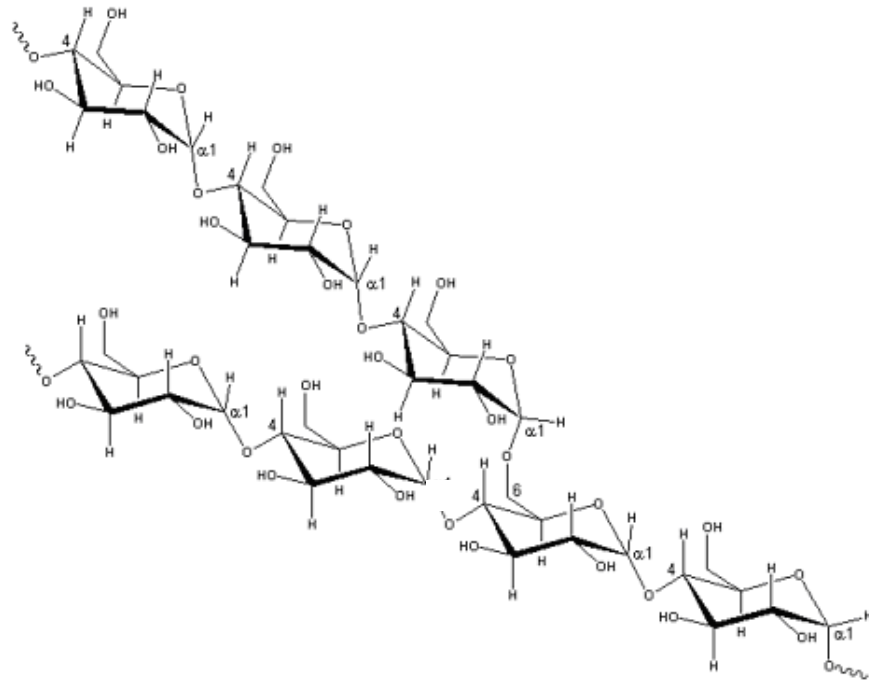


Figura 5. Estrutura da amilopectina
 Fonte: Lajolo e Menezes (2006).

As cadeias de amilopectina estão organizadas de maneiras diferentes, sugerindo uma classificação de cadeias A, B e C (Figura 6). O tipo A é composto por uma cadeia não-redutora de glicoses unidas por ligações α -(1,4) sem ramificações, sendo unida a uma cadeia tipo B por meio de ligações α -(1,6). As cadeias do tipo B são compostas por glicoses ligadas em α -(1,4) e α -(1,6), contendo uma ou várias cadeias tipo A e podem conter cadeias tipo B unidas por meio de um grupo hidroxila primário. A cadeia C é única em uma molécula de amilopectina, sendo composta por ligações α -(1,4) e α -(1,6), com grupamento terminal redutor (ELIASSON, 1996; ELIASSON, 2004; VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004; LAJOLO; MENEZES, 2006).

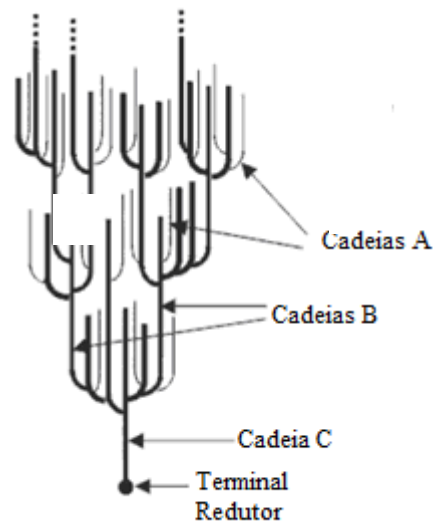


Figura 6. Classificação das cadeias de amilopectina em tipo A, B, C
Fonte: Parker e Ring (2001).

Em seu estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos e cuja morfologia, composição química e estrutura molecular são características de cada espécie em particular (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

Os sítios de ligação da água são os grupos hidroxilas e os átomos de oxigênio no interior da D-glicose e a presença dos grupos hidroxilas acarretam natureza altamente hidrofílica ao amido. A insolubilidade do grânulo de amido é devida às fortes ligações de hidrogênio que mantêm as cadeias de amido unidas. Entretanto, na presença de água e aquecimento, a água é incorporada na estrutura do grânulo e componentes mais solúveis como a amilose, dissociam-se e difundem-se para fora do grânulo. Este processo é conhecido como gelatinização e a temperatura de sua ocorrência é chamada de temperatura de gelatinização (T_{gel}), que é dependente da origem botânica do amido. Com a gelatinização há um aumento da viscosidade do meio a qual atinge o seu máximo na T_{gel} e os grânulos de amido são totalmente quebrados, desaparecendo as regiões cristalinas do grânulo (COULTATE, 2002; PENG; ZHONGDONG; KENNEDY, 2007).

Quando a suspensão resultante é mantida em repouso, as moléculas de amido gelatinizado começam a se reassociar de forma ordenada e a água é exudada. Este processo é conhecido como retrogradação do amido e é específico para as moléculas de amilose (COULTATE, 2002). É um fenômeno complexo e depende de muitos fatores como a fonte de amido, concentração de amido, condições de aquecimento e resfriamento, pH e presença de solutos como lipídios e açúcares. Essa consiste de dois processos separados, o primeiro

refere-se à gelatinização das moléculas exsudadas de amilose dos grânulos durante a gelatinização e a segunda a recristalização da amilopectina (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

Durante a gelatinização e a retrogradação ocorrem mudanças nos grânulos de amido que são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, que são medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido usando equipamentos como o Rápido Visco Analisador (RVA), que registram a alteração de viscosidade de um sistema amido-água, sob agitação, em relação à temperatura e tempo (CEREDA, 2001).

O grânulo de amido natural tem uma capacidade limitada de absorver água fria. Durante o processo de cozimento por extrusão, o amido que apresenta inicialmente uma forma granular, é progressivamente comprimido e transformado em um material denso, sólido e compacto, desaparecendo sua estrutura cristalina e granular. As principais propriedades funcionais do amido extrusado quando disperso em água, são a absorção e solubilidade em água. Ele absorve água rapidamente, formando uma pasta à temperatura ambiente, sem qualquer aquecimento. O aumento da solubilidade com a gelatinização é a base para a elaboração de alimentos amiláceos pré-gelatinizados (CHANG et al., 2001).

Os amidos de diferentes fontes botânicas diferem entre si quanto à forma do grânulo, à proporção amilose-amilopectina e à propriedade de expansão. Isto deve ser levado em consideração na seleção de amidos a serem extrusados, principalmente quanto ao conteúdo de amilose e amilopectina, já que os dois polímeros contribuem para os atributos finais dos produtos extrusados (THOMAS; ATWELL, 1997).

Os produtos amiláceos podem expandir diferentemente de acordo com o seu conteúdo de amilose, sendo que esta diferença pode ser atribuída às propriedades viscoelásticas da molécula (DELLA VALLE et al., 1997). O componente amilose melhora a leveza, elasticidade, regularidade da superfície e textura dos produtos extrusados. Em contraste, a amilopectina acarreta dureza e perda de poder de expansão nos produtos extrusados (COLONNA et al., 1997). Aparentemente, o inchamento que ocorre no grânulo de amido é uma propriedade da amilopectina e as áreas cristalinas estabelecidas pela molécula determinariam o início do inchamento e da gelatinização do amido (LI; YEH, 2001).

A amilopectina do amido gelatinizado forma uma rede que aumenta a viscosidade do produto. Por ser um polímero ramificado, a amilopectina é susceptível à degradação no cisalhamento durante a extrusão, resultando em dextrinas e polímeros de cadeias curtas, o que dificulta a operação de corte após a extrusão (THOMAS; ATWELL, 1999).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar física, química e tecnologicamente, farinhas cruas e submetidas ao processo de extrusão obtidas de grãos quebrados de diferentes genótipos de arroz.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter farinhas cruas de arroz polido das cultivares BRS Primavera, IRGA 417 e da linhagem CNA 8502;
- Aplicar o processo de extrusão nas farinhas de arroz cruas;
- Determinar o índice de expansão dos extrusados;
- Avaliar as características físicas de cor, granulometria e microscopia das farinhas cruas e extrusadas;
- Analisar a composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios e proteínas) das farinhas de arroz cruas e extrusadas;
- Quantificar o teor de amilose aparente das farinhas cruas e extrusadas;
- Determinar os índices de absorção em água (IAA), em leite (IAL), em óleo (IAO) e os índices de solubilidade em água (ISA) e em leite (ISL) das farinhas de arroz antes e após o processo de extrusão;
- Caracterizar as propriedades viscoamilográficas (pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade e tendência a retrogradação) das farinhas de arroz cruas e extrusadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Foram utilizados grãos de *Oryza sativa* L. das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502, a primeira oriunda do Rio Grande do Sul e as demais do programa de melhoramento de arroz da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás, todas colhidas na safra de 2008.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos utilizados foram farinhas de diferentes genótipos de arroz (cultivares IRGA 417, BRS Primavera e linhagem CNA 8502) e os tratamentos industriais (cru e extrusão). Utilizou-se um delimitamento inteiramente casualizado com quatro repetições, tipo fatorial 3x2, sendo três genótipos de arroz e dois tratamentos industriais (crua e extrusada).

4.2.2 Obtenção das farinhas de arroz

Após serem beneficiados e limpos, os grãos quebrados das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 foram moídos em moinho de facas Willey-Mill®, no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás – GO. O produto final foi homogeneizado e acondicionado em sacos plásticos de polietileno e armazenados sob temperatura ambiente até o momento da extrusão.

4.2.3 Obtenção dos extrusados de farinhas de arroz

4.2.3.1 Condicionamento da umidade

As farinhas de arroz foram condicionadas a 17% de umidade. A umidificação foi realizada com água destilada pulverizada com borrifador manual sobre a farinha, que foi revolvida continuamente com auxílio de uma espátula. A quantidade de água a ser adicionada às amostras foi calculada considerando-se a quantidade de farinha a ser extrusada e a sua umidade inicial conforme a Equação 1.

$$Qa = \frac{Uf - Ui}{100 - Uf} \times Ma$$

Equação 1

Na qual:

Qa = quantidade de água a ser adicionada (mL);

Uf = umidade final da amostra estabelecida (17%);

Ui = umidade inicial da amostra;

Ma = massa da amostra (g)

Após essa etapa, as farinhas foram armazenadas em sacos plásticos à temperatura de 7° C durante 24 horas até o momento da extrusão para homogeneização da umidade.

4.2.3.2 Extrusão

As farinhas de arroz foram extrusadas na Embrapa Amazônia Oriental, Manaus – AM, utilizando-se extrusora mono-rosca com capacidade de produção semi-industrial (modelo RXPQ Labor 24, INBRAMAQ – Indústria de Máquinas Ltda., Ribeirão Preto, Brasil) (Figura 7), de configuração e parafusos intercambiáveis, com controle de temperatura nas diferentes zonas de aquecimento e velocidade do parafuso regulável, por regulador e frequência.



Figura 7. Extrusora INBRAMAQ, modelo RXPQ Labor 24.

Fonte: Arquivo pessoal

A temperatura foi controlada por meio de termopares e sistema de refrigeração com água e válvulas solenóides. A alimentação da extrusora foi conduzida por um silo alimentador

com dosagem por gravidade. Acoplado à extrusora, existia um painel que controlava os parâmetros variáveis da extrusão.

Os parâmetros fixos da extrusão foram camisa helicoidal, rosca curta com taxa de compressão de 3:1, matriz circular com um furo com 3,85 mm de diâmetro; temperatura na primeira zona de aquecimento da extrusora de 40 °C; temperatura na segunda zona de aquecimento da extrusora de 60 °C; temperatura na terceira zona da extrusora de 80 °C; velocidade de alimentação de 218 g/min e velocidade do parafuso de 180 rpm.

No início de cada processamento por extrusão foi utilizada quirera de milho para estabilização da máquina, sendo introduzido, em seguida, um pouco de farinha de arroz com o objetivo de ambientar a extrusora. As farinhas só foram introduzidas na calha de alimentação quando a temperatura e rotação da rosca alcançavam os valores desejados. Ao final do processamento, as amostras de extrusados foram armazenadas em sacos de polietileno. Os extrusados foram moídos em moinho de facas Willey-Mill[®] e a farinha peneirada em tamis com malha de 60 Tyler/mesh (0,250 mm), no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás – GO e acondicionados em sacos de polietileno em temperatura ambiente.

4.2.4 Caracterização física das farinhas cruas e extrusadas

4.2.4.1 Índice de expansão (IE)

Para a medida do diâmetro dos extrusados utilizou-se paquímetro digital marca Litz (Figura 8). Os valores considerados foram obtidos pela média aritmética das medidas de 20 diferentes extrusados escolhidos aleatoriamente para as duas cultivares e a linhagem.

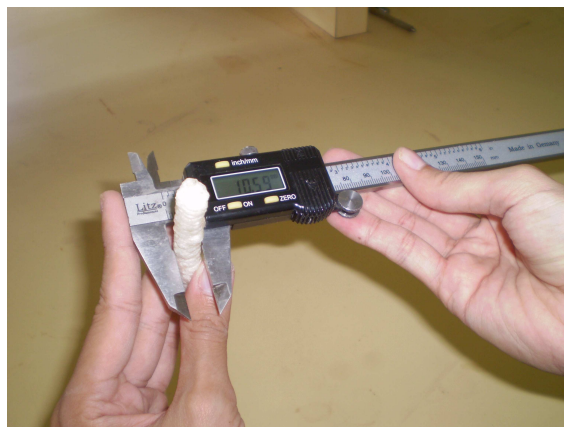


Figura 8. Paquímetro digital Litz
Fonte: Arquivo pessoal

O índice de expansão foi obtido logo após a extrusão e calculado pelo quociente entre o diâmetro dos extrusados e o diâmetro da matriz (3,85 mm) (Equação 2), conforme metodologia proposta por Faubion e Hosney (1982).

$$IE = \frac{\phi E}{\phi M}$$

Equação 2

Na qual:

IE = índice de expansão;

ϕE = diâmetro do extrusado;

ϕM = diâmetro da matriz.

4.2.4.2 Parâmetros instrumentais de cor

A cor das farinhas cruas e extrusadas foi avaliada em quadruplicata, através do sistema CIE L*a*b* em aparelho Color Quest XE (Hunter Lab, Estados Unidos da América). Foram estabelecidos os parâmetros: ângulo de observação 10° e iluminante D65, que corresponde a luz natural do dia. Os resultados foram expressos em valores L*, a* e b* (BIBLE; SINGHA, 1993), onde os valores de L* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), os valores de a* variam do verde (-60) ao vermelho (+60) e os valores de b* variam do azul (-60) ao amarelo (+60).

4.2.4.3 Granulometria

A granulometria das farinhas cruas e extrusadas foi determinada pelo método nº 965.22 da AOAC (1995), modificando-se a série de peneiras. Alíquotas de 50 g de amostras foram submetidas à vibração por um período de 20 min, sob velocidade constante, em agitador de peneiras, modelo 2431 (PRODUTEST, Brasil). Utilizou-se um conjunto de peneiras de 48, 60, 80, 100, 150 e 200 mesh e fundo, com massas conhecidas. Após o tempo estipulado, a pesagem das peneiras com material retido foi realizada e determinou-se a distribuição do tamanho das partículas.

4.2.4.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. BRS IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 foram fixadas sobre suportes (*stubs*), utilizando-se fita adesiva dupla face. Após fixação, a farinha foi coberta com uma fina camada de ouro em metalizador

(Balzers). O aspecto geral das farinhas foi avaliado em microscópio eletrônico de varredura (marca Zeiss), modelo DSM 940A, com aumentos de 120 x, 500x e 2000x.

4.2.5 Caracterização química das farinhas cruas e extrusadas

4.2.5.1 Composição centesimal

A composição centesimal (%) foi determinada nas farinhas cruas e extrusadas, peneiradas (60 mesh/Tyler), em quadruplicata, no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás – GO.

A umidade foi quantificada em estufa a 105 °C, até peso constante, conforme método oficial nº 925.10 da AOAC International (1997); a proteína bruta pelo método micro-Kjedahl, conforme metodologia oficial nº 960.52 da AOAC International (1997), utilizando o fator 5,95 para converter o teor de nitrogênio em proteína (FAO, 1970; XIE et al., 2008); lipídios totais por extração contínua em aparelho Soxhlet conforme metodologia oficial nº 920.39C da AOAC International (1997); resíduo mineral fixo por incineração total da matéria orgânica em forno mufla a 550 °C, como descrito no método oficial da AOAC International (1997).

4.2.5.2 Teor de amilose

A concentração da fração amilose do amido foi determinada nas farinhas cruas e extrusadas, em quadruplicata, por meio de técnica colorimétrica, desenvolvida por Martínéz e Cuevas (1989) e adaptada pelo Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão.

Utilizou-se como indicador a solução de iodeto de potássio e o complexo formado foi medido em espectrofotômetro, no espectro visível ao comprimento de onda $\lambda = 620$ nm. Em 100 mg de farinha de arroz peneirada (60 mesh), pesada em balança analítica modelo FA2104N-BioPrecisa® com precisão 0,0001 g, foram adicionados 1 mL de álcool etílico 95% e 9 mL de solução de NaOH 1,0 N. Deixou-se em repouso, à temperatura ambiente, em balões volumétricos com tampa por 16 h para gelatinização do amido. Após esse processo, a amostra foi transferida para balão volumétrico de 100 mL de capacidade, completado o volume com água destilada e homogeneizado. De cada um dos balões que continham as amostras de amido gelatinizado, foram tomadas alíquotas de 5 mL com uma pipeta volumétrica para serem transferidas para balões de 100 mL e acidificadas com 1 mL de ácido acético 1 N. Foram acrescentados 2 mL do indicador de iodo, que ao reagir com o amido, formou um complexo de coloração azul; e a amostra então, foi homogeneizada.

A curva de calibração foi obtida utilizando-se diversas diluições de amilose de batata, código A-0512, Sigma[®]. Inicialmente foram pesados 40 mg de amilose e colocados em balões de 100 mL. Foram seguidos os mesmos passos realizados para gelatinizar o amido das amostras de arroz. Após gelatinizado o amido e completado o volume de balão, foram pipetadas alíquotas de 2, 3, 4, 5 e 6 mL e transferidas para os balões de 100 mL, obtendo-se cinco diluições da solução padrão. Depois foram colocados 0,2, 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2 mL de ácido acético respectivamente e 0,8, 1,2, 1,6, 2,0 e 2,4 mL de iodo. Os balões foram completados com água destilada, agitados e deixados em repouso sob proteção da luz por 30 min, antes da realização das leituras. Utilizando-se espectrofotômetro, modelo 700 Plus-Femto[®], ao comprimento de onda de 620 nm, leu-se a absorção de luz de cada diluição da solução padrão e também das amostras, em triplicata. Como testemunhas, utilizaram-se as variedades Colômbia 1, Bluebonnet 50 e IR 8, pois estas apresentam teores de amilose baixo, intermediário e alto, respectivamente. As amostras foram classificadas de acordo com os teores de amilose apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do teor de amilose em arroz.

Teor de amilose	(%)
Alto	$27 \leq 32$
Intermediário	$22 < 27$
Baixo	$11 \leq 22$

Fonte: Adaptado de Martínéz e Cuervas (1989).

4.2.6 Caracterização tecnológica das farinhas cruas e extrusadas

4.2.6.1 Índice de absorção de água (IAA)

O índice de absorção de água (IAA) foi determinado segundo metodologia descrita por Anderson et al. (1969). Em um tubo de centrífuga, previamente tarado, foram colocados aproximadamente 2,5 g de amostra peneirada (60 mesh) e 30 mL de água destilada a 28 °C. Os tubos permaceram sob agitação mecânica em banho-maria a 28 °C por 30 min e, em seguida, foram centrifugados em centrífuga, modelo 204 NR (FANEM, Brasil) a 3000 G por 10 min. Do líquido sobrenadante, foram pipetados 10 mL cuidadosamente e colocados em placas de petri, previamente taradas e levados a estufa a 105° C até peso constante. Após esse período, o material foi resfriado em dissecador e pesado em balança analítica modelo FA2104N-BioPrecisa[®] com precisão 0,0001 g. A diferença do peso (em gramas) foi multiplicada por três, sendo o valor obtido o do resíduo de evaporação. O líquido restante no

tubo de centrífuga foi cuidadosamente descartado, o gel remanescente (resíduo de centrifugação) pesado e o IAA calculado conforme a Equação 3.

$$IAA = \frac{PRC}{PA - PRE}$$

Equação 3

Na qual:

IAA = índice de absorção de água (g gel/g de matéria seca);

PRC = peso do resíduo da centrifugação (g);

PA = peso da amostra (g) (base seca);

PRE = peso do resíduo da evaporação (g).

4.2.6.2 Índice de solubilidade em água (ISA)

O índice de solubilidade em água (ISA) foi determinado segundo metodologia descrita por Anderson et al. (1969) e já descrita no item 4.2.5.1. O ISA foi calculado pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso da amostra em base seca, conforme a Equação 4.

$$ISA = \frac{PRE}{PA} \times 100$$

Equação 4

Na qual:

ISA = índice de solubilidade em água (%);

PA = peso da amostra (g) (base seca);

PRE = peso do resíduo da evaporação (g).

4.2.6.3 Índice de absorção em óleo (IAO)

Para a determinação do índice de absorção em óleo (IAO) foi utilizada a metodologia descrita por Anderson et al. (1969), adaptada, com substituição da água pelo óleo. Uma alíquota de 2,5 g de amostra foi suspensa em 30 mL de óleo de soja, a 28 °C, em tubos de centrífuga de 50 mL, previamente pesados, com agitação intermitente, durante 30 min. Depois, a suspensão foi centrifugada em centrífuga, modelo 204 NR (FANEM, Brasil), a 3000 G, por 10 min. O líquido sobrenadante de cada amostra foi descartado, deixando-se os

tubos ligeiramente invertidos por 1 min. O índice de absorção em óleo foi obtido pela relação entre o peso do resíduo de centrifugação pelo peso da amostra em base seca (Equação 5).

$$IAO = \frac{PRC}{PA}$$

Equação 5

Na qual:

IAO = índice de absorção em óleo (g gel/g de matéria seca);

PRC = peso do resíduo da centrifugação (g);

PA = peso da amostra (g) (base seca).

4.2.6.4 Índice de absorção em leite (IAL)

Para as análises de índice de absorção em leite (IAL) e índice de solubilidade em leite (ISL) utilizou-se a metodologia descrita por Anderson et al. (1969), com modificações: 2,5 g de amostra foram pesados, suspensos e mantidos em leite integral a 10 °C, por 30 min, sob agitação intermitente. As suspensões foram centrifugadas em centrífuga, modelo 204 NR (FANEM, Brasil) a 3000 G por 10 min. Alíquotas de 10 mL do sobrenadante foram colocados em placa de Petri de peso conhecido e secos em estufa de ar circulante a 60 °C, até peso constante, para a determinação do resíduo de evaporação, e o precipitado da centrifugação foi pesado. Realizou-se um controle (em triplicata) para obtenção da quantidade de sólidos solúveis no leite e subtraí-lo nos cálculos de resíduo de evaporação para determinação do ISL. A Equação 6 foi utilizada para a determinação do IAL.

$$IAL = \frac{PRE}{PA - (PRE - PRC) \times 3}$$

Equação 6

Na qual:

IAL = índice de absorção em leite (g de gel/ g de matéria seca);

PRE = peso do resíduo da evaporação (g);

PA = peso da amostra (g) (base seca);

PRC = peso do resíduo de evaporação do controle (g).

4.2.6.5 Índice de solubilidade em leite (ISL)

O índice de solubilidade em leite (ISL) foi determinado pela metodologia descrita por Anderson et al. (1969) com modificações conforme descrito no item 4.2.5.4. Para a determinação da percentagem do ISL foi utilizada a Equação 7.

$$ISL = \frac{(PRE - PRC) \times 3}{PA} \times 100$$

Equação 7

Na qual:

ISL = índice de solubilidade em leite (%);

PRE = peso do resíduo da evaporação (g);

PRC = peso do resíduo de evaporação do controle (g);

PA = peso da amostra (g) (base seca).

4.2.6.6 Propriedades viscoamilográficas

As propriedades viscoamilográficas foram determinadas no equipamento *Rapid Visco Analyser* (RVA), série 4 *Newport Inc.*[®]. Obteve-se as curvas viscoamilográficas das farinhas de arroz cruas e extrusadas segundo método oficial para arroz n° 61-02 da AACCC (2000), em triplicata. As amostras foram, primeiramente, peneiradas em tamis de aço inox de 60 Tyler/mesh ou orifício com abertura de 0,250 mm, recolhendo-se as porções passantes, a fim de se obter tamanho de partículas apropriado para a análise.

Utilizaram-se 3,05 g de farinha em 25 mL de água destilada, corrigida para a base de 14% de umidade (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998). Utilizou-se a programação *Rapid Visco* do software *Thermocline for Windows* versão 2.2, a suspensão formada pelo amido e a água foi inicialmente cisalhada a 960 rpm durante 10 s. Esta suspensão foi mantida a 50 °C por 3 min e 45 s, para que se pudesse investigar a viscosidade do amido a baixa temperatura. Posteriormente, a mistura foi aquecida a 95 °C sob velocidade constante de 14 °C. min⁻¹, mantida neste temperatura por 3 min e 30 s, resfriada a 50 °C durante 4 min e 10 s sob a mesma velocidade, e mantida a 50 °C por mais 1 min e 25 s, totalizando 12 min e 30 s de análise. Foram avaliadas as seguintes características: pico de viscosidade (PV), viscosidade final, quebra de viscosidade ou *breakdown* e tendência à retrogradação ou *setback*, expressos na unidade do aparelho, *Rapid Visco Units* (RVU)

4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises das características físicas, químicas e tecnológicas das farinhas cruas e extrusadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias (Tukey a 5%), com auxílio do aplicativo SAS for Windows, versão 8.1 (SAS, 2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS FARINHAS CRUAS E EXTRUSADAS

5.1.1 Composição centesimal

A composição centesimal das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Médias e desvios padrão da composição centesimal das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 (base seca)¹

Componente (%)	Tratamento	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
Umidade	Cru	12,27 ± 0,03 ^{Aa}	10,21 ± 0,08 ^{Ca}	10,54 ± 0,07 ^{Ba}
	Extrusado	9,39 ± 0,05 ^{Bb}	9,14 ± 0,05 ^{Cb}	9,50 ± 0,02 ^{Ab}
Cinzas	Cru	0,40 ± 0,01	0,39 ± 0,01	0,32 ± 0,01
	Extrusado	0,39 ± 0,01	0,31 ± 0,05	0,32 ± 0,01
	MG	0,39 ^A	0,30 ^B	0,32 ^B
Lipídios	Cru	0,34 ± 0,01 ^{Ba}	0,37 ± 0,01 ^{Ba}	0,45 ± 0,03 ^{Aa}
	Extrusado	0,24 ± 0,01 ^{Ab}	0,25 ± 0,02 ^{Ab}	0,20 ± 0,01 ^{Bb}
Proteína	Cru	8,52 ± 0,10 ^{Ca}	8,90 ± 0,16 ^{Bb}	10,23 ± 0,08 ^{Aa}
	Extrusado	8,64 ± 0,08 ^{Ca}	10,33 ± 0,10 ^{Aa}	10,12 ± 0,08 ^{Ba}

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$); MC = média do genótipo.

5.1.1.1 Umidade

Houve interação significativa ($P \leq 0,05$) no teor de umidade para efeito de genótipo e tratamento industrial (ANOVA, APÊNDICE B).

A umidade das farinhas de arroz cruas variou entre 10,21 a 12,27%, diferindo entre si ($P \leq 0,05$), sendo que a cv. IRGA 417 apresentou o maior conteúdo (12,27%), seguida pela linhagem CNA 8502 (10,54%) e pela cv. BRS Primavera (10,21%).

A diferença de umidade pode ser resultado da saída do produto pela matriz da extrusora, quando ocorre a passagem repentina de umidade interna do estado líquido para vapor devido à queda de pressão, causando expansão do produto. A perda de água na saída da matriz provoca um resfriamento substancial e rápido do produto (BARBOSA et al., 2006)

Os valores determinados para farinha de arroz crua estão de acordo com o relatado na literatura. Valores próximos aos observados para a cv. IRGA 417 foram encontrados por Hagenimana, Ding e Fang (2006) ao analisarem farinha de arroz crua para o processo de extrusão (12,4%); por Ding et al. (2005) ao estudarem o efeito das condições de extrusão nas propriedades físico-químicas e sensoriais de *snacks* à base de arroz (12,3%); por Ascheri et al. (2006) ao determinarem o efeito da extrusão sobre a absorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba (12,01%); por Clerici, Airolid e El-Dash (2009) ao pesquisarem a produção de farinha de arroz ácida extrusada e sua influência sobre a qualidade de pão sem glúten (12,88%) e por Yeh, Wu e Jaw (1999) ao extrusarem farinha de arroz (12,8%).

Chuang e Yeh (2004) ao estudarem o efeito do perfil de rosca sobre a distribuição de tempo de residência e gelatinização do amido de farinha de arroz durante a extrusão de rosca simples determinaram teor de umidade para a farinha de arroz crua de 10,94% e Choudhury e Gautam (2003) encontraram valores de 9,95% ao determinarem os efeitos do músculo de peixe hidrolisado em variáveis de processo intermediário durante a extrusão de farinha de arroz em rosca dupla. Estes teores são próximos aos encontrados nesta pesquisa para a linhagem CNA 8502 (10,54%) e para a cv. BRS Primavera (10,21%).

As farinhas de arroz extrusadas diferiram entre si ($P \leq 0,05$) quanto ao conteúdo de umidade. A CNA 8502 apresentou o maior teor de umidade (9,50%), seguida pela cv. BRS IRGA 417 (9,39%) e pela cv. BRS Primavera (9,14%).

Su (2007) ao analisar os efeitos da adição de pó de casca de ovo sobre o comportamento de extrusão de arroz determinou um teor de umidade para a farinha de arroz extrusada a 160 °C e 14% de umidade, de 8,11%, abaixo do encontrado nesta pesquisa.

5.1.1.2 Cinzas

Pela análise de variância (ANOVA) observou-se que o processo de extrusão não exerceu influência sobre o conteúdo mineral das farinhas de arroz, tendo-se apenas o efeito de genótipo (Apêndice B).

Para os resultados apresentados na Tabela 8, o conteúdo mineral fixo médio foi maior na farinha da cv. IRGA 417 (0,39%) ($P \leq 0,05$), seguida pela linhagem CNA 8502 (0,32%) e cv. BRS Primavera (0,30%) que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Comportamento semelhante obtiveram Barbosa et al. (2006) ao analisarem o teor de cinzas em farinhas de arroz crua e submetida ao processo de extrusão. O conteúdo mineral

fixo não teve diferença significativa entre a farinha crua e a pré-gelatinizada, com valores médios de 0,70%.

Teores de cinzas em farinhas de arroz cruas próximos aos determinados nesta pesquisa foram relatados por Chuang e Yeh (2004), 0,35% de resíduo mineral fixo; por Guha, Ali e Bhattacharya (2003) ao avaliarem cinzas nas cultivares IR 64 e *Agoni Bora*., encontraram teores de 0,4% para as duas cultivares; Hagenimana, Ding e Fang (2006) reportaram valor de 0,39%.

Alguns pesquisadores determinaram teores de cinzas na farinha de arroz crua inferiores e superiores aos encontrados neste trabalho como Clerici, Airoid e El-Dash (2009), 0,27%; Choudhury e Gautam (2003) e Ilo, Liu e Berghofer (1999), ambos determinaram 0,47%; Yeh, Wu e Jaw (1999), 0,5% e Sachetti et al. (2004) de 0,6%.

5.1.1.3 Lipídios

Quanto ao conteúdo de lipídios, verificou-se interação significativa ($P \leq 0,05$) dos efeitos de genótipo e tratamento industrial após a análise de variância (ANOVA) apresentada no Apêndice B.

O teor lipídico das farinhas cruas variaram de 0,34 a 0,45% e nas farinhas extrusadas de 0,20 a 0,25%. A linhagem CNA 8502 apresentou maior teor de lipídio na farinha crua (0,45%) e na extrusada (0,20%), diferindo das demais ($P \leq 0,05$). As cvs. BRS Primavera e IRGA 417 apresentaram valores de lipídios de 0,37 e 0,34% para as farinhas cruas e 0,25 e 0,24% para as farinhas extrusadas, não diferindo entre si ($P > 0,05$).

Houve redução dos teores de lipídios nas farinhas extrusadas em relação às farinhas cruas das duas cultivares e da linhagem estudadas e isto se deve ao próprio processo de extrusão, devida a formação de interações moleculares envolvendo os lipídios (BRYANT et al., 2001) . Segundo Camire et al. (1990), há certa dificuldade de extração de lipídios a partir de produtos extrusados, já que durante a extrusão as moléculas de lipídios podem se ligar a outros componentes do alimento como proteínas e carboidratos, dificultando a sua extração na análise. Fato este observado por Barbosa et al. (2006) que determinaram teores de lipídios na farinha crua de 0,73% e na farinha extrusada de 0,28%.

As farinhas cruas avaliadas neste trabalho apresentaram conteúdo de lipídios próximos aos relatados por Hagenimana, Ding e Fang (2006) de 0,41% e por Clerici, Airoid e El-Dash (2009) de 0,32%.

O conteúdo lipídico das farinhas cruas apresentaram teores inferiores aos relatados por Ding et al. (2005) de 1,2%; por Chuang e Yeh (2004) de 0,52%; por Choudhury e Gautam

(2003) de 0,56%; por Yeh, Wu e Jaw (1999) de 0,5 %; Ilo, Liu e Berghofer (1999) de 0,77% e Guha, Ali e Bhattacharya (2003) de 0,7 % para a cultivar IR64 e 0,9% para a cultivar *Agoni Bora*.

5.1.1.4 Proteínas

De acordo com a análise de variância (ANOVA), apresentada no Apêndice B, houve interação significativa ($P \leq 0,05$) para conteúdo protéico entre os genótipos e tratamento industrial.

O processo de extrusão não afetou quantitativamente o teor de proteínas das farinhas extrusadas com relação às cruas da cultivar IRGA 417 e da linhagem CNA 8502 ($P > 0,05$). Já para a cultivar BRS Primavera ocorreu um aumento do teor de proteína na farinha extrusada ($P \leq 0,05$).

A farinha crua da cv. CNA 8502 apresentou o maior conteúdo protéico (10,23 %), seguida pela cv. BRS Primavera (8,90 %) e pela cv. IRGA 417 (8,52 %), todas diferindo entre si ($P \leq 0,05$). Nas farinhas extrusadas a cultivar BRS Primavera apresentou o maior teor de proteínas (10,33 %), seguida pela CNA 8502 (10,12 %) e pela IRGA 417 (8,64 %).

Quando comparadas as farinhas extrusadas com as cruas, as das cvs. IRGA 417 e CNA 8502 não diferiram entre si ($P > 0,05$), enquanto que na cv. BRS Primavera teve-se um aumento de 8,90% na farinha crua para 10,33% de proteína na farinha extrusada ($P \leq 0,05$).

Barbosa et al. (2006) relataram teores de proteína de 9,11% para a farinha de arroz crua e de 8,61% para a farinha de arroz extrusada, ocorrendo uma diminuição deste macroelemento após o processo de extrusão. Os autores não especificam a cultivar de arroz e os parâmetros de extrusão utilizados na pesquisa.

Teores próximos aos determinados nesta pesquisa para a farinha de arroz crua foram reportados por Sacchetti et al. (2004) de 9,0% e por Ilo, Liu e Berghofer (1999) de 8,13%.

Outros estudos relatam teores inferiores de proteínas na farinha de arroz crua como Choudhury e Gautam (2003) de 5,85%; Hagenimana, Ding e Fang (2006) de 6,71%; Clerici, Airoid e El-Dash (2009) de 7,56%; Yeh, Wu e Jaw (1999) de 7,6%.

5.1.2 Teor de amilose

Pela análise de variância (ANOVA), apresentada no Apêndice B, o genótipo e o tratamento industrial isoladamente exerceram efeito significativo no conteúdo de amilose em um intervalo de confiança de 95 %, sem ocorrer o efeito de interação. Os teores de amilose

presentes nas farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e na linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de amilose das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Amilose (%)			
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502	MT
CRU	25,63 ± 0,56	24,40 ± 0,73	23,00 ± 0,45	24,34 ^b
EXTRUSADO	27,24 ± 0,81	25,98 ± 0,22	23,41 ± 0,30	25,55 ^a
MG	26,44 ^A	25,19 ^B	23,21 ^C	

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$); MT = média do tratamento; MC = média do genótipo.

Juntamente com a amilopectina, a amilose é uma das frações que compõe o amido, sendo o principal determinante das características culinárias dos grãos de arroz, podendo variar de 1% a 37% conforme Jennings, Coffman e Kauffman (1985). As cultivares são classificadas em função de seu teor de amilose, sendo de baixo (< 22%), intermediário (22 a 27%) e alto (> 27%) (CHANDLER, 1984; KUMAR; KHUSH, 1987).

Avaliando-se o efeito de cultivar, observa-se que os valores médios de amilose diferiram entre si ($P \leq 0,05$) nos materiais genéticos estudados, sendo superior na cv. IRGA 417, seguida pela BRS Primavera e CNA 8502. Quanto ao teor de amilose as cultivares foram classificadas como de amilose intermediária (22 a 27%).

As diferenças nos teores de amilose podem ser explicadas pela diferença química entre as cultivares estudadas. O amido é composto por unidades de D-glicose, organizadas em dois homopolissacarídeos, a amilose e a amilopectina. A amilose praticamente não apresenta ramificações, sendo que as unidades de glicose são conectadas por ligações glicosídicas do tipo α (1,4) e a porcentagem de ramificações α (1,6) é menor do que 1% (BALL; WAL: VISSER, 1998). A amilopectina, uma das maiores biomoléculas conhecidas, é altamente ramificada e possui cadeias de resíduos de glicose ligados entre si por ligações glicosídicas do tipo α (1,4) com aproximadamente 5% de ramificações α (1,6) (MYERS et al., 2000). Durante o processo de extrusão pode ter ocorrido o rompimento de algumas ramificações da longa cadeia da amilopectina, gerando cadeias lineares semelhantes a da amilose que seriam detectadas pelo método utilizado na determinação de amilose.

5.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS FARINHAS CRUAS E EXTRUSADAS

5.2.1 Índice de expansão (IE)

Os resultados obtidos para o índice de expansão (IE) dos extrusados das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Índice de expansão dos extrusados das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Índice de expansão		
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
EXTRUSADO	3,14 ± 0,17 ^a	2,90 ± 0,21 ^b	2,93 ± 0,08 ^b

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; a, b diferem significativamente pelo teste Tuckey ($P \leq 0,05$).

Como pode ser observado nos resultados obtidos para os extrusados das cvs. IRGA 417, BRS Primavera e da linhagem CNA 8502, os extrusados apresentaram valores de IE entre 2,90 e 3,14. O índice de expansão foi superior no extrusado de farinha de arroz da cv. IRGA 417 (3,14), que diferiu das demais ($P \leq 0,05$). O extrusado da linhagem CNA 8502 obteve índice de expansão de 2,93, não diferindo ($P > 0,05$) do da cultivar BRS Primavera, com 2,90.

Estudos relatam que o conteúdo de proteína é negativamente relacionado com a expansão de produtos extrusados (GUJSKA; KHAN, 1991) e que um maior conteúdo de lipídios poderia afetar as características da matriz de amido, de modo a diminuir sua capacidade de retenção de vapores de água, resultando numa menor expansão (BHATNAGAR; HANNA, 1994). Isto pode explicar a menor expansão dos extrusados da cv. BRS Primavera e da linhagem CNA 8502, uma vez que estas apresentaram teores de proteínas e lipídios nas farinhas cruas de 8,90; 10,23 g.100g⁻¹ e 0,31; 0,32 g.100g⁻¹, respectivamente, superiores ao determinado para a cv. IRGA 417 de 8,52 e 0,34 g.100g⁻¹.

O efeito dos lipídeos da matéria-prima nos extrusados é bem documentado na literatura. Óleos e gorduras possuem ação lubrificante que reduz a dissipação de energia mecânica e tendem a proteger a dispersão do grânulo de amido durante a extrusão. Isso reduz a quantidade de amido gelatinizado na massa e previne a expansão de extrusados (GUY, 2001).

Ding et al. (2005) estudaram o efeito dos parâmetros de extrusão nas características físicas e químicas de produtos expandidos à base de arroz e encontraram que a umidade inicial do produto é o principal fator que afeta a expansão dos produtos extrusados.

De acordo com Mercier, Linko e Harper (1998) o grau de expansão máxima está estreitamente relacionado ao conteúdo de amido e a máxima expansão é obtida com amidos puros (aumento de 500% no diâmetro do produto), seguido de grãos inteiros (400%) e com menor expansão gérmen (150-200%). O conteúdo mínimo de amido destes produtos é de 10, 65-78, 40-50 e 0-10, respectivamente, e o limite mínimo de conteúdo de amido para a expansão é de 60-70%.

Ding et al. (2005), trabalhando com farinha de arroz extrusada a temperatura de 120 °C e 16 % e 18% de umidade, determinaram índices de expansão dos extrusados de 3,41 e 2,94, respectivamente. Estes valores estão próximos aos verificados neste estudo.

A expansão de produtos extrusados relaciona-se diretamente à sua textura, sendo que produtos de grande expansão são mais crocantes devido a sua estrutura interna apresentar células maiores com paredes finas. Os produtos extrusados são caracterizados quanto a sua expansão e normalmente a expansão máxima é desejada para *snacks*. Já para cereais matinais extrusados expandidos é preciso obter produtos com uma densidade aparente maior, porosidade menor e paredes de estrutura mais grossas, pois esses produtos serão submetidos à imersão em um meio aquoso como o leite, e deverão manter a sua textura durante o maior tempo possível, absorvendo pouca umidade (MERCIER; LINKO; HARPER, 1998).

5.2.2 Parâmetros instrumentais de cor

A cor é um importante atributo para a indústria de alimentos. Consumidores frequentemente decidem suas escolhas baseados na aparência dos produtos, principalmente pela cor. Muitas vezes, a cor e o sabor estão diretamente relacionados. Para muitos cereais matinais a cor mais escura provavelmente esteja relacionada ao sabor de queimado. Processos como a extrusão podem afetar a cor de produtos e, por isso, parâmetros instrumentais de cor devem ser monitorados (HUNTER LAB, s. d.).

A análise de variância (ANOVA), apresentada no Apêndice A, mostrou haver interação significativa ($P \leq 0,05$) para os parâmetros instrumentais de cor L^* , a^* e b^* entre os genótipos e tratamento industrial. Os parâmetros instrumentais médios de cor das farinhas cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios seguidos pelos desvios-padrão da luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* das farinhas cruas e extrusadas de arroz das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Parâmetro	Tratamento	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
L^*	Cru	92,49 ± 0,13 ^{ABa}	92,64 ± 0,15 ^{Aa}	92,37 ± 0,10 ^{Ba}
	Extrusado	86,62 ± 0,11 ^{Aa}	85,80 ± 0,11 ^{Cb}	86,09 ± 0,08 ^{Bb}
a^*	Cru	-0,22 ± 0,01 ^{Ab}	-0,30 ± 0,02 ^{Bb}	-0,29 ± 0,01 ^{Bb}
	Extrusado	0,64 ± 0,02 ^{Ba}	1,19 ± 0,02 ^{Aa}	0,67 ± 0,01 ^{Ba}
b^*	Cru	5,06 ± 0,01 ^{Bb}	4,50 ± 0,03 ^{Cb}	5,20 ± 0,02 ^{Ab}
	Extrusado	9,92 ± 0,10 ^{Ca}	11,53 ± 0,26 ^{Aa}	10,43 ± 0,13 ^{Ba}

¹ Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste Tuckey ($P \leq 0,05$); L^* = luminosidade; a^* = croma variando de verde (-60) a vermelho (+60); b^* = croma variando de azul (-60) ao amarelo (+60).

Todos os parâmetros instrumentais de cor (luminosidade, coordenada de cromaticidade a^* e b^*) das farinhas de arroz cruas e extrusadas foram afetados pelo processo de extrusão. A escala L^* é uma indicação da luminosidade, ou seja, o quanto a amostra é clara ou escura (GOOD, 2002). A luminosidade L^* nas farinhas extrusadas variou entre 85,80 e 86,62, indicando menor luminosidade quando comparadas com as farinhas cruas.

Entre as farinhas de arroz cruas, a CNA 8502 apresentou-se mais escura que a cv. BRS Primavera ($P \leq 0,05$), enquanto que a cv. IRGA 417 não diferiu das demais ($P > 0,05$), apesar dos valores de L^* para as três cultivares variarem em décimos. As farinhas extrusadas diferiram entre si ($P \leq 0,05$), sendo mais clara a da cv. IRGA 417 e mais escura a da cv. BRS Primavera.

A coordenada de cromaticidade a^* das farinhas extrusadas apresentou valores superiores aos observados para as farinhas cruas. Considerando que este componente de cor varia de verde (-60) a vermelho (+60) (MINOLTA, 1993), pode-se dizer que ocorreu uma pequena tendência para o vermelho nas farinhas extrusadas.

Nas farinhas cruas o maior valor de a^* foi observado na cv. IRGA 417 (-0,22) que diferiu ($P \leq 0,05$) da linhagem CNA 8502 (-0,29) e da cv. BRS Primavera (-0,30), que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Já nas farinhas extrusadas, o maior valor da coordenada de cromaticidade a^* foi na cv. BRS Primavera (1,19) que diferiu ($P \leq 0,05$) da linhagem CNA 8502 (0,67) e da cv. IRGA 417 (0,64), que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Os valores da coordenada b^* , que representam variação entre o azul (-60) e o amarelo (+60) (MINOLTA, 1993), nas farinhas extrusadas foram superiores aos observados para as farinhas cruas, indicando a presença da cor amarela em todas as farinhas, com maior

intensidade nas extrusadas. Isso pode ser devido à severidade do processo de extrusão, em que são formados compostos de coloração parda, oriundos da reação de *Maillard* (BRYANT et al., 2001).

Todas as farinhas cruas e extrusadas diferiram entre si ($P \leq 0,05$) quanto à coordenada de cromaticidade b^* . Nas farinhas cruas o maior valor de b^* foi observado na linhagem CNA 8502, seguida pelas cultivares IRGA 417 e BRS Primavera. Já nas farinhas extrusadas o maior valor de b^* foi determinado para a cv. BRS Primavera, seguida pela linhagem CNA 8502 e pela cv. IRGA 417.

De acordo com os resultados dos parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , observou-se que a farinha da cv. BRS Primavera foi a que mais sofreu mudanças em sua coloração com o processo de extrusão, passando de um maior valor de luminosidade para o menor valor e de menores valores de a^* e b^* para os maiores valores.

Durante o processo de extrusão ocorrem algumas reações que levam à mudança de cor do produto, sendo as mais comuns as reações de escurecimento do tipo não-enzimático, como a reação de *Maillard* e caramelização, e a degradação de pigmentos (ILO; BERGHOFER, 1999). O valor do componente de luminosidade L^* diminui, enquanto os valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* aumentam (ILO; LIU; BERGHOFER, 1999).

A formação de cor durante o processo de extrusão está diretamente relacionada com a composição da formulação e com o grau de tratamento térmico (LINKO et al., 1981). Condições severas resultam em produtos mais escuros, com valores de L^* menores e aumentos nos valores das coordenadas a^* e b^* (BADRIE; MELLOWES, 1991).

Barbosa et al. (2006) ao estudarem a elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz determinaram valores de L^* de 95,41 e 94,90 para farinha de arroz crua e extrusada, respectivamente, sem especificar a cultivar utilizada. Os valores de L^* para a farinha crua estão próximos aos determinados neste estudo, porém para a farinha extrusada, o valor foi superior ao determinado neste estudo, o que pode ser explicado pelas condições de extrusão, as quais não foram explicitadas no artigo citado.

Ao estudar o efeito da adição de pó de casca de ovo sobre o comportamento de extrusados de arroz, Su (2007) extrusou farinha de arroz a 160 °C e 14% de umidade, sem citar a cultivar utilizada. O valor de L^* encontrado foi de 82,34, próximo aos valores determinados neste estudo. O valor da coordenada de cromaticidade a^* foi de 0,82, semelhante à média dos valores encontrados neste trabalho para as farinhas extrusadas da cultivares, que foi de 0,83. Já o valor de b^* de 9,28, está próximo a média do valor determinado para as farinha extrusada da cv. IRGA 417 (9,92).

5.2.3 Granulometria

Os perfis granulométricos das farinhas cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

Tabela 6. Perfil granulométrico da farinha crua e extrusada de arroz da cultivar IRGA 417¹

Tamanho das partículas (µm)	Quantidade de farinha de arroz retida em cada peneira (%)	
	Farinha de arroz crua	Farinha de arroz extrusada
> 297	2,29 ± 0,16 ^a	0,39 ± 0,01 ^b
250 – 297	4,82 ± 0,18 ^a	2,84 ± 0,18 ^b
180 – 250	24,29 ± 1,05 ^a	16,20 ± 0,52 ^b
150 – 180	28,51 ± 1,42 ^a	15,61 ± 0,22 ^b
80 – 150	27,20 ± 1,28 ^a	25,89 ± 0,03 ^a
74 - 80	10,21 ± 0,62 ^b	18,42 ± 0,42 ^a
< 74	2,68 ± 0,16 ^b	20,65 ± 0,69 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes, minúsculas (mesma linha), diferem significativamente pelo teste Tuckey ($P \leq 0,05$).

Tabela 7. Perfil granulométrico da farinha crua e extrusada de arroz da cultivar BRS Primavera¹

Tamanho das partículas (µm)	Quantidade de farinha de arroz retida em cada peneira (%)	
	Farinha de arroz crua	Farinha de arroz extrusada
> 297	2,05 ± 0,13 ^a	0,33 ± 0,02 ^b
250 – 297	2,22 ± 0,08 ^b	2,51 ± 0,06 ^a
180 – 250	8,20 ± 0,45 ^b	14,91 ± 0,31 ^a
150 – 180	15,50 ± 1,14 ^a	14,57 ± 0,27 ^a
80 – 150	33,44 ± 0,95 ^a	24,39 ± 0,68 ^b
74 - 80	27,95 ± 0,78 ^a	19,18 ± 0,30 ^b
< 74	10,67 ± 0,43 ^b	24,12 ± 0,95 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes, minúsculas (mesma linha), diferem significativamente pelo teste Tuckey ($P \leq 0,05$).

Tabela 8. Perfil granulométrico da farinha crua e extrusada de arroz da linhagem CNA 8502¹

Tamanho das partículas (µm)	Quantidade de farinha de arroz retida em cada peneira (%)	
	Farinha de arroz crua	Farinha de arroz extrusada
> 297	2,87 ± 0,22 ^a	0,38 ± 0,03 ^b
250 – 297	10,78 ± 0,67 ^a	3,50 ± 0,06 ^b
180 – 250	48,53 ± 1,58 ^a	16,76 ± 0,09 ^b
150 – 180	28,24 ± 1,75 ^a	15,06 ± 0,08 ^b
80 – 150	7,01 ± 0,25 ^b	24,30 ± 0,09 ^a
74 - 80	2,30 ± 0,09 ^b	18,25 ± 0,32 ^a
< 74	0,28 ± 0,02 ^b	21,76 ± 0,35 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão; Letras diferentes, minúsculas (mesma linha), diferem significativamente pelo teste Tuckey ($P \leq 0,05$).

Com relação ao tamanho das partículas observou-se que as farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera apresentaram partículas finas (< 250

µm). Na cv. IRGA 417, 92,89% da farinha apresentou granulometria inferior a 250 µm, aumentando este percentual para 96,77% na farinha extrusada. As farinhas da cultivar BRS Primavera, também apresentaram concentração maior de partículas inferiores a 250 µm nas farinhas crua (95,76%) e extrusada (97,17%).

Já a linhagem CNA 8502 apresentou um percentual inferior de partículas menores que 250 µm na farinha crua (86,36%) quando comparada com a farinha crua das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera. Na farinha estrusada da linhagem CNA 8502, este percentual aumentou (96,13%), equiparando-se com o dos outros genótipos avaliados.

Todas as farinhas, tanto cruas quanto extrusadas, dos genótipos avaliados, apresentaram percentual inferior aos 98% determinados para farinha de trigo de acordo com a Portaria nº 354 de 18 de julho de 1996, que estabelece a identidade e características mínimas de qualidade para farinha de trigo. Nesta, a farinha de trigo é classificada como farinha de trigo especial ou de primeira, ou farinha de trigo comum, desde que 98% do produto passe através dos orifícios de peneira com abertura de malha de 250 µm (BRASIL, 1996).

Observações conflitantes sobre a influência do tamanho das partículas da farinha a ser extrusada nas características físico-químicas dos extrusados têm sido observadas. Há relatos na literatura de que partículas maiores resultam em menor índice de expansão devido, entre outros fatores, à incompleta gelatinização do amido (MOHAMED, 1990; GARBER; HSIEH; HUFF, 1997; DESRUMAUX; BOUVIER; BURRI, 1998). Mohamad (1990) constatou que a irregularidade no tamanho de partículas influencia negativamente em características físicas como dureza e expansão de produtos extrusados. No entanto, estes parâmetros também podem ser influenciados por diferentes condições do processo de extrusão, além das características próprias de composição de cada matéria-prima.

Para a extrusão, o tamanho das partículas é um fator importante. As partículas pequenas são mais rapidamente fundidas e a massa resultante, de viscosidade baixa, não é transportada apropriadamente através da rosca de extrusão, podendo causar até a queima do material no interior da extrusora (MENDONÇA et al., 2005).

Clerice, Airoid e El-Dash (2009) determinaram granulometria da farinha de arroz crua de 63% acima de 180 µm e 37 % abaixo deste valor, comportamento este observado no perfil granulométrico da farinha crua da linhagem CNA 8502, com 62,18% acima de 180 µm e 37,83% abaixo.

Percentual semelhante de partículas finas na farinha crua da cv. BRS Primavera foi observado por Choudhury e Gautam (2003), que determinaram 83% de partículas inferiores a 180 µm na da farinha de arroz crua.

Ormense e Chang (2003) analisaram o perfil granulométrico de farinhas cruas e extrusadas de arroz e relataram que a farinha de arroz crua era composta principalmente de partículas finas, inferiores a 180 μm , enquanto que a farinha de arroz extrusada apresentava alto percentual de partículas mais grossas, acima de 180 μm .

O tamanho das partículas da farinha pode variar de acordo com o processo de moagem, que se for inadequado, contribui para maior número de partículas heterogêneas na farinha, comprometendo a qualidade final dos produtos elaborados (LINDEN; LORIENT, 1994). Por outro lado, a homogeneidade no tamanho de partículas promove cozimento adequado e uniforme da matéria-prima durante o processo de extrusão, previne a dureza e o cozimento parcial que comprometem a qualidade do produto extrusado, tanto na aparência quanto na palatabilidade (RAMIREZ; WANDERLEI, 1997).

5.2.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os aspectos gerais das farinhas de arroz antes e após a extrusão das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 avaliados por microscopia eletrônica de varredura (MRE) estão apresentados nas Figuras 9, 10 e 11.

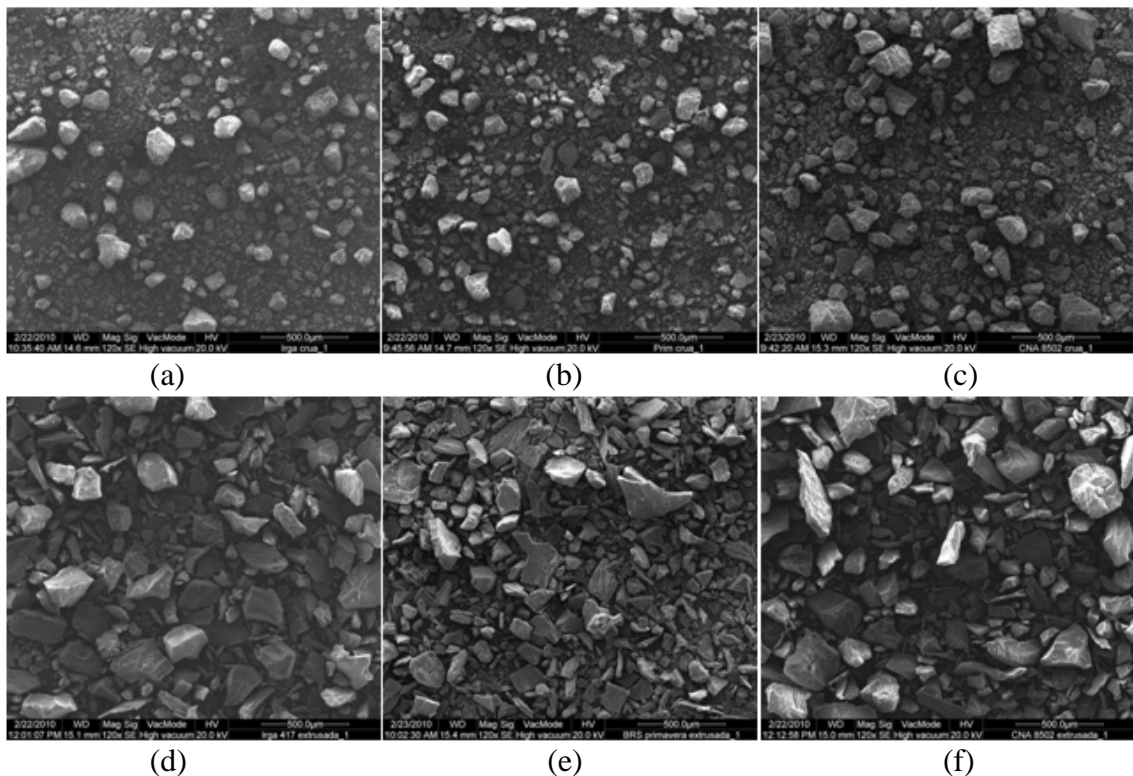


Figura 9. Micrografias das farinhas de arroz em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 120x. Farinhas cruas: (a) IRGA 417; (b) BRS Primavera; (c) CNA 8502. Farinhas extrusadas: (d) IRGA 417; (e) BRS Primavera; (f) CNA 8502.

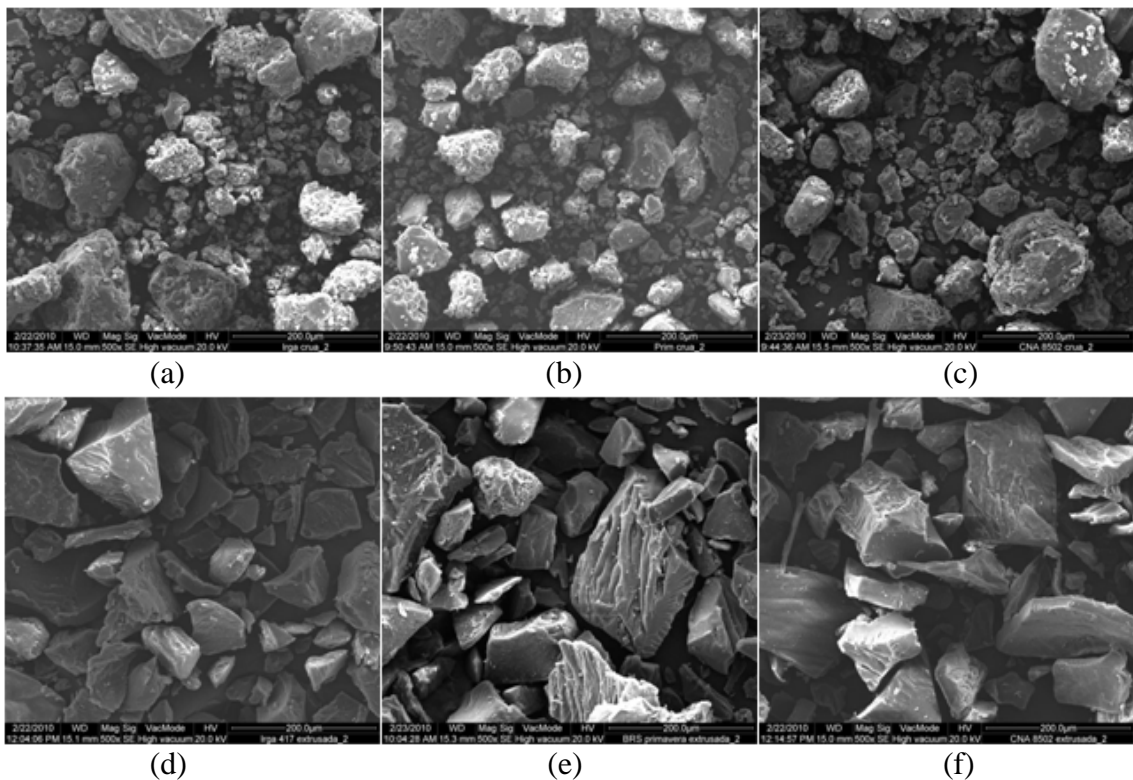


Figura 10. Micrografias das farinhas de arroz em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 500x. Farinhas cruas: (a) IRGA 417; (b) BRS Primavera; (c) CNA 8502. Farinhas extrusadas: (d) IRGA 417; (e) BRS Primavera; (f) CNA 8502.

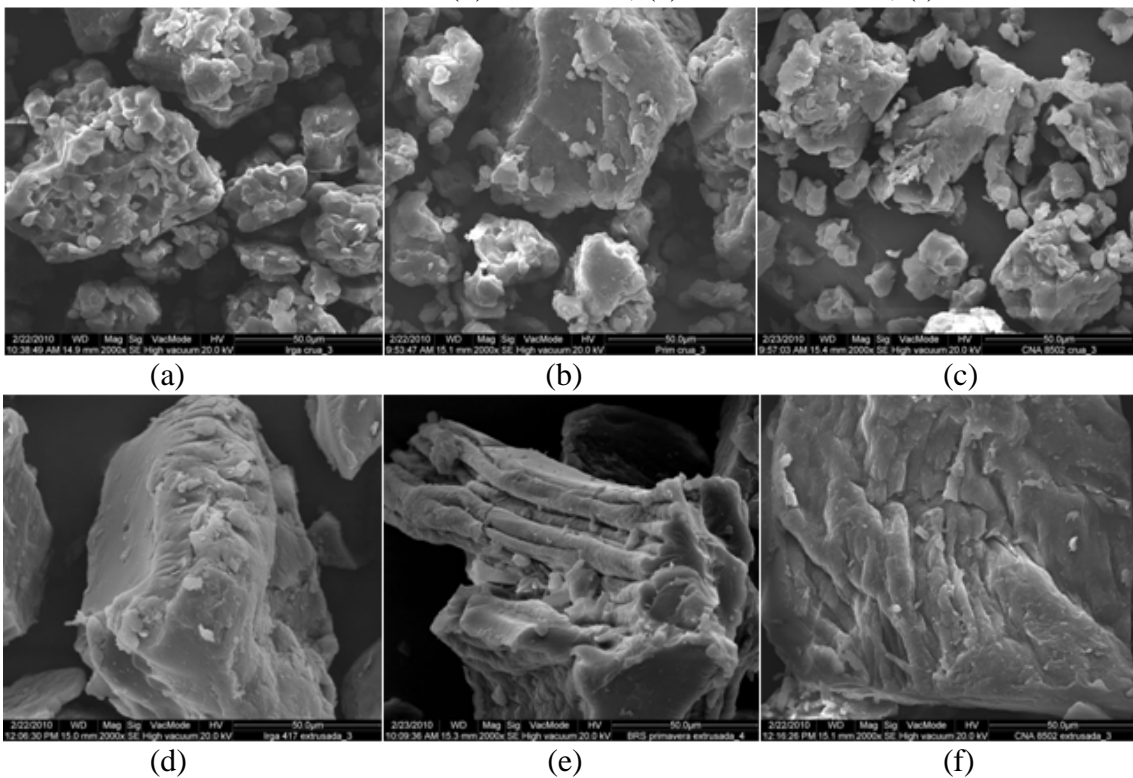


Figura 11. Micrografias das farinhas de arroz em microscópio eletrônico de varredura sob aumento de 2000x. Farinhas cruas: (a) IRGA 417; (b) BRS Primavera; (c) CNA 8502. Farinhas extrusadas: (d) IRGA 417; (e) BRS Primavera; (f) CNA 8502.

Nas farinhas de arroz não extrusadas (Figuras 9, 10 e 11, (a), (b) e (c)), os componentes apresentaram-se soltos ou aglomerados, porém íntegros. Pelas fotos podem ser identificados grânulos de amido em seus formatos originais e materiais não amiláceos, que se acham aderidos entre si ou aos grânulos de amido. Nas Figuras 9, 10 e 11, (d), (e) e (f), observa-se que as farinhas de arroz extrusadas apresentam-se como uma massa compacta, amorfa, onde não é possível distinguir grânulos de amido e material não amiláceo. Pode-se observar que o material extrusado apresenta superfície irregular, com partes lisas, partes estriadas e alguns orifícios.

5.3 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FARINHAS CRUAS E EXTRUSADAS

5.3.1 Índice de absorção de água (IAA)

Quando produtos extrusados à base de farinhas ou amidos são dispersos em excesso de água, as principais propriedades funcionais são: a absorção de água e a solubilidade em água. Amidos nativos não absorvem água facilmente à temperatura ambiente e a sua viscosidade é quase zero, enquanto produtos extrusados absorvem água formando um gel à temperatura ambiente (MERCIER; LINKO; HARPER, 1998).

De acordo com a ANOVA, apenas o tratamento industrial (cru e extrusado) exerceu efeito significativo no índice de absorção em água (IAA) em um intervalo de confiança de 95% (Apêndice C). Os resultados para o índice de absorção em água das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Índice de absorção em água das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Índice de absorção em água (IAA)			
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502	MT
CRU	2,85 ± 0,08	2,64 ± 0,06	2,78 ± 0,05	2,76 ^b
EXTRUSADO	10,23 ± 0,02	10,18 ± 0,16	10,56 ± 0,36	10,32 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão (g gel/g de matéria seca); Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$); MT = média do tratamento.

A média do IAA das farinhas de arroz cruas foi de 2,76 g gel/g de matéria seca, diferindo da média ($P \leq 0,05$) das farinhas de arroz extrusadas de 10,32 g gel/g de matéria seca, que aumentou consideravelmente.

O índice de absorção em água varia de acordo com o grau de gelatinização sofrido pelo amido durante o processo de extrusão, assim, quanto maior a gelatinização, maior o número de hidroxilas disponíveis para formar ligações de hidrogênio com a água e, como consequência, maior o IAA (GROSSMANN, 1986).

O IAA depende da disponibilidade de grupos hidrofílicos para se ligarem à molécula de água. O amido nativo, praticamente não apresenta absorção de água a frio, já um amido pré-gelatinizado apresenta valores relativamente altos, dependendo do grau de severidade do tratamento a que foi submetido (LINKO; COLONNA; MERCIER, 1981).

Bryant et al. (2001) avaliaram o IAA de farinha de arroz crua, com umidade de 12,4 g 100 g⁻¹, antes de submetê-la ao processo de extrusão e encontraram IAA de 2,25 g gel/g de matéria seca, valor este inferior ao encontrado neste trabalho. Já ao extrusarem farinha de arroz com 15 % de umidade a uma temperatura de 100 °C, encontraram valores de 4,48 g gel/g de matéria seca para o IAA, valor inferior ao relato nesta pesquisa para a média das farinhas extrusadas analisadas.

Guha, Ali e Bhattacharya (2003) ao estudarem o efeito de parâmetros de extrusão nas características de farinhas de arroz de duas variedades, uma com alto (28,6%) e outra com baixo (5%) conteúdo de amilose, encontraram teores de IAA de 2,6 g gel/g de matéria seca na farinha crua da variedade IR 64 (alta amilose) e 2,7 g gel/g de matéria seca na da variedade *Agoni Bora* (baixa amilose). Ao extrusarem as farinhas de arroz das variedades IR 64 e *Agoni Bora* com umidade de 20% e temperatura de 100 °C, encontraram IAA de 5,0 e 5,1 g gel/g de matéria seca, respectivamente.

Propriedade indicativa da possibilidade de utilização das farinhas extrusadas, a alta capacidade de absorção de água é desejável para o preparo de sopas, mingaus e pudins instantâneos (TORRES et al., 2005), produtos cárneos, pães e bolos, para os quais valores altos de IAA são importantes para ajudar a manter umidade destes (JAMES: SLOAN, 1984). Desta forma, os valores de IAA determinados para as farinhas extrusadas estudadas são considerados desejáveis na utilização em produtos cárneos e de panificação, permitindo a adição de mais água à massa, melhorando, assim, suas características de manuseio.

5.3.2 Índice de solubilidade em água (ISA)

O índice de solubilidade em água normalmente é utilizado em produtos extrusados como indicador da degradação de componentes moleculares. Indica, por exemplo, o grau de conversão do amido durante o processo, medindo a quantidade de polissacarídeos solúveis liberados das macromoléculas componentes do amido após o processo de extrusão (DING et al., 2005). Relacionado à quantidade de sólidos solúveis em uma amostra seca, é um parâmetro que reflete a somatória dos efeitos de gelatinização, dextrinização e consequente solubilização (COLONNA et al., 1984).

O Apêndice C apresenta a análise de variância (ANOVA) dos resultados obtidos para o índice de solubilidade em água (ISA), indicando que houve interação significativa ($P \leq 0,05$) entre genótipos e tratamento industrial (cru e extrusado). Os índices de solubilidade em água (ISA) das farinhas cruas e extrusadas das cvs. BRS IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Índice de solubilidade em água (ISA)		
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
CRU	1,22 ± 0,04 ^{Bb}	1,07 ± 0,04 ^{Cb}	1,41 ± 0,01 ^{Ab}
EXTRUSADO	20,79 ± 0,22 ^{Ca}	29,27 ± 0,49 ^{Ba}	34,81 ± 1,13 ^{Aa}

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão (em %); Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$).

O índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas cruas diferiram entre si ($P \leq 0,05$), sendo que a linhagem CNA 8502 apresentou o maior índice (1,41 g gel/g de matéria seca), seguida pela cv. BRS IRGA 417 (1,22 g gel/g de matéria seca) e pela cv. BRS Primavera (1,07 g gel/g de matéria seca). Nas farinhas extrusadas, a linhagem CNA 8502 também apresentou o maior ISA (34,81 g gel/g de matéria seca), seguida pela cv. BRS Primavera (29,27 g gel/g de matéria seca) e pela cv. BRS IRGA 417 (20,79 g gel/g de matéria seca), todas diferindo entre si ($P \leq 0,05$).

Segundo Wang et al. (1999a), durante o processo de extrusão ocorre degradação macromolecular tanto da amilose como da amilopectina, levando a formação de moléculas de menor peso molecular e, conseqüentemente, produtos com maior solubilidade em água.

Além da gelatinização do amido, que resulta na liberação de amilose e amilopectina, pode ocorrer também a dextrinização dos componentes do amido e outras reações que

conduzem à formação de compostos de baixo peso molecular, influenciando o ISA (ALVIM, SGARBIERI; CHANG, 2002; RIAZ, 2002).

O índice de solubilidade em água varia de acordo com o grau de dextrinização sofrido pelo amido durante o processo de extrusão, assim, quanto maior a dextrinização, maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores (dextrinas), que são mais solúveis em água e, conseqüentemente, maior o ISA (GROSSMANN, 1986).

Guha, Ali e Bhattacharya (2003) ao estudarem o efeito de parâmetros de extrusão nas características de farinhas de arroz de duas variedades, uma com alto (28,6%) e outra com baixo (5%) conteúdo de amilose, encontraram teores de ISA de 2,3 g gel/g de matéria seca na farinha crua da variedade IR 64 (alta amilose) e 7,6 g gel/g de matéria seca na da variedade *Agoni Bora* (baixa amilose). Ao extrusarem as farinhas de arroz das variedades IR 64 e *Agoni Bora* com umidade de 20 % e temperatura de 100 °C, encontraram ISA de 20,2 e 32,4 g gel/g de matéria seca, respectivamente.

Su (2007) ao extrusar farinha de arroz com 15% de umidade e temperatura de 160 °C obteve um ISA de 21,4 g gel/g de matéria seca para a farinha pré-gelatinizada, valor próximo ao determinado na farinha extrusada da cv. BRS IRGA 417.

Ao estudar o uso de farinha de arroz na elaboração de mortadela, Barbosa et al. (2006) determinaram um ISA da farinha de arroz crua de 1,82 g gel/g de matéria seca e de 14,98 g gel/g de matéria seca para a farinha de arroz pré-gelatinizada pelo processo de extrusão.

5.3.3 Índice de absorção em óleo (IAO)

A análise de variância (ANOVA) mostrou que apenas o tratamento industrial exerceu efeito significativo ($P \leq 0,05$) no índice de absorção em óleo (Apêndice C). Os resultados para o índice de absorção em óleo (IAO) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Índice de absorção em óleo (IAO) das farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Índice de absorção em óleo (IAO)			
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502	MT
CRU	1,81 ± 0,02	1,67 ± 0,05	1,76 ± 0,12	1,75 ^b
EXTRUSADO	1,97 ± 0,13	2,03 ± 0,13	2,02 ± 0,08	2,00 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão (g gel/g de matéria seca); Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$); MT = média do tratamento.

A extrusão exerce pouco efeito na absorção de óleo nas farinhas de arroz extrusadas quando comparada com as cruas. A média do IAO das farinhas extrusadas foi 12,5% superior à média determinada para as farinhas cruas.

Bryant et al. (2001) encontraram valores de IAO variando entre 0,8 a 1,2 g/g para farinha de arroz extrusada. Abdel-Aal et al. (1992) também observou que a extrusão tem pequeno efeito no IAO quando utilizaram uma mistura de concentrado protéico de fava e farinha de arroz, o IAO variou no extrusado de farinha de arroz entre 2,4 e 3,0 g/g.

É possível que um conteúdo maior de amido gelatinizado na farinha extrusada aumente o IAO. Da mesma forma que o IAA está relacionado com os grupos hidrofílicos dos produtos extrusados, o índice de absorção em óleo (IAO) está relacionado com os grupos hidrofóbicos e com a capacidade de manter em sua estrutura certa quantidade de óleo. No processo de extrusão, os grânulos de amido sofrem gelatinização e o balanço hidrofílico/hidrofóbico é alterado, modificando a absorção de óleo (LEORO, 2007).

5.3.4 Índice de absorção em leite (IAL)

A análise de variância (ANOVA), apresentada no Apêndice C, mostrou que, para o índice de absorção em leite (IAL), o único efeito estatisticamente significativo ($P \leq 0,05$) foi o tratamento industrial. Os valores obtidos para o índice de absorção em leite (IAL) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Índice de absorção em leite (IAL) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Índice de absorção em leite (IAL)			
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502	MT
CRU	3,37 ± 0,17	3,00 ± 0,06	3,40 ± 0,09	3,26 ^b
EXTRUSADO	20,26 ± 1,03	18,96 ± 1,01	22,02 ± 0,65	20,41 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão (g gel/g de matéria seca) ; Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$); MT = média do tratamento.

A média do IAL das farinhas cruas foi de 3,26 g gel/g de matéria seca, enquanto o índice das farinhas extrusadas foi de 20,41 g gel/g de matéria seca, um aumento de 6,26 vezes.

Ao comparar os valores de IAL com o IAA, observou-se um incremento no índice, indicando que houve maior absorção em leite das farinhas extrusadas de todos os materiais genéticos estudados. Este fato também foi evidenciado por Leoro (2007) ao produzirem

extrusados orgânicos à base de farinha de milho e farelo de maracujá, porém com um aumento 13,37 % no IAL em relação ao IAA.

O índice de absorção em leite é importante quando se pretende elaborar produtos como cereais matinais ou produtos a base de leite como alimentos infantis instantâneos, sobremesas lácteas, requeijão e doces. No caso de cereais matinais extrusados, índices elevados de absorção em leite não são interessantes, uma vez que uma das características destes produtos é a textura crocante mesmo quando embebidos em leite. Já para produtos como bases para pudins instantâneos e alimentos infantis como mingaus, o IAL é interessante para a rápida homogeneização do produto e evitar características como a sinerese.

5.3.5 Índice de solubilidade em leite (ISL)

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os genótipos e os tratamentos industriais utilizados, ocorrendo apenas o efeito isolado do tratamento industrial ($P \leq 0,05$) no índice de solubilidade em leite (ISL) das farinhas cruas e extrusadas. A análise de variância (ANOVA) está apresentada no Apêndice C.

Os índices de solubilidade em leite (ISL) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Índice de solubilidade em leite (ISL) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Índice de solubilidade em leite (ISL)			
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502	MT
CRU	5,56 ± 0,21	5,01 ± 0,44	5,81 ± 0,07	5,46 ^b
EXTRUSADO	60,66 ± 1,83	59,50 ± 2,05	65,29 ± 1,35	61,82 ^a

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão (g gel/g de matéria seca) ; Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$); MT = média do tratamento.

O índice de solubilidade em leite (ISL) das farinhas cruas sofreu influência significativa após o processo de extrusão, aumentando 11,32 vezes.

As farinhas de arroz cruas e extrusadas foram mais solúveis em leite que em água indicando a sua aplicação na elaboração de produtos instantâneos como alimentos infantis, sobremesas e produtos a base de leite.

5.3.6 Propriedades viscoamilográficas

A análise de variância, apresentadas no Apêndice D, mostrou que para as propriedades viscoamilográficas analisadas, houve efeito de interação significativa ($P \leq 0,05$) entre genótipos e tratamento industrial.

A curva viscoamilográfica das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 está apresentada na Figura 12.

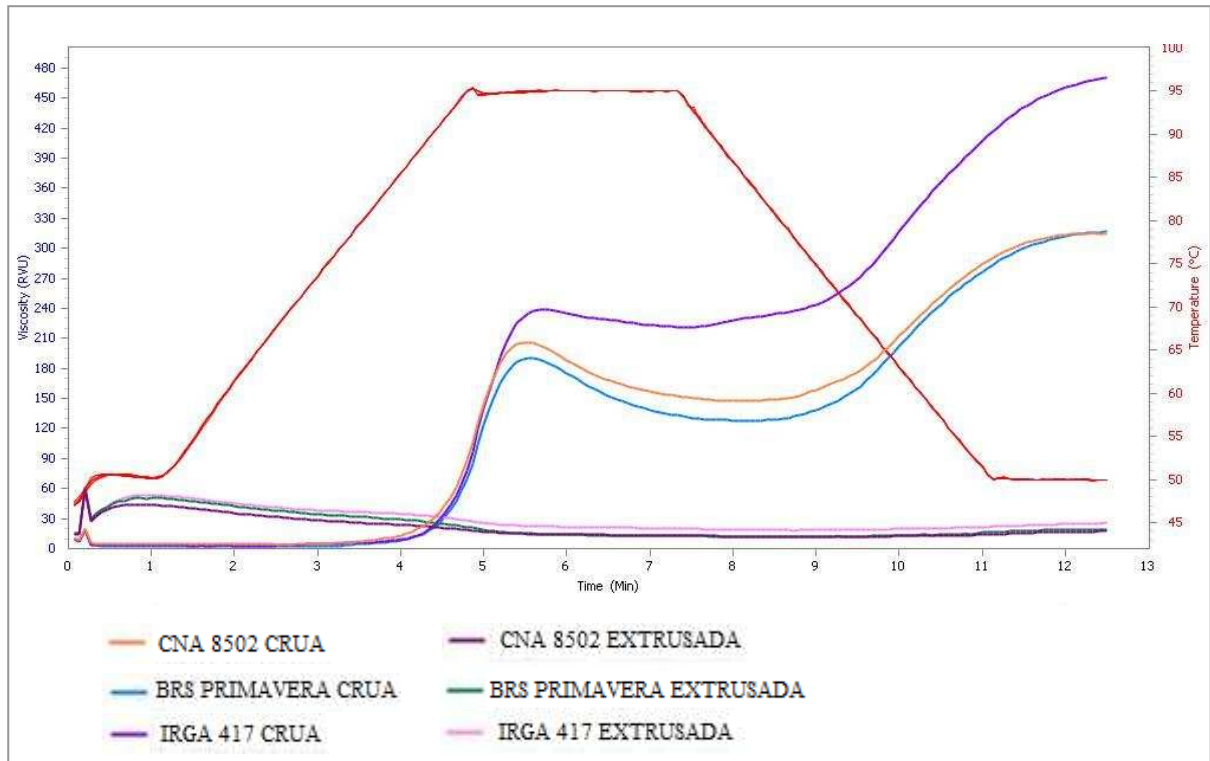


Figura 12. Perfis das curvas de viscosidade das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502.

O viscoamilograma indica que a viscosidade inicial das farinhas cruas foi baixa, seguida por um pico de viscosidade alto e posterior quebra da viscosidade. Durante o resfriamento da pasta de amido, o aumento da viscosidade é governado pela tendência a retrogradação. Este comportamento está de acordo com o observado para amidos nativos que não sofreram nenhum tipo de modificação.

Uma característica marcante de todas as farinhas extrusadas é a de não apresentar aumento de viscosidade com o abaixamento da temperatura de 95°C para 50°C, contrariamente ao que se observa nas mesmas farinhas enquanto cruas. Esse fenômeno talvez possa ser explicado pela retrogradação do amido na extrusão e pela incapacidade das proteínas, já desnaturadas pela extrusão, formarem géis, mediante aquecimento e resfriamento.

Os valores de pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade (*breakdown*) e tendência a retrogradação (*setback*) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Pico de viscosidade, viscosidade final, quebra de viscosidade (*breakdown*) e tendência a retrogradação (*setback*) das farinhas cruas e extrusadas das cultivares IRGA 417 e BRS Primavera e da linhagem CNA 8502¹

Tratamento	Pico de viscosidade (RVU)		
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
CRU	241,53 ± 2,30 ^{Aa}	192,94 ± 7,17 ^{Ca}	204,97 ± 1,12 ^{Ba}
EXTRUSADO	42,94 ± 1,43 ^{Ab}	41,16 ± 0,52 ^{Ab}	33,47 ± 1,18 ^{Bb}
Tratamento	Viscosidade Final (RVU)		
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
CRU	472,86 ± 2,00 ^{Aa}	319,42 ± 6,16 ^{Ba}	312,94 ± 1,73 ^{Ba}
EXTRUSADO	24,78 ± 0,63 ^{Ab}	19,06 ± 0,49 ^{Bb}	17,20 ± 0,71 ^{Bb}
Tratamento	Quebra de viscosidade (RVU)		
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
CRU	16,72 ± 1,52 ^{Bb}	63,17 ± 3,19 ^{Aa}	58,92 ± 0,09 ^{Aa}
EXTRUSADO	25,33 ± 0,93 ^{Ba}	29,89 ± 0,41 ^{Ab}	22,08 ± 0,80 ^{Cb}
Tratamento	Tendência a retrogradação (RVU)		
	IRGA 417	BRS Primavera	CNA 8502
CRU	231,33 ± 1,06 ^{Aa}	126,47 ± 1,40 ^{Ba}	107,97 ± 0,92 ^{Ca}
EXTRUSADO	- 18,16 ± 0,80 ^{Ab}	- 22,11 ± 0,05 ^{Bb}	- 16,28 ± 1,47 ^{Ab}

¹ Valores correspondem à média ± desvio-padrão (em RVU); Letras diferentes, maiúsculas (mesma linha) e minúsculas (mesma coluna), diferem significativamente pelo teste de Tuckey ($P \leq 0,05$).

5.3.6.1 Pico de viscosidade (PV)

As farinhas de arroz cruas apresentaram pico de viscosidade superior aos das farinhas extrusadas, devido à gelatinização do amido durante o processo de extrusão. A farinha crua da cv. IRGA 417 apresentou maior valor de PV (241,53 RVU), seguida pela linhagem CNA 8502 (204,97 RVU) e pela cv. BRS Primavera (192,94 RVU), todas diferindo entre si ($P \leq 0,05$).

Já nas farinhas extrusada, os maiores valores de pico de viscosidade foram detectados na cv. IRGA 417 (42,94 RVU) e BRS Primavera (41,16 RVU), que não diferiram entre si ($P > 0,05$), e sim da linhagem CNA 8502 (33,47 RVU) ($P \leq 0,05$). Esta variação indica diferentes graus de gelatinização e destruição da estrutura cristalina dos grânulos de amido nas farinhas extrusadas das duas cultivares e da linhagem.

O aumento de viscosidade com a elevação da temperatura no ciclo de aquecimento ocorre pela perda parcial das pontes de hidrogênio que unem as frações presentes no amido,

originando sítios hidrofílicos que se ligam às moléculas de água, aumentando a solubilidade do amido e a viscosidade a quente (ASCHIERI; CARVALHO, 2006).

El-Saied et al. (1979) constataram que o conteúdo de proteína é negativamente correlacionado com a viscosidade máxima. A proteína pode atuar como uma barreira física para o intumescimento do amido, uma vez que os grânulos de amido são encaixados na matriz de proteína. Isso pode explicar os maiores valores de pico de viscosidade nas farinhas cruas e extrusadas da cv. IRGA 417, já que a mesma apresentou menores teores de proteínas que as demais.

O pico de viscosidade ocorre após o início do aquecimento e antes do início do resfriamento da suspensão e é um parâmetro que mede a resistência do grânulo de amido ao colapso resultante da temperatura e do atrito mecânico. Durante o ciclo de aquecimento até 95°C, ocorre o intumescimento e a gelatinização dos grânulos de amido, atingindo o pico máximo nesta etapa. Se os tratamentos não forem tão severos, parte dos grânulos de amido conserva sua estrutura, apresentando um pico no perfil amilográfico (GUHA et al., 1998). Entretanto, no processo de extrusão, dependendo das condições do processo, o tratamento térmico pode destruir a estrutura cristalina do amido, de tal forma que, no ciclo de aquecimento, o viscoamilograma apresente ausência de pico ou valores muito baixos de viscosidade (CARVALHO et al., 2002).

Conforme Ascheri et al. (2006a) se durante o processamento por extrusão forem utilizadas condições mais severas, a estrutura cristalina do amido pode ser totalmente destruída de tal forma que o perfil de viscosidade do material amiláceo pode revelar ausência de pico com baixa viscosidade. Em condições brandas, o material amiláceo poderá conservar parte da integridade dos grânulos de amido, observando-se no perfil de viscosidade, valores relativamente altos de viscosidade máxima.

Silveira et al. (1981) afirmam que o amido é o principal componente responsável pela viscosidade. A presença de amidos solúveis e a interação entre os grânulos intumescidos são responsáveis pela viscosidade de uma suspensão de amido gelatinizado, de tal forma que a diminuição da concentração de amido causa decréscimo no número de grânulos e conseqüentemente, na viscosidade numa mesma temperatura (VIJAYAGOPAL; BALAGOPALAN; MOORTHY, 1988).

A viscosidade a quente é um parâmetro importante a ser considerado na utilização de farinhas extrusadas, podendo ser estas destinadas a formulação de produtos em que é preciso a conservação da viscosidade em temperaturas acima da ambiente (SILVA et al., 2008).

5.3.6.2 Viscosidade final

A viscosidade final é uma característica que, em produtos extrusados, vai depender das modificações que ocorrem nas estruturas do grânulo de amido e das moléculas durante o processamento (EL-DASH, 1982). Uma das características dos produtos amiláceos, após o aquecimento, seguido da gelatinização e do resfriamento dos grânulos, é o processo de retrogradação, onde, durante a determinação da viscosidade de pasta no viscoamilógrafo, o ciclo de resfriamento, normalmente, mostra a tendência à retrogradação por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina. Esse reagrupamento entre as frações de amilose e amilopectina confere na maioria dos casos, um aumento na viscosidade final (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

A viscosidade final das farinhas cruas variou de 312,94 a 472,86 RVU e a das farinhas extrusadas variou de 17,20 a 24,78 RVU, mostrando a diminuição desta propriedade com o processo de extrusão.

A farinha crua da cv. IRGA 417 apresentou maior valor de viscosidade final (472,86 RVU), diferindo das demais ($P \leq 0,05$), que apresentaram valores de 319,42 RVU para a cv. BRS Primavera e 312,94 RVU para a linhagem CNA 8502, que não diferiram entre si ($P > 0,05$).

As farinhas extrusadas apresentaram baixa viscosidade final e comportamento igual ao observado nas farinhas cruas, sendo o maior valor determinado para a cv. IRGA 417 (24,78 RVU), diferindo das demais ($P \leq 0,05$). A cv. BRS Primavera apresentou valor de viscosidade final de 19,06 RVU, seguida pela CNA 8502 com 17,20 RVU, não diferiram entre si ($P > 0,05$).

Sebio (1996) afirma que baixos valores de viscosidade final são obtidos em tratamentos severos, onde ocorre degradação dos grânulos de amido e possíveis rompimentos de suas estruturas moleculares, que causam a perda da capacidade de retrogradação das mesmas e diminuem a viscosidade no resfriamento.

Durante o resfriamento, as pastas de amido *in natura* normalmente tendem à retrogradação implicando no aumento da viscosidade final (ASCHERI et al., 2006b).

5.3.6.3 Quebra de viscosidade (*Breakdown*)

A quebra de viscosidade ou *breakdown* representa a diferença entre o pico de viscosidade e o menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico. Esta propriedade permite avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas, sob agitação mecânica, o que é importante na elaboração de alimentos pré-cozidos por indicar a capacidade

do produto em se manter íntegro durante o cozimento (TEBA; ASCHIERI; CARVALHO, 2009).

As farinhas cruas da cv. BRS Primavera e da linhagem CNA 8502 apresentaram os maiores valores de *breakdown*, 63,17 e 58,92 RVU, respectivamente, não diferindo entre si ($P > 0,05$). Estas mesmas amostras apresentaram uma diminuição nos valores de *breakdown* em suas farinhas extrusadas, sendo este valor maior na cv. BRS Primavera (29,89 RVU). Este comportamento era esperado, uma vez que os picos de viscosidade das farinhas extrusadas foram bem menores que os das farinhas não extrusadas, e também pela degradação já sofrida pelo amido durante o processo de extrusão.

Já a farinha da cultivar IRGA 417 apresentou comportamento diferente quanto aos valores de *breakdown*. Houve um aumento no valor deste parâmetro na farinha extrusada desta cultivar quando comparada com a farinha crua.

5.3.6.4 Tendência a retrogradação (*Setback*)

A tendência a retrogradação mede a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade após o pico. Esta propriedade permite avaliar o comportamento do amido durante a fase de resfriamento.

A retrogradação do amido ocorre por efeito da recristalização das moléculas de amilose e amilopectina (CARVALHO; ASCHIERI; CAL-VIDAL, 2002), decorrente do agrupamento das partes lineares das moléculas de amido através da formação de novas ligações de hidrogênio, resultando na formação de precipitados e/ou géis (GUTKOSKI, 2000).

Quando o conteúdo de amilose é resfriado, depois de atingir o máximo da viscosidade, acontece a retrogradação, indicada pela tendência a retrogradação ou *setback*, que deixa a pasta de amido opaca e com tendência à perda de água (THOMAS; ATWELL, 1999).

Os valores de tendência a retrogradação das farinhas cruas variaram de 107,97 a 231,33 RVU e diminuíram drasticamente nas farinhas extrusadas variando de -22,11 a -16,28 RVU.

Todas as farinhas cruas diferiram entre si ($P \leq 0,05$) quanto ao valor de *setback*, sendo o maior valor observado na cv. IRGA 417, seguida pela cv. BRS Primavera e pela linhagem CNA 8502. Já nas farinhas extrusadas, a linhagem CNA 8502 e a cv. IRGA 417 não diferiram entre si ($P > 0,05$), mas diferiram dos valores da cv. BRS Primavera ($P \leq 0,05$).

O teor de amilose é normalmente responsável pela resistência física da mistura. Aumentar o teor de amilose na formulação torna as moléculas mais resistentes à retrogradação

pelo cisalhamento durante a extrusão e pode contribuir com a melhoria do corte e a retenção da forma durante a secagem ou durante o processamento final, como cozimento ou fritura (THOMAS; ATWELL, 1997).

O *Setback* reflete o grau de retrogração da pasta de amido; quanto menor o *setback*, menor a retrogradação e, conseqüentemente, a sinerese (LIMBERGER et al., 2008), o que pode caracterizar a farinha da cultivar BRS Primavera como a de menor tendência a retrogradação após o processo de extrusão, já que obteve o menor valor significativo para *Setback* de -22,11 RVU (Tabela 14).

A retrogradação é a tendência das moléculas de se recristalizarem e em tratamentos severos como a extrusão, onde os valores de *setback* são menores, ocorre maior degradação dos polímeros, com rompimento das estruturas moleculares e redução da capacidade de recristalização dos mesmos.

De acordo com Gutkoski e El-Dash (1999) baixa umidade da matéria-prima e altas temperaturas de extrusão resultam em extrusados caracterizados por baixos graus de retrogradação.

As farinhas extrusadas podem ser utilizadas em produtos em que deseje uma menor sinerese por apresentarem valores baixos de tendência a retrogradação como molhos para salada, misturas para sobremesa a base de água ou leite, alimentos infantis instantâneos, dentre outros. Jaros (2002) destaca que a suscetibilidade à sinérese tende a diminuir com o aumento da matéria sólida em iogurtes, logo, a utilização de farinhas extrusadas poderia proporcionar iogurtes mais firmes e gomosos, com menores valores de sinérese. Nabeshima (1998) relata que quando amidos modificados, como farinhas extrusadas, são incorporados a produtos cárneos, estes aumentam a suculência e a maciez, diminuindo a perda por cozimento e por exsudação.

6 CONCLUSÕES

- A extrusão promoveu alterações em algumas propriedades das farinhas, porém a magnitude da resposta depende das características inerentes às cultivares;
- Para os parâmetros cor, umidade, lipídios, proteínas, índice de absorção em água e propriedades viscoamilográficas teve-se efeito de interação das variáveis cultivar e tratamento industrial;
- As farinhas de arroz cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e BRS Primavera e a extrusada da CNA 8502 apresentaram partículas finas ($< 250 \mu\text{m}$), enquanto que a farinha crua da linhagem CNA 8502 apresentou partículas mais grossas.
- Após a extrusão, as farinhas de arroz apresentaram-se, microscopicamente, como uma massa fundida, pelo rompimento dos grânulos de amido, enquanto que as cruas mostraram grânulos soltos;
- Os IAA, IAO, IAL e ISL foram afetados apenas pelo efeito do tratamento industrial, tendo todos os seus índices aumentados nas farinhas extrusadas, independente da cultivar;
- As farinhas de arroz tornaram-se mais escuras, tendendo para uma coloração mais avermelhada e amarela após a extrusão;
- A partir do processo de extrusão foi possível a obtenção de farinhas extrusadas com alta absorção e solubilidade em água e leite, baixa absorção em óleo, baixa viscosidade e baixa retrogradação, apresentando potencial para aplicação em produtos instantâneos ou como ingrediente alimentício.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-AAL, E. S. M.; SOSULSKI, F. W.; ABEL, A.; SHEHATA, Y.; YOUSSEF, M. M.; IBAVE, J. L. Effect of extrusion cooking on the physical and functional properties of wheat, rice and fababean blends. **Lebensm. Wiss. Technol.**, v. 25, p. 21-25, 1992.
- ALVIM, I.D.; SGARBIERI, V.C.; CHANG, Y. K. Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, p.170-176, 2002.
- AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V. C.; SILVEIRA FILHO. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto novo**. Porto Alegre: Ricardo Lenz, 2002. 240 p.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, V. F. P.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v. 14, n. 1, p. 4-7 e 11-12, 1969.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of AOAC**. 16. ed., v. 2. Arlington: AOAC, 1995.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of AOAC International: Food composition, additives, natural contaminants**. 16. ed., v. 2. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- AREAS, J. A. Extrusion of food proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.32, n. 4, p. 365-392, 1992.
- ASCHERI, D. P. R.; ANDRADE, C. T.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Efeito da extrusão sobre a absorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 325-335, 2006a.
- ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v.24, n.1, p.115-144, 2006b.
- ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. **Características de fubá extrusado**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 3 p. (Comunicado Técnico, 98).
- BADRIE, N.; MELLOWES, W. A. Effect of extrusion variables on cassava extrudates. **Journal of Food Science**, v.5, n.5, p.1334-1337, 1991.
- BALL, S. G.; WAL, M. H. B. J.; VISSER, R. G. F. Progress in understanding the biosynthesis of amylose. **Trends in Plant Science**, v.3, p.462-467, 1998.
- BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; ESPÍRITO SANTO, M. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1 e 2, p. 11-20, 2006.

BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, E. M. Arroz como alimento. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.101-8, 2004.

BEAN, M. M.; NISHITA, K. D. Rice flours for baking. In: JULIANO, B. O. **Rice: chemistry and technology**. Sant Paul: American Association of Cereal Chemists, 1985, p. 539-556.

BÉLLO-PEREZ, L. A; MONTEALVO, M.G.M.; ACEVEDO, E.A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos em alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Edusp, 2006, cap.1, p.17-46.

BHATNAGAR, S.; HANNA, M. A. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 71, n. 6, p. 582-587, 1994.

BIBLE, B. B.; SINGHA, S. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. **HortScience**, Alexandria, v.28, n.10, p. 992-993, 1993.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2003. 238p.

BOONYASIRIKOOL, P.; CHARUNUCH, C. Development of nutritious soy fortified snack by extrusion Cooking. **Kasetsart J. (Nat. Sci.)**, v. 34, n. 3, p. 355-365, 2000.

BORGES, J.T.S. **Elaboração de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) e farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) utilizando o processo de extrusão termoplástica**. 2002. 115f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 6, de 16 de fevereiro de 2009**. Aprova o 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. Brasília, DF: MAPA, 2009. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19480>>. Acesso em 12 abr. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília, 1988. 28 p. Disponível em: <<http://padclassif.tripod.com/padrao/arroz.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

BRYANT, R. J.; KADAN, R. S.; CHAMPAGNE, E. T. ; VINYARD, B. T. ; BOYKIN, D. Functional and digestive characteristics of extruded rice flour. **Cereal Chemistry**, v. 78, n. 2, p. 131- 137, 2001.

BULÉON, A. et al. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.23, p.85-112, 1998.

CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KHUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 29, n. 1, p. 35-57, 1990.

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.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 1006-1018, 2002.

CAVALHEIRO, F. Z.; MISSIO, P. S.; GULARTE, M. A. Estudo do comportamento do consumidor de arroz. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16. ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 9., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2007. p.2.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001, v.1, 224p. (Série Culturas Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

CHANDLER, R. F. **Arroz en los trópicos**. São José: IICA, 1984. 280p.

CHANG, T. T. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of the Asian and African rices. **Euphytica**, Netherlands, v. 25, n. 1, p. 425-441, 1976.

CHANG, Y. K.; HASHIMOTO, J. M.; ACIOLI-MOURA, R.; MARTINÉZ-FLORES, H. E.; MARTINÉZ-BUSTOS, F. Influence of extrusion condition on cassava starch and soybean protein concentrate blends. **Acta Alimentaria**, Amsterdam, v. 30, n. 2, p. 189-203, 2001.

CHEYNE, A.; BARNES, J.; WILSON, D.I. Extrusion behaviour of cohesive potato starch pastes: I. Rheological characterisation. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p. 1-12, 2005.

CHINNASWAMY, R. Basis of cereal starch expansion. **Carbohydrate Polymers**, v.21, p.157-167, 1993.

CHOUDHURY, G. S.; GAUTAM, A. Effects of hydrolysed fish muscle on intermediate process variables during twin-screw extrusion of rice flour. **Lebensm. Wiss. Technol.**, v. 36, p. 667-678, 2003.

CHUANG, G.C.C.; YEH, A.I. Effect of screw profile on residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 21-31, 2004.

CLERICI, M. T. P. S.; AIROLDI, C.; EL-DASH, A. A. Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 618-623, 2009.

COLONNA, P.; DOUBLIER, J. L.; MELCION, J. P.; MONRENDON, F. ; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I – Physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, v.61, p. 538-543, 1984.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, sétimo levantamento**, abril 2010. Brasília: Conab, 2010. 42p.

COULTATE, T. P. **Food: the chemistry of its components**. London: Royal Society of Chemistry, 2002. p. 43-45.

- DELLA VALLE, G.; VERGES, B.; COLONNA, P. ; PATRIA, A. Relations between rheological properties of molten starches and their expansion behavior in extrusion. **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 277-296, 1997.
- DEOBALD, H. J. Rice flours. In: **Rice: chemistry and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, v. 4, p. 264-269, 1972.
- DESRUMAUX, A.; BOUVIER, J.M.; BURRI, J. Corn grits particle size and distribution effects on the characteristics of expanded extrudates. **Journal of Food Science**, v.63, n.5, 1998.
- DING, Q-B.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p.283-289, 2005.
- DZIEZAK, J.D. Romancing the kernel: a salute to rice varieties. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 6, p. 74-60, 1991.
- ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food**. New York: Marcel Dekker, 1996. 664p.
- ELIASSON, A.C. **Starch in food** - Structure, function and applications. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.
- EL-DASH, A.. Application and control of thermoplastic extrusion of cereal for food and industrial uses. In: POMMERANZ, Y; MUNCH, L. **Cereals: a Renewable Resource**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1981p.165-216.
- EL-DASH, A. A. **Termoplastic extrusion of food, theory and techniques**. Campinas: UNICAMP, 1982. 81p.
- EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. **Cereal a renewable resource: theory and practice**. Wageningen: American Association of Cereal Chemists, 1982. p. 165-216.
- EL-SAIED, H.M.; AHMED, E.A.; ROUSHDI, M.; EL-ATTAR, W. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behaviour of Egyptian rice varieties in relation to amylose and protein contents. **Starch**, New York, v. 31, n. 8, p. 270-274, 1979.
- EMBRAPA. **Cultivo do arroz irrigado no Brasil**. 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/index.htm>>. Acesso em: 18 mar. 2010.
- EMBRAPA. **Relatório da rede nacional de avaliação de arroz de várzea**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. p. 25-32.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Database**, 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 09 abr. 2010.

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. High-temperature and short-time. Extrusion-cooking of wheat starch and flour. I - Effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 6, p. 529-533, 1982.

FERREIRA, C. M.; DEL VILLAR, P. M. Aspectos da produção e do mercado de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.25, n.222, p.11-8, 2004.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A. Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas. In: FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. cap. 3, p. 37-50.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A.; GAMEIRO, A. H. Importância econômica e social do arroz no Brasil. In: FERREIRA, C. M.; SOUSA, I. S. F. de; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmica da produção de arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. cap. 1, p. 9-26.

FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. **Cadeia produtiva do arroz na região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 110p.

GARBER, B.W.; HSIEH, F.; HUFF, H.E. Influence of particle size on the swinscrew extrusion of corn meal. **Cereal Chemistry**, v.74, n.5, p.656-661, 1997.

GÓMEZ, M.E.B. **Produção de Snacks de segunda geração, a partir de misturas de farinhas de arroz e batata – doce, por extrusão termoplástica**. 1997. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 1997.

GONZÁLES, J.R.; TORRES, R.L; DE GREEF, D.M. Extrusión-cocción de cereales. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 104-115, 2002.

GOOD, H. Measurement of color in cereal products. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 47, n. 1, p. 5-6, 2002.

GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da extrusão termoplástica na gelatinização do amido de mandioca, visando a produção de álcool**. 1986. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

GUHA, M.; ALI, S.Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyzer pasting behaviour of rice extruded. **International Journal of Food Science**, v.33, p.259-266, 1998.

GUHA, M.; ALI, S.Z.; BHATTACHARYA, S. Screening of variables for extrusion of rice flour employing a Plackett-Burman design. **Journal of Food Engineering**, v. 57, p. 135-144, 2003.

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; STONE, L. F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). A cultura

do arroz no Brasil. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap.3, p. 53-96.

GUJSKA, E.; KHAN, K. Functional properties of extrudates from high starch fractions of navy and pinto beans and corn meal blended with legume high protein fractions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 431-435, 1991.

GUTKOSKI, L. D. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e o efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

GUTKOSKI, L. D. Extrusão de produtos de aveia. In: GUTKOSKI, L. C.; PEDÓ, I. **Aveia: composição química, valor nutricional e processamento**. São Paulo: Varela, 2000. p. 169-203.

GUTKOSKI, L. D.; EL-DASH, A. A. Effect of extrusions process variables on physical and chemical properties of extruded oat products. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 54, p. 315-325, 1999.

GUY, R. Raw materials for extrusion cooking. In: GUY, R. **Extrusion cooking**. Boca Raton: Woodhead Publishing Limited, 2001. cap 2.

HAGENIMANA, A.; DING, X.; FANG, T. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. **Journal of Cereal Science**, Londres, v. 43, p. 38-46, 2006.

HARPER, J. M. **Extrusion of foods**. Boca Raton: CRC Press. 1981. p.1-6.

HOOVER, R. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polimers**: Barking, v.45, p.253-267, 2001.

HUNTER LAB. Color measurement of cereal and cereal products. Hunter Lab, Reston, VA. Disponível em: <http://www.hunterlab.com/pdf/A5Cereal.pdf>. Acesso em: 02 de mai. 2010.

ILO, S.; BERGHOFER, E. Kinetics of colour changes during extrusion cooking of maize grits. **Journal of Food Engineering**, v. 39, p. 73-80, 1999.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Food Science and Technology**, v. 32, p. 79-88, 1999.

JAMES, C.; SLOAN, S. Functional properties of edible rice bran in model systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 310-311, 1984.

JANSSEN, L. P. B. M. **Twin-screw extrusion**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 1978. 172p.

JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. El mejoramiento del arroz. In: TASCÓN J. E.; GARCIA D., E. **Arroz: investigación y producción**. Cáli: CIAT, 1985. p. 205-231.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1993. 168p. Disponível em: <<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlLibrary/t0567e/T0567E00.htm>>. Acesso em: 09 abr. 2010.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; PEPPERMAN, A. B. Functional properties of extruded rice flour. **Journal of Food Science**, v. 68, n. , p. 1669-1672, 2003.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry*, v.80, n.4, p.589-596, 2003.

KUMAR, I.; KHUSH, G. S. Genetic analysis of different amylose levels in rice. **Crop Science**, v. 27, n. 6, p. 1167-1172, 1987.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATAURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**: Campinas, v.26, n.2, p.459-69, 2006.

LEORO, M. G. V. **Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

LI, J-Y.; YEH, A. I. Relationships between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. **Journal of Food Engineering**, v. 50, p. 141-148, 2001.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. Modificação Química e Física do Amido de Quirera de Arroz para Aproveitamento na Indústria de Alimentos. **Química Nova**, v.31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica agroindustrial**. España (Zaragoza): Acribia, 1994. 426 p.

LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCIER, C. HTST extrusion of cereal based materials. In: **POMERANZ, Y. Advances in Cereal Sciences and Technology**, American Association of Cereal Chemists. Saint Paul, v.4, p.145-235, 1981.

MACLEAN, J. L.; DAWE, D. C.; HARDY, B.; HETTEL, G. P. **Rice almanac**: source book for the most important economic activity on earth. 3 ed. Manila: IRR: WARDA: CIAT: FAO, 2002. 253 p.

MARTELLI, F. G. **Twin-screw extruders: A basic understanding**. New York: Van Nostrand Reinhold Company. 1983. 220p.

MARTINÉZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinária y molinera del arroz: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema**. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 3. ed. Cali, 1989. 73 p.

- MENDONÇA, X. M. F. D. **A extrusão termoplástica no desenvolvimento de produtos derivados de amaranto e arroz**. 2005. 182f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005.
- MENDONÇA, X. M. F. D.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHIERI, D. P. R.; MAIA, M. C. A. Extrusión de harina mixta de amaranto integral y arroz: Parte 1. Caracterización físico-química. **Alimentaria**, Madrid, v.42, n.367, p.74-83, 2005.
- MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. **Extrusion cooking**. 2^a ed., St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. 471p.
- MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Osaka: Minolta Camera Co Ltd, 1993, 49 p.
- MOHAMED, S. Factors affecting extrusion characteristics of expanded starch-based products. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.14, p.437-452, 1990.
- MORAES, M. F.; SANTOS, M. G.; BERMUDEZ-ZAMBRANO, O. D. Response of greenhouse grown rice plant to sources of micronutrients with different granulometry and solubility. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 611-614, 2004.
- MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M.; SOUZA, N. R. G.; PRABHU, A. S.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R. **Cultivares de arroz de terras altas para o Mato Grosso**. Circular Técnica nº 68, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.
- MYERS, A. M.; MORELL, M. K.; JAMES, M. G.; BALL, S. G. Recent progress toward understanding biosynthesis of the amylopectin crystal. **Plant Physiology**, v. 122, p. 989-997, 2000.
- NABESHIMA, E. H. Amidos modificados em produtos cárneos de baixo teor de gordura. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 12, n. 54, p. 36-41, 1998.
- NABESHIMA, E. H.; EL-DASH, A. A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.22, n.1, p.107-20, 2004.
- NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for series 4: instructions manual**. Warriewood, 1998. 123p.
- ORMENESE, R. C. S. C.; CHANG, Y. K. Macarrão de arroz: características de cozimento e textura em comparação com o macarrão convencional e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 1, p. 91-97, 2003.
- PANDMANABHAN, M.; BHATTACHARYA, M. Extrudate expansion during extrusion cooking of foods. **Cereal Food World**, v. 34, p.945-949, 1989.
- PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemical of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, p. 1-17, 2001.

- PENG, L.; ZHONGDONG, L.; KENNEDY, J. F. The study of starch nano-unit chains in the gelatinization process. **Carbohydrate Polymers**, v. 68, p. 360-366, 2007.
- PEREIRA, J. A. **Cultura do arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.
- PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, C. M.; Possíveis cenários de produção de arroz no Brasil e no Mercosul. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003, v. 2, p. 202-219. (Documentos, 153).
- POLANCO, I.; MOLINA, M.; PIETRO, G.; CARRACO, S.; LAMA, R. Dieta y enfermedad celíaca. **Alimentaria**, Madrid, v.33, n.264, p.91-93, 1995.
- POWELL, E. L. Production and uses of pré-gelatinized starches. In: WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F. **Starch chemistry and technology**. New York: Academic, 1965.
- PROCHNOW, R. **Alternativas tecnológicas para produção integrada de arroz orgânico**. 2002. 193 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.
- RAMESH; H. P.; THARANATHAN, R. N. Carbohydrates – the renewable raw materials of high biotechnological value. **Critical Review Biotechnology**, v. 23, p.149-173, 2003.
- RAMIREZ, J. L. A.; WANDERLEI, C. Efecto de los parámetros de extrusión, características de pasta y textura de pellets (snacks de tercera generación) producidos a partir de trigo e maíz. **Alimentaria**, Madrid, v.35, n.279, p.93-98, 1997.
- RIAZ, M.N. **Extruders in Food Applications**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000. 225p.
- SACCHETTI, G.; PINNAVAIA, G. G.; GUIDOLIN, E.; DALLA ROSA, M. Effects of extrusion temperature and feed composition on the functional, physical and sensory properties of chestnut and rice flour-based snack-like products. **Food Research International**, v. 37, p. 527-534, 2004.
- SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. **A cultura do arroz no Brasil**, 2 ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1118p.
- SAS – Statistical Analysis System (Release 8.1). Cary: **The SAS Institute**, 2003.
- SEBIO, L. **Efeito de alguns Parâmetros Operacionais de Extrusão nas Propriedades Físico-químicas da farinha de inhame (*Dioscorea rotundata*)**. Campinas - SP, 1996. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- SHENG, D. Y. Rice-based ingredients in cereal and snacks. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v.40, n.8, p.538-40, 1995.

SILVA, E.M.M. **Produção de macarrão pré-cozido à base de farinha mista de arroz integral e milho para celíacos utilizando o processo de extrusão**. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2007.

SILVA, V.L.M. **Efeito das variáveis de extrusão nas características físicas, químicas, sensoriais e nutricionais da farinha instantânea de misturas de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) e arroz (*Oryza sativa*, L.)**. 2002. 175f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro. 2002.

SILVA, E. M. M.; ASCHERI, J. L. R.; ASCHERI, D. P. R.; CARVALHO, L. J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas características de viscosidade de pasta e índice de absorção de água de macarrões pré-cozidos elaborados a partir de farinha mista de arroz integral e milho obtidos por extrusão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 26, n. 2, p. 239-254, 2008.

SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; VITTI, P.; CAMPOS, S. D. S.; AGUIRRE, J. M.; FIGUEIREDO, I. B.; SHIROSE, I. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 543-561, 1981.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SINGH SODHI, N.; SINGH GILL, B. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**, v.81, n.219-231, 2003.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P.; COMARELLA, C. G. Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. **Alimentação e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 3, p. 259-264, 2005.

SU, C-W. Effects of eggshell powder addition on the extrusion behaviour of rice. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 607–612, 2007.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 411-426, 2009.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch: composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n.2, p. 151-165, 2004.

THAKUR, S.; SAXENA, D. C. Formulation of extruded snack food (gum based cereal-pulse blend): optimization of ingredients levels using response surface methodology. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 354-361, 2000.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. Starches. Eagen Press Handbook Series. **American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 1999.

TORRES, R. L.; GONZÁLES, R. J.; SÁNCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; TORRES, M. A. G. Comportamiento de variedades de arroz en la elaboración de pan sin gluten. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.9, n.2, p.162-5, 1999.

- VAN DER MAAREL; M. J. E. C.; VAN DER VEEN, B.; UITDEHAAG, J. C. M.; LEEMHUIS, H.; DIJKHUIZEN, L. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family. **Journal of Biotechnology**, v. 94, p.137-155, 2002.
- VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v.58, p.245-266, 2004.
- VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 23, p. 869-900.
- VIJAYAGOPAL, K.; BALAGOPALAN, C.; MOORTHY, S. N. Gelatinization and liquefaction of Cassava flour; effect of temperature, substrate and enzyme concentrations. **Starch**, New York, v. 40, n. 8, p. 300-302, 1988.
- VILELA, E. R. **Produção, caracterização e extrusão de farinha de guandu**. 1989. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- YACU, W. Process instrumentation and control in food extruders. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 35, n. 9, p. 919-926, 1990.
- YAYLAUAN, V. A.; FICHTALI, J.; VAN DE VOORT, F. R. Production of Maillard reaction flavour precursors by extrusion processing. **Food Research International**, Ottawa, v. 25, n. 3, p. 175-180, 1992.
- YEH, A-I.; WU, T-Q.; JAW, Y-M. Starch transitions and their influence on flow pattern during single-screw extrusion cooking of rice flour. **Trans IChemE**, v. 77, p. 47-54, 1999.
- WANG, N.; BHIRD, P.R.; SOSULSKI, F.W.; TYLER, R.T. Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. **Journal of Food Science**, v.64, n.4, p.671-678, 1999a.
- WANG, S.H.; CABRAL, L.C.; MAIA, L.H.; ARAUJO, F.B. Mingau de arroz e soja pronto para consumo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 855-860, 1999b.
- WATANABE, Y. Phylogeny and geographical distribution of genus *Oryza*. In: MATSUO, T.; FUTSUHARA, Y.; KIKUCHI, F.; YAMAGUCHI, H. **Science of the rice plant genetics**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1997. p. 29-39.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância (ANOVA) dos parâmetros instrumentais de cor L*, a* e b* das farinhas cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e da BRS Primavera e da linhagem CNA 8502

L*					
Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Cultivar (C)	2	0,58	0,29	26,20	< 0,0001
Tratamento (T)	1	240,30	240,30	21.594,40	< 0,0001
CxT	2	0,96	0,48	43,20	< 0,0001
Erro	15	0,17	0,01		
a*					
Cultivar (C)	2	0,33	0,17	837,42	< 0,0001
Tratamento (T)	1	7,29	7,29	36.669,40	< 0,0001
CxT	2	0,46	0,23	1.155,57	< 0,0001
Erro	15	0,00	0,00		
b*					
Cultivar (C)	2	1,12	0,56	42,81	< 0,0001
Tratamento (T)	1	195,65	195,65	14.927,10	< 0,0001
CxT	2	5,38	2,69	205,06	< 0,0001
Erro	15	0,20	0,01		

APÊNDICE B - Análise de variância (ANOVA) da composição química das farinhas cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e da BRS Primavera e da linhagem CNA 8502

Umidade					
Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Cultivar (C)	2	5,63	2,81	947,90	< 0,0001
Tratamento (T)	1	16,55	16,55	5.573,37	< 0,0001
CxT	2	4,44	2,22	748,43	< 0,0001
Erro	15	0,05	0,00		
Cinzas					
Cultivar (C)	2	0,04	0,02	37,12	< 0,0001
Tratamento (T)	1	0,00	0,00	0,19	0,6730
CxT	2	0,00	0,00	0,75	0,4874
Erro	15	0,01	0,00		
Lipídios					
Cultivar (C)	2	0,01	0,00	8,14	0,0040
Tratamento (T)	1	0,15	0,15	514,06	< 0,0001
CxT	2	0,03	0,01	46,00	< 0,0001
Erro	15	0,01	0,00		
Proteínas					
Cultivar (C)	2	10,49	5,24	1.086,03	< 0,0001
Tratamento (T)	1	1,39	1,39	287,75	< 0,0001
CxT	2	2,79	1,39	288,74	< 0,0001
Erro	15	0,07	0,00		
Teor de amilose					
Cultivar (C)	2	42,48	21,24	65,42	< 0,0001
Tratamento (T)	1	8,65	8,65	26,63	0,0001
CxT	2	1,90	0,95	2,92	0,0846
Erro	15	4,87			

APÊNDICE C - Análise de variância (ANOVA) dos índices de absorção em água (IAA), em óleo (IAO) e em leite (IAL) e do índice de solubilidade em água (ISA) e em leite (ISL) das farinhas cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e da BRS Primavera e da linhagem CNA 8502

IAA					
Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Cultivar (C)	2	0,27	0,14	3,73	0,0484
Tratamento (T)	1	343,60	343,60	9.441,68	< 0,0001
CxT	2	0,17	0,09	2,36	0,1289
Erro	15	0,55	0,04		
ISA					
Cultivar (C)	2	204,01	102,00	460,51	< 0,0001
Tratamento (T)	1	4.393,74	4.393,74	19.836,40	< 0,0001
CxT	2	195,14	97,57	440,50	< 0,0001
Erro	15	3,32	0,22		
IAO					
Cultivar (C)	2	0,01	0,00	0,34	0,7186
Tratamento (T)	1	0,29	0,29	28,85	0,0003
CxT	2	0,03	0,01	1,57	0,2551
Erro	10	0,10	0,01		
IAL					
Cultivar (C)	2	8,99	4,49	9,82	0,0044
Tratamento (T)	1	1.323,93	1.323,93	2.892,44	< 0,0001
CxT	2	5,47	2,74	5,98	0,0196
Erro	10	4,58	0,46		
ISL					
Cultivar (C)	2	35,08	17,54	10,66	0,0033
Tratamento (T)	1	14.292,63	14.292,63	8.682,58	< 0,0001
CxT	2	22,17	11,08	6,73	0,0141
Erro	10	16,46	1,65		

APÊNDICE D - Análise de variância (ANOVA) das propriedades viscoamilográficas das farinhas cruas e extrusadas das cvs. IRGA 417 e da BRS Primavera e da linhagem CNA 8502

Pico de viscosidade (PV)					
Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Cultivar (C)	2	320.500,11	160.250,06	99,14	< 0,0001
Tratamento (T)	1	19.470.880,06	19.470.880,06	12.046,40	< 0,0001
CxT	2	219.530,11	109.765,06	67,91	< 0,0001
Erro	10	16.163,22	1.616,32		
Viscosidade final					
Cultivar (C)	2	3.823.011,11	1.911.505,56	1.391,75	< 0,0001
Tratamento (T)	1	78.279.242,72	78.279.242,72	56.994,40	< 0,0001
CxT	2	3.179.008,44	1.589.504,22	1.157,30	< 0,0001
Erro	10	13.734,56	1.373,46		
Quebra de viscosidade (<i>Breakdown</i>)					
Cultivar (C)	2	302.278,11	151.139,06	510,85	< 0,0001
Tratamento (T)	1	275.529,39	275.529,39	931,30	< 0,0001
Cult x Trat	2	271.418,78	135.709,39	458,70	< 0,0001
Erro	10	2.958,56	295,86		
Tendência a retrogradação (<i>Setback</i>)					
Cultivar (C)	2	1.946.649,00	973.324,50	11.661,20	< 0,0001
Tratamento (T)	1	19.668.992,00	19.668.992,00	235.651,00	< 0,0001
CxT	2	1.916.269,00	958.134,50	11.479,2	< 0,0001
Erro	10	834,67	83,47		

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)