

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DIRACY BETÂNIA CAVALCANTE LEMOS LACERDA

**ESTABILIDADE E QUALIDADE DO FARELO DE ARROZ
SOB DIFERENTES TRATAMENTOS E APLICAÇÃO DO
PRODUTO EXTRUSADO EM BISCOITO**

Goiânia
2008

DIRACY BETÂNIA CAVALCANTE LEMOS LACERDA

**ESTABILIDADE E QUALIDADE DO FARELO DE ARROZ
SOB DIFERENTES TRATAMENTOS E APLICAÇÃO DO
PRODUTO EXTRUSADO EM BISCOITO**

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.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior.

Co-orientadora: Dr^a Priscila Zaczuk Bassinello.

Goiânia
2008

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família,
ao meu querido esposo,
e ao professor Manoel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus.

Aos meus pais pelo amor e apoio em todos os anos da minha vida.

Ao meu esposo pelo amor, carinho e companheirismo em todos estes felizes anos de convivência.

Aos meus irmãos, Júnior e Yuri, por estarem sempre presentes na minha vida.

Ao querido professor Manoel Soares Soares Júnior, pela amizade e valiosos ensinamentos, orientação, incentivo, paciência, confiança, ajuda, compreensão e disponibilidade.

À Priscila Zaczuk Bassinello pela amizade, apoio, confiança e compreensão.

À Beatriz Siqueira Santos, pela amizade e ajuda no desenvolvimento deste trabalho, à Indiara Bastos e Grazyella Fernandes.

À Selma, pelos valiosos ensinamentos, Daniel pela ajuda, simpatia e disponibilidade, e demais funcionários do Laboratório de Tecnologia e Análise de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão, Renilda, Edmar, Suely e Luís, pelo carinho, amizade, apoio e pelos os bons momentos que passamos juntos.

À pesquisadora Valácia Lemes pela ajuda, disponibilidade e simpatia.

Ao pesquisador Jaison Oliveira pelo auxílio nas análises estatísticas.

À professora Raquel Hidalgo.

Às queridas amigas Fabíola e Maíza, pelo inestimável incentivo, apoio e companheirismo, e a Aline, Grazielle, Lydia e Ana Carolina pelos excelentes momentos de convivência.

Às amigas, Candice, Gisele e Luciana pelo grandioso auxílio e incentivo na redação desta dissertação, ao Newton pela compreensão e a Ana Karolina, Ana Rita e Aníbal.

Aos meus amigos que direta ou indiretamente me ajudaram durante todo o trabalho.

Aos meus avós, tios, sogros, primos e cunhados pelo apoio, torcida, compreensão e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFG pela oportunidade.

Aos meus queridos professores por todos os ensinamentos a mim transmitidos.

À Embrapa Arroz e Feijão pelo apoio na fase laboratorial deste trabalho.

À Indústria Arroz Cristal e à Cerealista Medeiros pela doação do farelo de arroz.

À Cicopal, especialmente ao funcionário Lindomar, pelo apoio.

Aos funcionários da Embrapa Arroz e Feijão e do departamento de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, especialmente a Cleonice Borges, pela prestatividade e simpatia.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

EPÍGRAFE

*“Há máquinas de felicidade dispendiosa,
que funcionam com enorme desperdício,
e há outras econômicas, que, com as migalhas
da sorte, criam alegria para uma existência inteira.”*

Joaquim Nabuco

RESUMO

O farelo de arroz, subproduto resultante do beneficiamento para obtenção do arroz polido, corresponde a 8% do arroz em casca, sendo utilizado principalmente na ração animal e como fertilizante. O maior problema relacionado à utilização do farelo é a rancificação iniciada logo após sua obtenção. Este trabalho objetivou avaliar a estabilidade à rancidez dos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e obtido após parboilização do arroz (FAP) quando armazenados em sacos de polietileno à temperatura ambiente por 180 dias, bem como caracterizar estes farelos e *cookies* formulados com FAE. As análises físico-químicas, microbiológicas e de estabilidade (atividade de lipase, rancidez hidrolítica e índice de peróxidos) foram realizadas nos farelos de arroz da cultivar Primavera (doados pela indústria beneficiadora) e nos biscoitos elaborados por delineamento inteiramente casualizado, com um controle e quatro tratamentos (12,5%, 25%, 37,5% e 50% de FAE). As análises foram realizadas conforme métodos validados. O FAP apresentou maior teor de proteínas (17,17 g 100 g⁻¹), lipídios (36,03 g 100 g⁻¹), fibra alimentar (34,06 g 100 g⁻¹), cálcio (99,45 mg 100 g⁻¹), zinco (15,58 mg 100 g⁻¹), cobre (1,45 g 100 g⁻¹) e manganês (17,81 g 100 g⁻¹) e menor teor de carboidratos (5,73 g 100 g⁻¹), cinzas (7,01 g 100 g⁻¹) e ferro (6,83 mg 100 g⁻¹). A atividade de lipase e a rancidez hidrolítica durante o armazenamento foram maiores no FAC, enquanto que o índice de peróxidos foi menor. Os biscoitos elaborados foram bem aceitos, não apresentando diferenças significativas quanto a aparência, textura e sabor. O biscoito elaborado com 50% de FAE apresentou conteúdo maior de proteínas (18,9%), fibra alimentar (213,3%) e cinzas (59,1%) que o controle, sendo que uma porção de 40 g fornece mais que 10% da recomendação diária de magnésio, fósforo e cobre. Os biscoitos apresentaram padrões microbiológicos aceitáveis conforme legislação brasileira. A extrusão e a parboilização são eficientes para prevenir a formação de ácidos graxos livres nos FAE e FAP embalados em filme plástico permeável ao oxigênio e armazenados à temperatura ambiente, entretanto, promovem maior formação de peróxidos nestes farelos. Biscoitos com 50% de FAE possuem melhor qualidade nutricional que os biscoitos sem farelo.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., subproduto, extrusão, parboilização, rancidez, desenvolvimento de produto

ABSTRACT

Rice bran is a by product of the rice milling process. It corresponds to 8% of the total rice grain and is used as feed and fertilizer mainly. The major problem related to its use in human nutrition is the rancification process starting soon after its extraction. The objective of this work was to evaluate the stability of raw rice bran (RRB), extruded rice bran (ERB) and rice bran obtained after parboilization (RBP) when stored at room temperature for 180 days in polyethylene bags as well as to characterize them and the cookies formulated with ERB. Physicochemical, microbiological and stability tests (lipase activity, hydrolytic rancidity and peroxide index) were performed on rice bran from cultivar Primavera (donated by benefited industry) and on the prepared cookies with ERB using a completely randomized design, with a control and four treatments (12.5%, 25%, 37.5% and 50% of ERB). All tests were performed according to standard methodologies. PRB presented the highest contents of protein (17.7 g 100 g⁻¹), lipid (36.03 g 100 g⁻¹), dietary fibers (34.06 g 100 g⁻¹), calcium (99.45 mg 100g⁻¹), zinc (15.58 g 100 g⁻¹), copper (1.45 g 100 g⁻¹) and manganese (17.81 g 100 g⁻¹) and the lowest contents of carbohydrates (5,73 g 100 g⁻¹), ashes (7.01 g 100 g⁻¹) and iron (6.83 mg 100 g⁻¹). Lipase activity and hydrolytic rancidity were higher in NRB during the storage period but the peroxidase index was lower. Cookies were well accepted and did not show any significant difference regarding appearance, texture and flavor. Cookies with 50% of ERB had higher contents of protein (18.9%), dietary fiber (213.3%) and ashes (59.1%) than the control. Forty grams of that formulation supplies more than 10% of daily recommended intakes of magnesium, phosphorus and copper. Cookies also presented acceptable microbiological standards according to Brazilian legislation. Extrusion and parboilization are efficient methods to prevent free fatty acid formation in ERB and PRB, placed in plastic films permeable to oxygen and stored at room temperature, but they contributed to higher concentrations of peroxides in those rice bran. Cookies with 50% ERB had a better nutritional quality than those without rice bran.

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

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Quantidades de farelo de arroz extrusado, farinha de trigo e fécula de mandioca utilizados na formulação dos biscoitos tipo <i>cookie</i>	36
Tabela 2.	Médias seguidas dos desvios-padrão e coeficientes de variação dos componentes físico- químicos e valor energético total dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado	41
Tabela 3.	Médias seguidas dos desvios-padrão e coeficientes de variação de alguns minerais presentes nos farelos de arroz cru, extrusado e obtido após parboilização.....	47
Tabela 4.	Média seguida do desvio-padrão e coeficiente de variação das unidades formadoras de colônias de fungos nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado.....	51
Tabela 5.	Avaliação microbiológica dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado.	52
Tabela 6.	Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação da atividade de lipase nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, armazenados à temperatura ambiente.....	54
Tabela 7.	Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação da rancidez hidrolítica nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados à temperatura ambiente.....	57
Tabela 8.	Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação do conteúdo de peróxidos nos óleos de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, armazenados à temperatura ambiente.....	61
Tabela 9.	Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação de colônias de fungos em amostras de farelo de arroz no tempo inicial e aos cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente.....	68
Tabela 10.	Média seguida pelo desvio-padrão da avaliação sensorial do odor e do gosto dos <i>cookies</i> elaborados com farelo de arroz extrusado armazenado a -20 °C (amostra controle) e à temperatura ambiente (amostra teste).....	70
Tabela 11.	Escores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação para aparência, textura e sabor e intenção de compra dos biscoitos formulados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	72
Tabela 12.	Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação da luminosidade (L^*) e das coordenadas de cromaticidade (a^*) e (b^*) nos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	74
Tabela 13.	Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação dos teores de umidade, proteínas, lipídios e cinzas dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado	77
Tabela 14.	Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação de carboidratos, fibra alimentar e valor energético total dos biscoitos controle e elaborado com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	80

Tabela 15. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação do teor de alguns minerais nos biscoitos controle e elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	83
Tabela 16. Valor diário de referência para minerais em 100 g e em uma porção (40 g), aproximadamente seis unidades, de biscoito elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	84
Tabela 17. Avaliação microbiológica do biscoito controle e do elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estrutura do grão de arroz.....	16
Figura 2.	Diagrama do beneficiamento do arroz, incluindo os produtos e os subprodutos.....	18
Figura 3.	Casca, farelo e endosperma do grão de arroz.....	18
Figura 4.	Ficha de avaliação sensorial utilizada no teste discriminativo de comparação múltipla.....	35
Figura 5.	Ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de aceitabilidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado.....	37
Figura 6.	Farelo de arroz cru, extrusado e obtido após parboilização do grão	40
Figura 7.	Atividade de lipase nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente.....	55
Figura 8.	Acúmulo de ácidos graxos livres nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente...	58
Figura 9.	Índice de peróxidos nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente.....	62
Figura 10.	Teias com ovos, larvas e insetos adultos de <i>Corcyra Cephalonica</i> presentes nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado embalados em filmes de polietileno de baixa densidade (15 µm de espessura) após cento e vinte dias de estocagem à temperatura ambiente.....	67
Figura 11.	<i>Corcyra Cephalonica</i> e <i>Oryzaephilus surinamensis</i> encontrados nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado embalados em filmes de polietileno de baixa densidade (15 µm de espessura) após cento e vinte dias de estocagem à temperatura ambiente.....	67
Figura 12.	Biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	73
Figura 13.	Luminosidade L* e coordenadas de cromaticidade a* e b* dos biscoitos elaborados com diferentes teores de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	75
Figura 14.	Teores médios de umidade, proteínas, lipídios e cinzas dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1	ARROZ.....	16
2.2	BENEFICIAMENTO DO ARROZ.....	17
2.3	FARELO DE ARROZ.....	19
2.4	RANCIDEZ VERSUS TRATAMENTO TÉRMICO.....	21
2.5	BISCOITOS.....	25
3	OBJETIVOS.....	26
3.1	GERAL.....	26
3.2	ESPECÍFICOS.....	26
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1	MATERIAL.....	27
4.2	MÉTODOS.....	27
4.2.1	Caracterização físico-química e microbiológica dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado.....	28
4.2.2	Determinação da estabilidade dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado durante o armazenamento.....	32
4.2.3	Avaliação do odor e gosto de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado armazenados à temperatura ambiente por trinta, sessenta e noventa dias.....	34
4.2.4	Aplicação – biscoitos formulados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.....	36
4.2.4.1	<u>Avaliação sensorial – aceitabilidade.....</u>	37
4.2.4.2	<u>Avaliação físico-química dos biscoitos.....</u>	38
4.2.4.3	<u>Avaliação microbiológica.....</u>	39
4.2.4.4	<u>Custo dos ingredientes substituídos na elaboração dos biscoitos.....</u>	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1	CARACTERIZAÇÃO DOS FARELOS DE ARROZ CRU, EXTRUSADO E PARBOILIZADO.....	40
5.1.1	Composição centesimal e valor energético total.....	40

5.1.2	Composição mineral.....	46
5.1.3	Caracterização microbiológica dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado.....	51
5.2	ESTABILIDADE DOS FARELOS DE ARROZ CRU, EXTRUSADO E PARBOILIZADO.....	53
5.2.1	Atividade de lipase.....	53
5.2.2	Rancidez hidrolítica.....	56
5.2.3	Índice de peróxidos.....	61
5.2.4	Insetos.....	66
5.2.5	Fungos.....	68
5.2.6	Odor e gosto dos biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado.....	70
5.3	QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE BISCOITOS ELABORADOS COM FARELO DE ARROZ EXTRUSADO.....	71
5.3.1	Aceitabilidade.....	72
5.3.2	Cor instrumental.....	74
5.3.3	Composição centesimal e valor energético total.....	77
5.3.4	Composição mineral do biscoito controle e do elaborado com farelo de arroz extrusado.....	83
5.4.5	Avaliação microbiológica dos biscoitos controle e elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado.....	84
5.4.6	Custo de ingredientes para a produção de biscoitos.....	85
6	CONCLUSÕES.....	87
	REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O arroz é o alimento básico para mais da metade da população mundial, sendo considerado o segundo cereal mais produzido e consumido no mundo, com maior cultivo nos países asiáticos, principalmente China e Índia, que detêm mais de 50% da produção mundial (INFO COMM, 2008a). Na Ásia, este cereal representa de 60% a 70% do consumo calórico diário de milhões de pessoas (FAO, 2004).

O Brasil aumentou consideravelmente as exportações de arroz, passando de importador para a auto-suficiência em 2003/2004, e exportador em 2005 (EMBRAPA, 2006), ocupando, neste ano, a nona posição no ranking mundial em produção (FAO, 2005). A estimativa da produção brasileira de arroz na safra 2007/2008 é 12.284,0 mil ton, com maior produção no estado do Rio Grande do Sul (CONAB, 2008).

O arroz branco é o produto obtido pela etapa final do beneficiamento do grão, sendo a principal forma de consumo deste cereal no Brasil, e junto ao feijão, constitui um importante alimento da dieta básica. Os subprodutos do beneficiamento do arroz incluem o arroz quebrado, a casca e o farelo, pouco utilizados tanto na agroindústria alimentar como na não alimentar (FERREIRA et al., 2005; VIEIRA; CARVALHO, 1999). Estudos de desenvolvimento tecnológico indicam que os subprodutos do arroz podem ser usados como ingredientes para a melhoria nutricional e funcional de alimentos processados (HAMMOND, 1994).

O farelo de arroz consiste na camada superficial do grão integral, sendo obtido durante a brunição e o polimento para obtenção do arroz polido ou parboilizado polido. Representa 8% do arroz em casca e possui conteúdos variáveis de amido proveniente do endosperma, de resíduos de casca e de fragmentos de grão, portanto, é um subproduto com teores variáveis de nutrientes dependendo do grau de polimento dado ao arroz, do tratamento do grão antes do processamento, do sistema de beneficiamento e da cultivar (SAUNDERS, 1990a). O farelo de arroz possui quantidades significativas de carboidratos, proteínas e lipídios, sendo constituído especialmente por ácidos graxos insaturados, alta concentração de fibras insolúveis, como hemicelulose e lignina, que podem agir como preventivos do câncer de cólon, vitaminas, antioxidantes como tocoferóis e derivados do ácido ferúlico, e sais minerais (ALENCAR; ALVARENGA, 1991; DIAS et al., 1994; MALEKIAN et al., 2000).

Baseado na estimativa de safra brasileira de arroz em 2007/2008 (12.284,0 mil ton), e considerando que cerca de 8% do arroz em casca é constituída de farelo, conclui-se que a

quantidade de farelo produzida nesta safra será de 982,72 mil ton. No Brasil o farelo de arroz apresenta abundância e baixo valor comercial (R\$ 0,40 o kg), sendo mais empregado para extração do óleo, como ingrediente para ração animal e como fertilizante orgânico (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006). A utilização do farelo de arroz na alimentação humana tem sido limitada devido às suas características de conservação, relacionadas à rancificação, à falta de controle sobre as condições sanitárias de recolhimento e às dificuldades relativas à contaminação do farelo com resíduos de casca e/ou amido (CARVALHO; BASSINELLO, 2006).

O principal problema relacionado ao uso do farelo de arroz é a deterioração iniciada logo após a sua obtenção, resultante da rápida degradação dos lipídios e a elevação da acidez (SAUNDERS, 1985-86), devido, principalmente, à rancidez hidrolítica enzimática e à rancidez oxidativa (ALENCAR; ALVARENGA, 1991; SAUNDERS, 1990a).

Uma forma de conservação do farelo de arroz por maior período de tempo é a inativação ou diminuição das enzimas ativas responsáveis pela rancificação, por meio da utilização de tratamento térmico (SAUNDERS, 1990b). A extrusão termoplástica, um método tradicional para estabilização do farelo de arroz utilizado nos EUA, promove a inativação de enzimas, proporcionando uma maior vida-de-prateleira ao produto (CARVALHO; BASSINELLO, 2006). O farelo de arroz obtido após o processo de parboilização não necessita de tratamento térmico adicional para ser utilizado na alimentação, uma vez que este processo pode inativar enzimas responsáveis pela degradação dos lipídios (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006; SLAVIN; LAMPE, 1992).

No Brasil, o número de pessoas subnutridas no período de 2001 a 2003 ultrapassou 14 milhões, aproximadamente 8% da população do país (FAOSTAT, 2006). Pesquisas que envolvam a viabilização da utilização do farelo de arroz na alimentação humana podem garantir ao consumidor um produto seguro do ponto de vista nutricional, microbiológico e sensorial, além de auxiliar no planejamento de estratégias de promoção da saúde pública.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ARROZ

O arroz é uma planta da família das gramíneas, do gênero *Oryza*, que possui em torno de vinte espécies, sendo as mais comuns a *Oryza sativa* L. e a *Oryza glaberrima* L. Originalmente era uma planta cultivada em ambientes secos, porém as mutações a tornaram semi-aquática (INFO COMM, 2008b). No Brasil, o arroz é cultivado sob dois sistemas: o irrigado, com alta tecnologia e produtividade, e o de terras altas, com produtividade menor, porém com significativa evolução tecnológica. A Embrapa Arroz e Feijão, em 1997, lançou a cultivar Primavera, uma variedade de grãos longo fino adaptada ao cultivo em terras altas que tem se tornado referência de qualidade, sendo muito cultivada nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Rondônia, Maranhão, Piauí e Bahia (LANNA; FERREIRA; BARRIGOSI, 2003).

A Figura 1 ilustra a estrutura do grão de arroz.

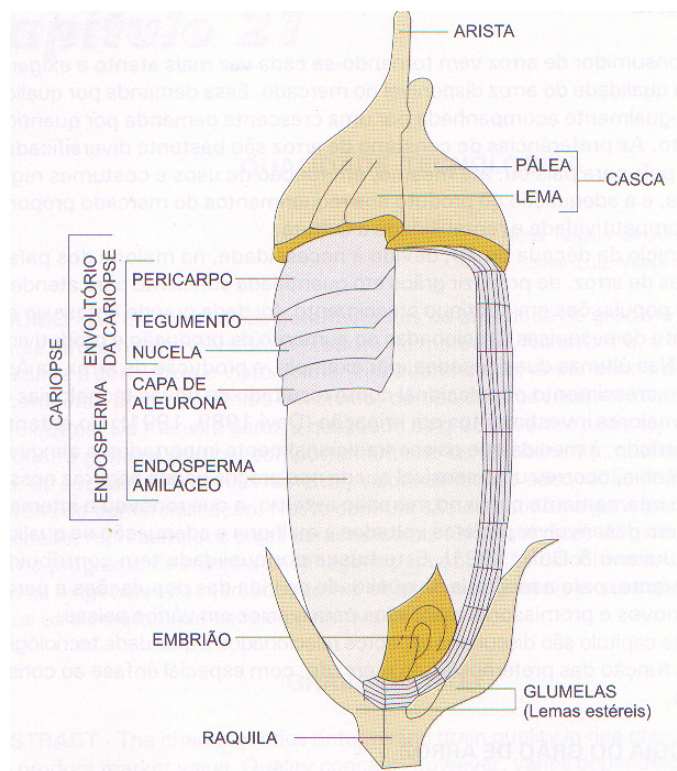


Figura 1. Estrutura do grão de arroz.

Fonte: VIEIRA e RABELO (2006).

Botanicamente, o arroz é um fruto-semente das gramíneas. O tegumento envolve a semente e encontra-se diretamente ligado ao pericarpo, membrana que envolve o fruto. O pericarpo é envolvido pelas glumelas, lema e pálea, que constituem a casca e são removidas durante o beneficiamento (Figura 1). A casca protege a parte comestível do grão do ataque de insetos e fungos (VIEIRA; CARVALHO, 1999). No Brasil, o arroz é consumido especialmente na forma de grãos inteiros, sendo conhecidos, em função da forma de processamento pós-colheita, como arroz branco, arroz integral e arroz parboilizado. O arroz branco, obtido a partir da brunição e polimento do grão integral, é a forma mais utilizada na maioria das regiões brasileiras. O arroz integral é pouco consumido, apesar de possuir mais nutrientes que o branco. O arroz parboilizado atinge cerca de 20% do total de arroz consumido no país (VIEIRA; RABELO, 2006).

O arroz parboilizado é obtido por um processo hidrotérmico anterior às etapas de descasque e polimento (Figura 2), o que proporciona a gelatinização total ou parcial do amido. Neste processo algumas substâncias hidrossolúveis, como vitaminas e sais minerais, são transportadas para o centro do grão, aumentando o valor nutritivo deste arroz em relação ao arroz polido. O arroz parboilizado é disponibilizado na forma de parboilizado polido ou parboilizado integral (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999).

2.2. BENEFICIAMENTO DO ARROZ

As fases e etapas do beneficiamento do arroz estão ilustradas na Figura 2. Após a colheita, o arroz, geralmente contendo impurezas, é transportado para a indústria onde é limpo por meio de máquinas que usam ventiladores e peneiras. Após a limpeza, inicia-se o beneficiamento do grão, seguindo as etapas necessárias para obtenção do produto final desejado (arroz integral ou polido). A presença de casca no arroz beneficiado contribui para sua depreciação, portanto, durante o beneficiamento do grão de arroz, a casca deve ser completamente removida. Após a retirada da casca do arroz, ocorre a brunição e polimento, operações que objetivam a remoção da película externa (farelo) que envolve o grão integral, originando o arroz branco polido. Os subprodutos resultantes do beneficiamento do grão de arroz são casca, grão quebrado e farelo (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999).

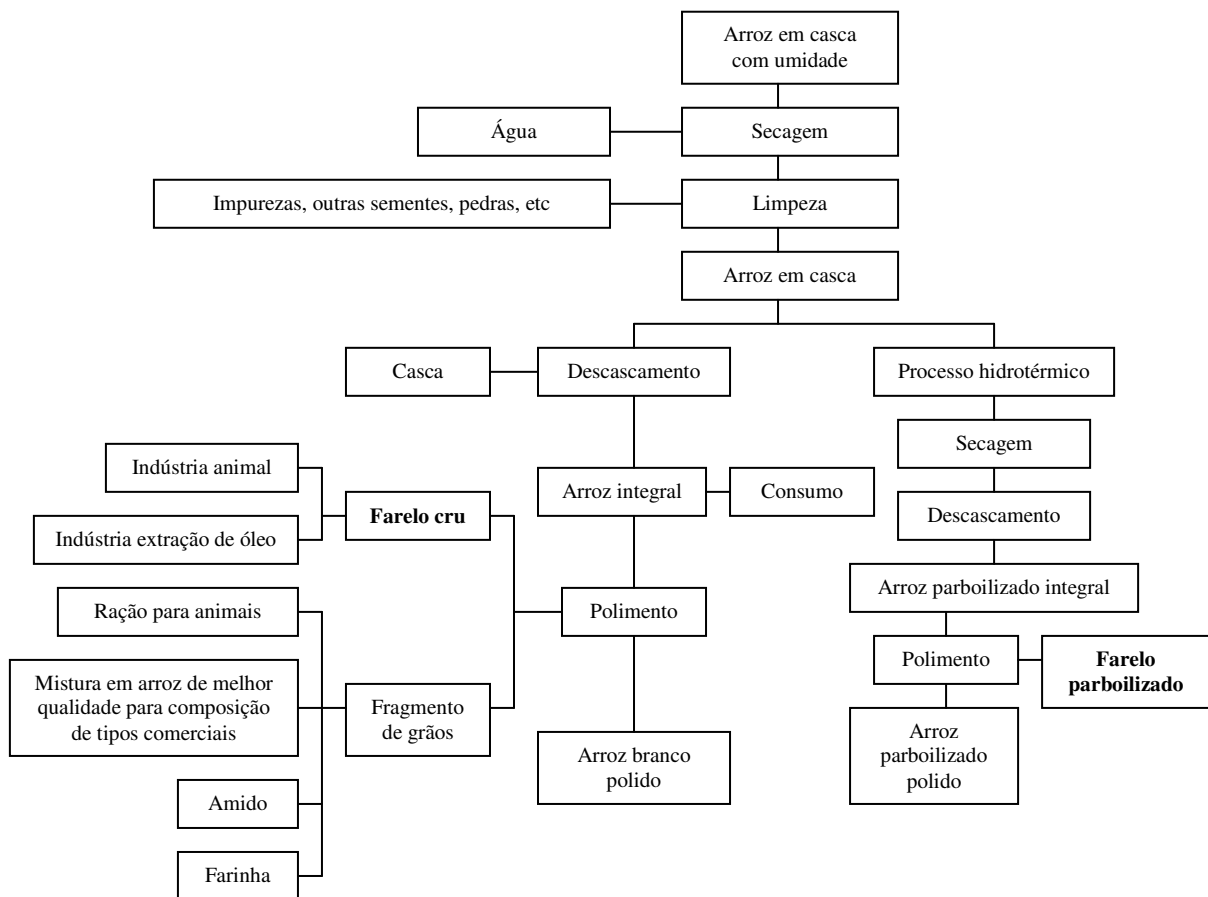


Figura 2. Diagrama do beneficiamento do arroz, incluindo os produtos e os subprodutos.

Fonte: FERREIRA e YOKOYAMA (1999).

O farelo de arroz pode ser oriundo da brunição e polimento do grão, cru ou parboilizado, para a obtenção do arroz polido ou arroz parboilizado polido. Diferenças na composição entre estes dois farelos dependem do beneficiamento e das condições de parboilização do grão de arroz (SAUNDERS, 1990b). O farelo de arroz parboilizado pode ser usado como ingrediente de alimentos sem adição de tratamento térmico, enquanto o resultante do processamento do grão para obtenção do arroz polido, necessita de tratamento térmico para a inativação das enzimas (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006). A Figura 3 ilustra o grão de arroz, fracionando-o em casca, farelo e endosperma (frações separadas no beneficiamento).

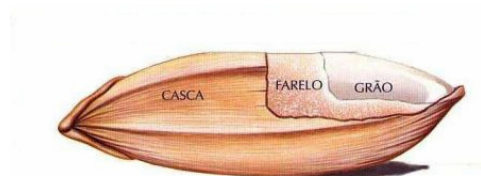


Figura 3. Casca, farelo e endosperma do grão de arroz.

Fonte: JOSAPAR (2004).

2.3 FARELO DE ARROZ

Farelos “são os produtos resultantes do processamento de grãos de cereais e ou leguminosas, constituídos principalmente de casca e ou gérmen, podendo conter partes do endosperma”, possuindo, como requisito específico, um teor de umidade máxima de 15 g 100 g⁻¹, segundo Resolução RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005b).

O farelo de arroz consiste de algumas camadas externas do arroz integral que são retiradas para a produção do arroz polido. Cerca de 90% do farelo de arroz é utilizado na fabricação de rações, apesar de ser facilmente incorporado em formulações de diversos tipos de alimentos, somente uma pequena porcentagem é utilizada em cereais matinais, *snacks*, farinha para panificação e em uso doméstico (HAMMOND, 1994; HOFFPAUER, 2005; SLAVIN; LAMPE, 1992).

No Brasil, o farelo de arroz possui baixo valor comercial, sendo utilizado para extração de óleo, como ingrediente da ração animal e como fertilizante orgânico. É também utilizado em multimisturas, tostado de forma caseira, sendo distribuído a famílias de baixa renda (SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006).

O odor do farelo de arroz é caracterizado como suave, no entanto, é também descrito como rançoso e bolorento, devido à rápida deterioração, o que limita sua utilização como ingrediente para o processamento de alimentos. Durante o tratamento térmico do farelo de arroz ocorre a reação de Maillard, propiciando o aparecimento de odor característico de produtos submetidos ao calor, resultante da quebra do açúcar e da descarboxilação de aminoácidos. O sabor do farelo de arroz é considerado levemente doce e amargo. Apesar dos compostos responsáveis pelo sabor do farelo de arroz ainda não serem conhecidos, é possível que o sabor doce seja resultante da presença de alto conteúdo de açúcares no farelo e gérmen, e o amargo, da presença de saponinas (LUH; BARBER; BARBER, 1991).

A composição química do farelo de arroz depende de fatores associados à própria constituição do grão ou ao processo de beneficiamento. A variedade genética e as condições ambientais nas quais a planta foi cultivada também influenciam a composição química e a distribuição dos componentes químicos do grão de arroz, bem como a espessura das camadas que o constituem, tamanho, forma, e resistência à quebra ou à abrasão, proporcionando, portanto, características nutricionais variáveis. O farelo de arroz possui quantidade significativa de proteínas, lipídios, fibra alimentar, minerais (magnésio, potássio, fósforo, ferro, manganês e zinco) e vitaminas (tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pantotênico, biotina e tocoferol). O fósforo é um mineral abundante neste farelo, ocorrendo na

forma de ácido fítico ou fosfato inorgânico. O farelo de arroz contém teores variáveis de amido devido à presença de endosperma resultante da quebra do grão durante o beneficiamento (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; HOFFPAUER, 2005; LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990b; LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000). A vantagem em relação a outros farelos (trigo, aveia, cevada e centeio) é a ausência de glúten, podendo, portanto, ser utilizado por pessoas que são intolerantes a esta proteína (HAMMOND, 1994).

O óleo contido no farelo de arroz, correspondente a 16-22% do grão, é composto em mais de 90% por ácido palmítico, oléico e linoléico, este possuindo alta instabilidade devido às insaturações. Os fitoquímicos, presentes no óleo, apresentam efeito antioxidante, previnem o efeito nocivo dos raios UV na pele, retardam o crescimento de células cancerosas no seio e diminuem o risco de doenças cardíacas. A fração γ -orizanol possui atividade anti-tumor (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; HOFFPAUER, 2005). O conteúdo de orizanol presente no óleo do farelo varia entre 1,5-2,9%, sendo que nas cultivares de arroz de grãos longos há maior teor que nas cultivares de grãos médios. O calor, utilizado para estabilização do farelo de arroz, pode diminuir o conteúdo de orizanol presente neste óleo (HOFFPAUER, 2005; LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000). O farelo de arroz contém ainda outros antioxidantes, como os tocoferóis, que além de serem benéficos à saúde, proporcionam maior estabilidade aos produtos que possuem o farelo de arroz como ingrediente (DAS; BANERJEE; BAL, 2008; LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000).

Os níveis de brunição e polimento afetam o conteúdo total de carboidratos presente no farelo, assim como o teor de fibra alimentar, sendo estas fibras compostas especialmente por celulose, hemicelulose e lignina (LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990a,b). A fibra alimentar pode propiciar ações benéficas ao organismo como diminuição do colesterol sanguíneo, proteção contra câncer, aumento do trânsito intestinal, intervenção no metabolismo de lipídios e carboidratos e na fisiologia do trato gastrointestinal (COLLI; SARDINHA; FILISETTI, 2005; FRANK et al., 2004; COPPINI et al., 2004).

As principais causas de deterioração do farelo de arroz são as enzimas, os microrganismos e os insetos. Neste farelo, as enzimas mais importantes são as lipases, as lipoxigenases e as peroxidases, sendo que algumas podem ter origem microbiana. Contudo, enzimas, microrganismos e inibidores naturais de protease podem ser termolábeis, ou seja, instáveis a elevadas temperaturas (LUH; BARBER; BARBER, 1991; MALEKIAN et al., 2000).

2.4 RANCIDEZ VERSUS TRATAMENTO TÉRMICO

Os lipídios estão presentes em quase todos os tipos de alimentos, principalmente na forma de triacilglicerídeos, sendo encontrados também na forma de fosfolipídios, glicolipídios, esfingolipídios e glicoproteínas (COULTATE, 2004).

A degradação dos lipídios pode ser ocasionada por oxidação, hidrólise, polimerização, pirólise e absorção de sabores e odores estranhos, alterando a qualidade sensorial, valor nutricional, funcionalidade e toxidez dos produtos alimentícios. Estas modificações podem se iniciar durante a produção, processamento, armazenamento e preparo dos alimentos, sendo as reações de oxidação de lipídios as mais freqüentes, causadas especialmente pelo oxigênio atmosférico através da perda de elétrons durante a transferência destes de uma substância a outra, uma de cada vez ou em pares, resultando na formação de radicais livres. Calor, luz, reações de ionização, metais (cobre e ferro), metaloproteínas e lipoxigenases podem acelerar o desenvolvimento da oxidação (ARAÚJO, 2004; FENNEMA, 2000; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

A estabilização do farelo de arroz é um desafio para a produção de alimentos com qualidade e sabor aceitáveis. O farelo de arroz possui enzimas que hidrolisam o óleo aumentando o conteúdo de ácidos graxos livres, mono e diacilglicerídeos que promovem a formação de odor e sabor de ranço (GLUSHENKOVA et al., 1998). Imediatamente após o beneficiamento, inicia-se tanto a rancificação hidrolítica, pela ação das lipases, como a oxidativa, por meio da autooxidação e ação das lipoxigenases. A resistência das enzimas presentes no farelo de arroz depende da temperatura, do tempo e da umidade do farelo durante o tratamento térmico. Além disto, as condições de estocagem podem favorecer o crescimento de bactérias, de fungos e de insetos, prejudicando a qualidade dos grãos e, conseqüentemente, promovendo a ativação de enzimas (HOFFPAUER, 2005; LUH; BARBER; BARBER, 1991).

Os mecanismos químicos e enzimáticos envolvidos na rancificação lipídica incluem:

- Rancidez hidrolítica: ocorre hidrólise dos óleos e gorduras com produção de ácidos graxos livres através da ação das enzimas lipases, ou de forma não enzimática, através da aplicação de altas temperaturas, resultando em hidrólise dos ácidos graxos e produção de radicais livres (ARAÚJO, 2004; FENNEMA, 2000; ROSSELL, 1994);
- Autooxidação: reação química de baixa energia de ativação que envolve a formação de radicais livres. Não é significativamente inibida pelo abaixamento da temperatura de armazenamento e pode ocorrer na ausência de luz. É o principal mecanismo de oxidação de óleos e gorduras, ocorrendo em três fases: iniciação, com formação de radicais livres,

favorecida pela luz e calor; propagação, pela reação do oxigênio com os radicais livres, formando os peróxidos e hidroperóxidos, produtos primários da oxidação; e término, com a combinação de radicais e formação de produtos secundários estáveis (aldeídos, cetonas, álcoois) (ARAÚJO, 2004);

- Fotoxidação: não envolve a formação de radicais livres. A partir da exposição do alimento à luz, na presença de fotossensores como riboflavina e clorofila ocorre formação de peróxido (FENNEMA, 2000);

- Lipoxigenases: isoenzimas, pertencentes à classe das óxido-redutases, que catalisam a adição molecular de oxigênio às moléculas de ácidos graxos polinsaturados com isomerismo geométrico no sistema 1-cis,4-cis-pentadieno, formando peróxidos e hidroperóxidos. Estão presentes em alimentos de origem vegetal ou animal e utilizam como substrato os ácidos linoléico (C18:2), linolênico (C18:3) ou araquidônico (C20:4) (LIAVONCHANKA; FEUSSNER, 2006; ROBINSON et al., 1995). Os ácidos graxos livres são os substratos preferidos, no entanto, podem agir também sobre os triacilglicerídeos (HAMILTON, 1994). Estes promovem nos alimentos efeitos desejáveis como o branqueamento de farinhas de trigo e sementes de soja e a formação de pontes dissulfeto do glúten durante o amaciamento, e indesejáveis como a destruição de clorofilas e carotenóides, desenvolvimento de aromas e sabores estranhos, danos oxidativos a compostos como vitaminas e proteínas e oxidação dos ácidos graxos essenciais (ROBINSON et al., 1995).

Os produtos originados nas reações de quebra dos peróxidos são os aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos. Estes produtos são tóxicos ao organismo humano, pois podem ser absorvidos, causando irritação da mucosa intestinal, afetando a atividade de diversas enzimas, alterando as proteínas de baixa densidade (LDL) que estão envolvidas no desenvolvimento de lesões arterioscleróticas e interagindo com o DNA, funcionando, desta forma, como promotores da carcinogênese (ARAÚJO, 2004).

A inibição completa da degradação de lipídios em alimentos não é possível, mas vários métodos são utilizados para retardar este processo. A velocidade da reação de auto-oxidação depende, primeiramente, da composição de ácidos graxos insaturados dos óleos e gorduras. A prevenção é o modo mais indicado para o controle da oxidação e inclui utilização de boas práticas durante o processamento, inativação de enzimas capazes de promover alterações no produto pela aplicação de calor (tratamento térmico), eliminação do oxigênio atmosférico, redução de qualquer forma de energia (luz, calor), armazenamento do produto a baixa temperatura e evitar contato com metais, como cobre, ferro, cobalto, manganês, níquel (ARAÚJO, 2004).

A conservação de alimentos engloba uma série de esforços para prevenir, principalmente, que haja deterioração microbiana, modificações na textura ou alterações químicas e bioquímicas indesejáveis (SILVA, 2000). O método tradicional para a estabilização do farelo de arroz nos EUA é a extrusão termoplástica, com temperatura de 125-135 °C por um a três segundos, e umidade do produto entre 11-15% (SAUNDERS, 1990a). A elevação da temperatura neste processo inativa algumas enzimas e, conseqüentemente, aumenta a estabilidade do produto. No entanto, este processo possui desvantagens como a desnaturação de proteínas e vitaminas e modificações do *flavor* e da cor do farelo (HAMMOND, 1994).

A extrusão é um método efetivo para estabilização do farelo de arroz, uma vez que o produto não apresenta aumento significativo de ácidos graxos livres por um período de trinta a sessenta dias (LUH, BARBER; BARBER, 1991). O farelo de arroz extrusado torna-se finamente granulado, marrom claro, pode ser facilmente incorporado em produtos de panificação, e a estimativa da vida-de-prateleira é de seis meses quando armazenado a 29,5 °C (SAUNDERS, 1990b). A extrusão começou a ser utilizada pela indústria de alimentos em meados da década de 30, com a produção de massas alimentícias através de um extrusor de rosca simples. Na década de 40 foi utilizado na indústria de cereais matinais e, posteriormente, na texturização de proteínas vegetais (ROKEY, 1994).

O processo de extrusão inclui mistura, cozimento, amassamento, cisalhamento, formação e moldagem da matéria prima (FELLOWS, 2006). Classificado como um método não convencional de conservação é uma alternativa versátil que pode ser aplicado em vários alimentos, desenvolvendo produtos com características variadas, com eficiência e economia. É um processo contínuo, com pouco ou nenhum resíduo, baixos requerimentos de mão-de-obra e de espaço por unidade de produção, alta capacidade de produção por unidade de área e baixo custo. Apesar de ser um procedimento tecnológico simples, seu controle é complexo devido ao grande número de variáveis envolvidas no processo (HARPER, 1979; LEONEL et al., 2006; RIAZ, 1994).

O princípio básico da extrusão consiste na plasticização de um material sólido pela aplicação de calor, trabalho mecânico e saída através de uma matriz. É um processo no qual a matéria prima é forçada através de um sistema de compressão, em condições de mistura e aquecimento, pressão e fricção que levam à gelatinização do amido, desnaturação e reorientação das proteínas, cisalhamento, homogeneização, e formam um produto com características físicas e geométricas pré-definidas. A extrusão provoca alterações no alimento, como hidratação dos amidos e proteínas, homogeneização, gelatinização, derretimento de

gorduras, desnaturação ou reorientação de proteínas, plastificação e expansão da estrutura do alimento. Pode originar alimentos com maior vida-de-prateleira e livres de contaminação, uma vez que a realização do processo a altas temperaturas pode destruir compostos antinutricionais, como inibidores de tripsina, enzimas, como lipases, peroxidases e lipoxigenases, e microrganismos (CAMIRE, 2001; FELLOWS, 2006; RIAZ, 1994).

Geralmente, farinhas finas como o farelo, diferentemente do *grits* grosso, que tende a se movimentar rapidamente e facilmente pela máquina extrusora, são mais difíceis de serem manipuladas durante a extrusão, devido ao agrupamento da massa durante o trajeto, principalmente na alimentação do extrusor (HARPER, 1979).

Alimentos com conteúdo lipídico maior que 10% são difíceis de serem extrusados, e além disto, apresentam baixa expansão e podem aumentar a suscetibilidade à oxidação durante o período de estocagem, uma vez que, além da maior superfície de contato com o oxigênio, gerada pela expansão do produto após extrusão, durante este processo podem ser transferidos ao alimento resíduos de minerais pró-oxidantes, resultantes, principalmente, do atrito das fibras presentes nos alimentos com as peças do extrusor. No entanto, enzimas lipolíticas e outras enzimas promotoras da oxidação podem ser inativadas. O processo de extrusão pode favorecer a perda de vitaminas hidrossolúveis, todavia, esta perda é relacionada ao tipo de alimento, teor de umidade, temperatura do processamento e tempo de permanência no extrusor (CAMIRE, 2001).

A parboilização do arroz é um tratamento hidrotérmico ao qual o grão em casca é submetido, sendo realizado em três etapas: na primeira etapa, o encharcamento, o arroz é colocado em tanques com água quente por algumas horas, o que favorece a migração de vitaminas e sais minerais que se encontram na película e no gérmen para o grão, à medida que este absorve a água; em seguida ocorre a gelatinização, processo no qual se utiliza temperatura e pressão em autoclave, responsável por tornar o grão mais compacto, favorecendo a fixação das vitaminas e dos minerais em seu interior; a última etapa é a secagem do grão para posterior descascamento, polimento e seleção (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999). O farelo oriundo do arroz parboilizado contém menor contaminação de endosperma, uma vez que o grão torna-se mais compacto e resistente à quebra ou abrasão durante a brunição e polimento, e, conseqüentemente, maior conteúdo de outros nutrientes. Além disto, o farelo de arroz obtido a partir do arroz parboilizado é estável e não requer tratamento térmico (SAUNDERS, 1990b; SLAVIN; LAMPE, 1992).

2.5 BISCOITOS

Biscoitos ou bolachas “são os produtos obtidos pela mistura de farinha(s), amido(s) e ou fécula(s) com outros ingredientes, submetidos a processos de amassamento e cocção, fermentados ou não, que podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos”, segundo a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005b).

Os alimentos obtidos pelo processo de panificação possuem boa qualidade nutricional e sensorial, além de longa vida de prateleira (CHAVAN; KADAN, 1993). Estas características estimulam a produção de alimentos prontos para o consumo, em crescente comercialização (BOOTH, 1990).

Os produtos de panificação podem ser elaborados com farinhas mistas que possibilitem o aproveitamento de produtos com alto valor nutricional, favorecendo assim, a sua qualidade. Na formulação de farinhas mistas, além do valor nutricional do produto usado na fortificação, é importante a aceitabilidade do produto final em relação aos consumidores (CHANG et al., 1998). Biscoitos são produtos de panificação muito populares em todos os níveis da sociedade, uma vez que estão prontos para o consumo, possuem boa qualidade nutricional e disponibilidade em diferentes variedades por preços acessíveis (SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007).

Os biscoitos tipo *cookie* são populares como componentes de uma refeição rápida, sendo, em geral, caracterizados pelo alto teor de açúcar e gordura e pela baixa umidade (PALOMAR et al., 1994). Os *cookies* podem apresentar melhor qualidade nutricional a partir da sua otimização (GIAMI, ACHINEWHU; IBAAKEE, 2005), através da adição de ingredientes fontes de fibra e de outras substâncias benéficas ao organismo humano, como os fitoquímicos presentes no farelo de arroz. O farelo de arroz tem sido um bom ingrediente no desenvolvimento na massa de pães e biscoitos, pois pode ser facilmente incorporado em produtos de panificação (HAMMOND, 1994; SLAVIN; LAMPE, 1992). Portanto, a elevada aceitabilidade de biscoitos e as vantagens associadas ao farelo de arroz favorecem a utilização deste ingrediente na formulação de biscoitos tipo *cookie* com qualidade nutricional.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Caracterizar e avaliar a estabilidade à rancidez dos farelos de arroz cru, extrusado e do obtido após o processo de parboilização do arroz, assim como utilizar o farelo de arroz extrusado na formulação de biscoitos tipo *cookie*.

3.2 ESPECÍFICOS

- Determinar a composição química dos farelos de arroz cru, extrusado e obtido após a parboilização.
- Avaliar a qualidade microbiológica dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado quanto à presença de fungos, coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp.
- Verificar a estabilidade à rancificação dos farelos de arroz cru, extrusado e obtido após a parboilização, embalados em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenados à temperatura ambiente por seis meses.
- Observar as características físicas dos farelos de arroz cru, extrusado e obtido após a parboilização durante o período de armazenamento dos mesmos.
- Comparar, a cada trinta dias, o odor e o gosto de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado armazenado à temperatura ambiente e a -20 °C.
- Formular biscoitos com diferentes teores de farelo de arroz extrusado.
- Avaliar a aceitabilidade sensorial dos biscoitos com farelo de arroz extrusado.
- Determinar os parâmetros de cor dos biscoitos elaborados.
- Determinar a composição química dos biscoitos elaborados.
- Comparar o conteúdo de fibra alimentar e minerais entre o biscoito formulado sem farelo de arroz e com farelo de arroz extrusado.
- Avaliar a qualidade microbiológica do biscoito formulado sem farelo de arroz e com farelo de arroz extrusado quanto aos coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp.
- Determinar e comparar o custo dos ingredientes utilizados na formulação dos biscoitos sem e com farelo de arroz.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para a realização das análises foram utilizados farelos de arroz provenientes do beneficiamento da cultivar Primavera. O farelo cru foi doado pela Indústria Arroz Cristal Ltda., localizada no município de Aparecida de Goiânia - GO, e o farelo oriundo do arroz parboilizado foi cedido pela Cerealista Medeiros, indústria localizada em Goiânia - GO.

4.2 MÉTODOS

O farelo de arroz cru foi embalado em sacos de polietileno de baixa densidade (30 μm de espessura) e armazenado em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. No dia seguinte, início das análises químicas, o farelo de arroz cru foi embalado em filmes de polietileno de baixa densidade (15 μm de espessura) e armazenado em caixas de papelão à temperatura ambiente.

Logo após o beneficiamento, uma alíquota do farelo de arroz cru foi submetida à extrusão em extrusor de rosca simples (MCI 150 kg h^{-1}), com temperatura estabilizada em $110 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, diâmetro da matriz de 133 mm, frequência de 50-60 Hz e umidade de $5,6\text{ g }100\text{ g}^{-1}$. A extrusão foi realizada na Cicopal - Indústria e Comércio de Gêneros Alimentícios e Higiene Pessoal Ltda., localizada no município de Senador Canêdo - GO. Em seguida, o farelo extrusado foi homogeneizado em misturador de formato hexagonal com capacidade de 150 kg, por cinco minutos, a uma velocidade de 12 rpm e logo após, seco por oito horas a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ em estufa com circulação de ar (Marconi, MA 035). Ao atingir a temperatura ambiente, o farelo de arroz extrusado foi embalado em sacos de polietileno de baixa densidade (15 μm de espessura) e armazenado em caixas de papelão à temperatura ambiente.

A parboilização do arroz foi efetuada na Cerealista Medeiros sob as seguintes condições: maceração por 5 h a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, vaporização em autoclave de processo contínuo (Pagé), com capacidade para 10.000 kg h^{-1} e secagem em secador de coluna (Pagé) a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 6 h, com câmara de secagem e resfriamento. Após a parboilização, o arroz foi beneficiado, obtendo-se o farelo de arroz parboilizado. Este farelo, devido à visível contaminação de cascas, foi passado em peneira de 16 mesh, em seguida embalado em sacos de polietileno de

baixa densidade (15 μm de espessura) e armazenado em caixas de papelão à temperatura ambiente.

Neste estudo sobre a estabilidade de farelos de arroz durante o armazenamento, utilizou-se embalagens de polietileno de baixa densidade (espessura de 15 μm), mais baratas que as embalagens a vácuo, para acondicionamento das amostras, visando diminuir custos industriais ou tornar o produto mais acessível ao consumidor de baixa renda.

As embalagens de polietileno (15 μm de espessura) contendo as amostras foram termosoldadas em seladora manual (Barba M - 300 T). Parte do material foi armazenado em freezer a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e parte foi mantida à temperatura ambiente e ao abrigo da luz (caixas de papelão) até a realização das análises. Foram armazenadas à temperatura ambiente quarenta e oito porções individualizadas com 30 g de cada farelo (para análises de rancidez hidrolítica e atividade de lipase), vinte e sete porções de 200 g (para análise do índice de peróxidos) e seis porções de 300 g apenas do farelo extrusado (para a elaboração dos biscoitos). Os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foram congelados em duas porções de 100 g cada até a realização das análises microbiológicas, duas porções de 300 g até a realização das análises físico-químicas e seis porções de 500 g, apenas do farelo extrusado para a elaboração dos biscoitos, sendo utilizada uma porção por mês. Visando estudar uma aplicação do farelo de arroz, foram elaborados biscoitos com o farelo de arroz recém extrusado, por ser este muito utilizado como ingrediente na formulação de produtos de panificação nos EUA (CARVALHO; BASSINELLO, 2006).

4.2.1 Caracterização físico-química e microbiológica dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado

A composição nutricional dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foi determinada no Laboratório de Análise e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás - GO. As análises de umidade, proteínas, lipídios, carboidratos, cinzas e valor energético total foram realizadas em triplicata, as de fibra alimentar, em quadruplicata, e as de minerais (cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, zinco, cobre e manganês), em duplicata.

A umidade foi determinada em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, até peso constante, conforme método oficial nº 925.10 da AOAC International (1997).

A proteína bruta foi quantificada pelo método microKjeldhal, conforme metodologia oficial n° 960.52 da AOAC International (1997), utilizando o fator 5,95 para converter o teor de nitrogênio em proteína (ALENCAR; ALVARENGA, 1991; LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1985-86).

A determinação dos lipídios totais foi realizada de acordo com a técnica descrita por Bligh e Dyer (1959), utilizando-se a mistura de metanol, clorofórmio e água na proporção de 2:1:0,8, respectivamente, para extração da gordura. Os lipídios extraídos na camada de clorofórmio foram estimados por gravimetria.

Os carboidratos foram determinados pelo cálculo da diferença entre 100 gramas do alimento e a soma total dos valores encontrados para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibra alimentar (BRASIL, 2003).

O conteúdo de fibra alimentar foi baseado na determinação do peso do resíduo resultante da eliminação do amido e da proteína a partir da amostra desengordurada, através de digestão enzimática seqüencial, segundo método enzimico-gravimétrico n° 985.29 da AOAC International (1997). Após a hidrólise enzimática, precipitou-se a fibra alimentar solúvel por meio da adição de quatro volumes (baseando-se na quantidade da alíquota obtida) de etanol 98%. A solução foi filtrada a vácuo e o resíduo e precipitado retidos, lavados a vácuo com etanol 78%, etanol 95% e acetona, sendo em seguida secos em estufa e pesados. A fibra alimentar total foi calculada a partir do peso do resíduo e precipitado, descontando-se o peso da proteína e cinzas contidas no resíduo.

As cinzas foram quantificadas por meio da carbonização total da matéria orgânica em forno mufla a 550 °C, como descrito no método n° 923.03 da AOAC International (1997).

O valor energético total foi estimado conforme os valores de conversão de Atwater de 4 kcal g⁻¹ de proteína, 4 kcal g⁻¹ de carboidratos e 9 kcal g⁻¹ de lipídios (BRASIL, 2003).

Os minerais foram analisados conforme metodologia n° 9.1.01 e n° 9.1.06 da AOAC (1995). Foram pesados 400 mg de farelo de arroz em tubos de ensaio, sendo adicionados ácido nítrico (HNO₃) e ácido perclórico (HClO₄) na proporção de 2:1, respectivamente. Os tubos foram colocados em bloco digestor, com temperatura inicial de 50 °C na primeira meia hora, 100 °C na meia hora seguinte e por fim, 170 °C por cinco horas, com volatilização de toda a matéria orgânica, restando apenas compostos inorgânicos. Após a digestão, realizou-se diluição uniforme, com água deionizada, dos extratos digeridos, até obtenção de alíquota de 20 mL.

Para análise dos macrominerais cálcio e magnésio, uma alíquota de 2 mL da primeira diluição foi transferida para um balão volumétrico, e a este foi adicionado solução de óxido de lantânio a 5%, com o objetivo de prevenir possíveis interferências do fósforo na determinação destes minerais. Em seguida, adicionou-se água deionizada até o volume final de 25 mL, com agitação do balão volumétrico, sendo realizada a leitura em espectrofotômetro da Perkin Elmer, modelo 306, com fonte de radiação proveniente de lâmpadas de catodo oco, específica para cada elemento e determinação de curva de calibração.

O potássio foi determinado a partir de uma alíquota da primeira diluição, transferida para balão volumétrico, com conseqüente adição de água deionizada até volume de 50 mL. A leitura foi realizada em espectrofotômetro da Perkin Elmer, modelo 306, com fonte de radiação proveniente de lâmpadas de catodo oco, específica para cada elemento e determinação de curva de calibração. O combustível utilizado neste equipamento foi o gás acetileno (C_2H_2) com pressão de trabalho de 100 kPa e o ar atmosférico como gás oxidante com pressão de 400 kPa (compressor).

A quantificação de fósforo foi feita pela adição de 1 mL do extrato digerido diluído (20 mL) em balão volumétrico de 10 mL, e posterior inserção de 2 mL do reativo colorido (1 mL de solução de molibdato de amônio a 5% e 1 mL de metavanato de amônio a 0,25%). Adicionou-se em torno de 7 mL de água deionizada até completar o volume final de 10 mL. Foram elaboradas curvas no espectrofotômetro Bel Photonics, modelo SP 2000 UV, com os padrões de 0,0 ppm, 1,6 ppm, 3,2 ppm, 4,8 ppm, 6,4 ppm e 8,0 ppm e, em seguida, realizou-se a leitura das amostras.

Para a determinação dos micronutrientes ferro, zinco, cobre e manganês, realizou-se a leitura direta do volume diluído de 20 mL (resultante da primeira diluição) em espectrofotômetro de absorção atômica da Varian, modelo 50B. A fonte de radiação para quantificação dos minerais foi proveniente de lâmpadas de catodo oco, específica para cada elemento e o combustível utilizado foi o gás acetileno (C_2H_2). Antes da realização da leitura dos minerais, todos os tubos foram agitados em um agitador de tubos Ika Works do Brasil, modelo Minishaker - MS1, para que as soluções fossem homogeneizadas.

Os dados obtidos nas análises físico-químicas foram avaliados por meio de análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o SAS Institute (2002).

Os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foram analisados quanto ao número total de colônias de fungos, coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e presença de *Salmonella* sp. As análises de fungos foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Arroz e

Feijão, em Santo Antônio de Goiás - GO, enquanto que as análises de coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp., foram realizadas pelo Laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos da Faculdade de Nutrição da UFG, em Goiânia - GO.

As amostras, devidamente acondicionadas em embalagens plásticas (polietileno), foram pesadas (25 g) em balança previamente esterilizada, com precisão de $\pm 0,01$ g, homogeneizadas em 225 ml de solução salina tamponada (água peptonada) estéril (8,5 g de cloreto de sódio, 1 g de água peptonada e 1 L de água destilada) por dez minutos, em "Stomacher". A quantificação dos fungos presentes nas amostras de farelo de arroz cru, extrusado e parboilizado foi realizada em câmara de fluxo laminar previamente esterilizada. As amostras foram inoculadas em meio de cultura ágar batata dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico (10%), utilizando-se o método de plaqueamento em profundidade. Após a inoculação e a solidificação do meio de cultura, as placas de Petri foram incubadas a 25 °C, por 72-120 h, sendo as avaliações realizadas após este período, por meio de contagem do número de colônias (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2001).

As determinações de fungos foram realizadas em triplicata, e os resultados, submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade de erro com auxílio do programa SAS Institute (2002).

As contagens de coliformes a 45 °C, de *Bacillus cereus* e a pesquisa de presença *Salmonella* sp. foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela American Public Health Association (APHA, 2001).

Para a contagem de coliformes totais, foi distribuído 1 mL de cada diluição no centro da placa de Petri e adicionado 15 mL do ágar cristal violeta vermelho neutro bile (VRBA), seguido de homogeneização. Após a solidificação, as placas foram incubadas de forma invertida a 35 °C, durante 24-48 h. Completado o tempo de incubação, foram selecionadas as placas com dez a cento e cinquenta colônias, consideradas características aquelas com 0,5-2,0 mm de diâmetro, vermelho púrpura rodeadas por zonas de precipitação dos sais biliares de cor violeta. A confirmação foi realizada inoculando-se com alça três a cinco colônias, em tubos contendo caldo verde brilhante bile 2% lactose com tubos de Durham e incubando-se a 35 °C por 48 h. Para a confirmação de coliformes termotolerantes a partir das placas de VRBA, utilizadas na contagem de coliformes totais, selecionou-se três a cinco colônias típicas, inoculando-as em tubos com caldo *Escherichia coli* (EC) contendo tubos de Durham, com incubação a 44,5 °C por 24 h em banho-maria com agitação. Após completado o tempo de incubação realizou-se as provas do indol, vermelho de metila, Voges Proskauer e citrato

(IMViC), transferindo uma alça para os tubos com caldo triptona e citrato de Simmons com incubação a 35 °C por 48 h, e para os tubos com caldo vermelho de metila e Voges Proskauer (VM-VP) com incubação a 35 °C por cinco dias.

A contagem de *B. cereus* foi feita por semeadura em superfície em ágar manitol gema de ovo polimixina (MYP) distribuídas com alça de Drigalsky. As placas foram incubadas a 37 °C por 24 h. Das colônias consideradas suspeitas, foram realizadas as provas de motilidade, redução do nitrato e beta-hemólise.

A pesquisa de *Salmonella* sp. incluiu pré-enriquecimento a 37 °C por 24 h, enriquecimento seletivo em caldo selenito cistina e tetracionato de Kauffmann a 43 °C por 24 h, e isolamento em ágar *Salmonella-Shigella* (SS) e ágar xilose-lisina-desoxicolato (XLD), com incubação a 37 °C por 24 h. As colônias com características típicas foram triadas em ágar tríplice açúcar ferro (TSI), incubadas a 37 °C por 24 h e por fim, foram realizados os testes bioquímicos (teste de uréia, citrato, VM-VP, triptona, indol, malonato, fenilalanina, lisina, lactose e sacarose).

Os resultados das análises de coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp. foram emitidos em laudo pelo laboratório responsável pela realização da análise.

4.2.2 Determinação da estabilidade dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado durante o armazenamento

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos: farelo de arroz cru, farelo de arroz extrusado e farelo de arroz parboilizado, com três repetições no período de cento e oitenta dias. Avaliou-se a estabilidade dos tratamentos por meio da determinação da atividade de lipase (AL), rancidez hidrolítica (RH) e índice de peróxidos (IP). Estas análises foram realizadas em duplicata, no Laboratório de Análise e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás - GO.

Para AL e RH, os tratamentos foram analisados a cada três dias durante os primeiros doze dias; do décimo segundo ao trigésimo dia, a cada seis dias; do trigésimo ao sexagésimo dia, a cada dez dias; do sexagésimo ao nonagésimo dia, a cada quinze dias; e deste ponto em diante, a cada trinta dias. Assim, foram coletadas três amostras de cada tratamento em dezesseis tempos diferentes, totalizando cento e quarenta e quatro parcelas.

O IP foi determinado a cada quinze dias, durante os primeiros sessenta dias, e, a partir deste ponto, a cada trinta dias, totalizando nove tempos para cada amostra, portanto, oitenta e uma parcelas.

Os dados obtidos foram analisados por análise de variância e as médias dos resultados, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, no aplicativo SAS, por meio de seu procedimento GLM (SAS INSTITUTE, 2002). Foram construídas curvas de regressão no programa Excel (MICROSOFT EXCEL, 2003) e os efeitos lineares e quadráticos do tempo sobre as variáveis foram avaliados com auxílio do programa Sisvar (FERREIRA, 2000).

A determinação da AL fundamentou-se na produção de ácidos graxos livres resultante da ação desta enzima após sua extração e inserção de substrato, segundo metodologia descrita por Goffman e Bergman (2003b). Utilizou-se 200 mg de amostra e 2 mL de tampão fosfato de potássio (50 mM), com pH 7,2, para extração da enzima, sendo 1 mL da fase aquosa desta solução, transferido para outro tubo contendo 1 mL de emulsão (30 mg óleo de oliva com 30 mg de Tween 20 por mL de água deionizada). A reação enzimática ocorreu por incubação das amostras a 35 °C por dezoito horas em shaker com controle de temperatura a 20 rpm (Shaker Incubating, modelo 4500). Após este período, adicionou-se 3,5 mL de isoctano, visando a extração dos ácidos graxos livres. Desta solução, retirou-se 2 mL do sobrenadante, inserindo-o em novo tubo contendo 1 mL da mistura reagente indicadora de cor (3% v v⁻¹ de solução de piridina em 5% p v⁻¹ de solução de acetato cúprico). A solução foi agitada por 1-2 seg em agitador de tubos Ika Works do Brasil, modelo Minishaker - MS1. Após a sedimentação da fase aquosa, foi removida uma alíquota da fase isoctano e lida a absorbância a 715 nm em espectrofotômetro Femto 700 Plus, calibrado com isoctano em acetato cúprico. Os resultados foram expressos de acordo com a quantidade de ácidos graxos livres em miligramas de ácido caprílico (C 8:0) por 100 mg de farelo de arroz, com base na curva-padrão do ácido caprílico (KWON; RHEE, 1986).

A RH foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Goffman e Bergman (2003b), agitando em shaker (Shaker Incubating, modelo 4500) por 3 min a 180 rpm, 100 mg de farelo de arroz e 3 mL de isoctano. Uma alíquota de 2 mL foi retirada e adicionada em novo tubo contendo 1 mL do reagente indicador de cor (3% v v⁻¹ de solução de piridina em 5% p v⁻¹ de solução de acetato cúprico), sendo a solução agitada por 1-2 seg em agitador de tubos Ika Works do Brasil, modelo Minishaker - MS1. Uma alíquota da fase isoctano foi retirada para leitura da absorbância a 715 nm em espectrofotômetro Femto 700 Plus, calibrado com alíquota de isoctano em acetato cúprico. A RH foi expressa de acordo com a quantidade

de ácidos graxos livres em miligramas de ácido caprílico por 100 mg de farelo de arroz, com base em curva-padrão de ácido caprílico construída segundo Kwon e Rhee (1986).

O IP foi determinado segundo o método nº Cd 8b-90 (AOCS, 1991), que quantifica as substâncias que geralmente são assumidas como peróxidos ou outros produtos similares da oxidação lipídica. O óleo contido nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foi extraído à frio, segundo metodologia descrita por Blyer e Dyer (1959), utilizando metanol, clorofórmio e água na proporção de 2:2:1,8. Aos lipídios extraídos, foram adicionados ácido acético e isoctano, na proporção de 3:2, solução saturada de iodeto de potássio, água destilada e solução indicadora de amido. A mistura foi titulada com tiosulfato de sódio até atingir o ponto de viragem (amarelo claro). Os lipídios contidos na alíquota foram estimados gravimetricamente.

Os farelos de arroz também foram avaliados, aos cento e vinte dias de armazenamento, quanto à presença e identificação de ovos, larvas e adultos de insetos, com auxílio de microscópio estereoscópico, no laboratório de Entomologia da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás - GO.

Aos cento e oitenta dias de armazenamento os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foram analisados quanto ao número total de colônias de fungos, no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO, conforme metodologia descrita no item 4.2.1.

4.2.3 Avaliação do odor e gosto de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado armazenados à temperatura ambiente por trinta, sessenta e noventa dias

Utilizou-se delineamento em blocos completos casualizados, considerando os provadores iguais aos blocos, com dois tratamentos. Os biscoitos foram preparados no dia anterior a cada teste. Os testes foram realizados a cada trinta dias de armazenamento, na Embrapa Arroz e Feijão, com 70 provadores não treinados, sendo os mesmos em cada teste.

Para elaboração da amostra “controle”, utilizou-se na formulação farelo de arroz extrusado armazenado -20 °C, e para o tratamento “teste”, a ser avaliado, farelo de arroz extrusado embalado em filme de polietileno de baixa densidade (15 µm de espessura) armazenado à temperatura ambiente por trinta, sessenta e noventa dias. Ambos os biscoitos foram formulados com 127,5 g de farelo de arroz extrusado, 85,0 g de farinha de trigo, 42,5 g de fécula de mandioca, 110,0 g de açúcar cristal, 50,0 g de açúcar mascavo, 120,0g de

margarina, 56,0 g de ovo, 6,0 g de fermento químico em pó, 2,0 g de sal e 2,0 g de essência de baunilha. A seqüência de operações para elaboração dos biscoitos está descrita no item 4.2.4.

Para a análise sensorial, aplicou-se o teste discriminativo de comparação múltipla ou de diferença do controle, segundo Meilgaard, Civille e Carr (1999), avaliando-se o odor e gosto das amostras em relação à “referência”. As amostras foram apresentadas em pratos descartáveis, devidamente codificadas, na forma de triângulo, contendo duas amostras “controle” e uma amostra “teste”, de forma que uma amostra controle foi denominada “referência”. O modelo da ficha utilizada na análise sensorial está ilustrado na Figura 4.

Nome: _____ Data: __/__/__ Sexo: () F () M Idade: __anos					
Você receberá 2 amostras de biscoitos com farelo de arroz para serem avaliadas quanto ao odor e gosto. As amostras-teste codificadas devem ser comparadas com a referência, marcada com a letra R . Por favor, analise-as e classifique-as como igual, com mais ou menos odor e gosto, de acordo com seu julgamento. Em seguida, classifique a intensidade da diferença de acordo com a escala apresentada. Enxágüe a boca após as avaliações e espere trinta segundos para a próxima avaliação.					
Classificação	Código da amostra		Classificação	Código da amostra	
ODOR			GOSTO		
Odor mais intenso que R			Mais gostosa que R		
Odor igual a R			Gosto igual a R		
Odor menos intenso que R			Menos gostosa que R		
<i>Intensidade da diferença:</i>			<i>Intensidade da diferença:</i>		
Pequena			Pequena		
Moderada			Moderada		
Grande			Grande		
Extrema			Extrema		
Comentários: _____					

Figura 4. Ficha de avaliação sensorial utilizada no teste discriminativo de comparação múltipla.

Para avaliação dos dados obtidos, utilizou-se uma escala monopolar de nove pontos, variando de um a nove, sendo um referente à diferença extrema menor de intensidade, cinco igual à referência e nove diferença extrema maior de intensidade. Os resultados foram analisados aos pares, aos trinta, sessenta e noventa dias quanto a odor e gosto de ranço, pelo teste F utilizando-se o aplicativo SAS Institute (2002).

4.2.4 Aplicação – biscoitos formulados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado

Farelo de arroz extrusado submetido ao congelamento logo após a obtenção foi utilizado para a elaboração dos biscoitos tipo *cookie* com diferentes níveis deste farelo em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos (12,5%, 25%, 37,5% e 50% de substituição da mistura de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado), e um controle (sem farelo de arroz extrusado), em quatro repetições, totalizando vinte parcelas.

Biscoitos tipo *cookie* com diferentes concentrações de farelo de arroz extrusado foram desenvolvidos no laboratório de Panificação do Setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG. Os biscoitos foram formulados segundo Soares Júnior et al. (2007) com redução dos teores de açúcar e de sal. Em todos os tratamentos, apenas a quantidade de farelo de arroz extrusado, farinha de trigo e fécula de mandioca foram alterados, conforme verificado na Tabela 1. Os demais ingredientes permaneceram constantes: 110 g de açúcar cristal, 50 g de açúcar mascavo, 120 g de margarina, 56 g de ovo, 6 g de fermento químico em pó, 2 g de sal e 2 g de essência de baunilha.

Tabela 1. Quantidades (g) de farelo de arroz extrusado, farinha de trigo e fécula de mandioca utilizados na formulação dos biscoitos tipo *cookie*.

Ingredientes (g)	Níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado (%)				
	0 (controle)	12,5	25	37,5	50
Farelo de arroz extrusado	0,0	31,9	63,8	95,6	127,5
Farinha de trigo	170,0	148,7	127,5	106,3	85,0
Fécula de mandioca	85,0	74,4	63,7	53,1	42,5

Para o preparo da massa, todos os ingredientes foram pesados e, em seguida, processados em batedeira doméstica Wallita, modelo RI 1554. Primeiramente foram misturados por três minutos os açúcares cristal e mascavo, a margarina, o ovo e a essência de baunilha. Em seguida, adicionou-se a mistura de farinha de trigo, fécula de mandioca e farelo de arroz extrusado, processando-os por dois minutos em baixa velocidade. No final, adicionou-se o sal e fermento, homogeneizando a mistura por mais três minutos. Os biscoitos foram moldados e padronizados com auxílio de colher de sopa, colocados em forma de alumínio untada e enfarinhada, e assados em forno industrial pré-aquecido, com temperatura

estabilizada em 180 ± 3 °C por 17 ± 2 min. Após atingirem a temperatura ambiente, os biscoitos foram embalados em sacos de polietileno de baixa densidade (15 μ m de espessura) até a realização da análise sensorial. Amostras de cada tratamento foram congeladas a -20 °C até a realização das análises físicas, químicas e microbiológicas.

4.2.4.1 Avaliação sensorial – aceitabilidade

Para a análise sensorial dos biscoitos utilizou-se delineamento em blocos completos casualizados, no qual as fontes de variação foram os tratamentos (12,5%, 25%, 37,5% e 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado), mais um controle, sendo cada provador um bloco. Cada tratamento foi avaliado por setenta provadores não treinados, de forma monádica seqüencial aleatorizada (um tratamento a cada sessão, ou seja, um por dia) (MEILGAAR; CIVILLE; CARR, 1999).

Na Figura 5 está ilustrada a ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de aceitabilidade aplicado aos biscoitos elaborados.

Nome: _____		Data: ____/____/____										
Sexo: <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> M		Idade: ____ anos										
Você gosta de biscoito? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não												
Você lê rótulos de produtos? <input type="checkbox"/> Sempre <input type="checkbox"/> Às Vezes <input type="checkbox"/> Não												
<p>Você receberá amostra de biscoito para ser avaliada quanto à aparência, textura e sabor. Prove cuidadosamente e avalie.</p> <p>Por favor, represente o quanto gostou ou desgostou, de acordo com a escala.</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">1 - Desgostei muitíssimo</td> <td style="width: 50%;">6 - Gostei ligeiramente</td> </tr> <tr> <td>2 - Desgostei muito</td> <td>7 - Gostei regularmente</td> </tr> <tr> <td>3 - Desgostei regularmente</td> <td>8 - Gostei muito</td> </tr> <tr> <td>4 - Desgostei ligeiramente</td> <td>9 - Gostei muitíssimo</td> </tr> <tr> <td>5 - Indiferente</td> <td></td> </tr> </table>			1 - Desgostei muitíssimo	6 - Gostei ligeiramente	2 - Desgostei muito	7 - Gostei regularmente	3 - Desgostei regularmente	8 - Gostei muito	4 - Desgostei ligeiramente	9 - Gostei muitíssimo	5 - Indiferente	
1 - Desgostei muitíssimo	6 - Gostei ligeiramente											
2 - Desgostei muito	7 - Gostei regularmente											
3 - Desgostei regularmente	8 - Gostei muito											
4 - Desgostei ligeiramente	9 - Gostei muitíssimo											
5 - Indiferente												
Atributo	Escore											
Aparência												
Textura												
Sabor												
Você compraria o biscoito? <input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO												
Comentários: _____												

Figura 5. Ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de aceitabilidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado.

O método utilizado foi o teste de aceitabilidade, no qual avaliou-se a aparência, textura e sabor, com auxílio de escala hedônica estruturada, contendo nove frases previamente estabelecidas e arranjadas, com graus sucessivos de “gostar”, sendo o número 1 referente ao “desgostei extremamente” e o número 9, ao “gostei extremamente” (MEILGAAR; CIVILLE; CARR, 1999). Também foram obtidas informações sobre o sexo, idade, apreciação de biscoito e interesse pela leitura de rótulos de produtos, além da intenção de compra pelos provadores (Figura 5).

Os dados referentes à aparência, textura e sabor dos biscoitos elaborados foram interpretados por análise de variância e as médias dos resultados, comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (SAS INSTITUTE, 2002).

4.1.4.2 Avaliação físico-química dos biscoitos

Os parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*) foram determinados no Colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest II, no Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da UFG, Goiânia - GO, com 20 replicatas. A luminosidade (L^*) representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco); os valores das coordenadas de cromaticidade a^* de -60 a +60, correspondem, ao verde e ao vermelho, respectivamente e a coordenada b^* também varia de -60 a +60, correspondendo ao azul e ao amarelo, respectivamente.

Análises de umidade, proteínas, lipídios, cinzas, carboidratos e valor energético total, foram realizadas em triplicata, de fibra alimentar, em quadruplicata, e de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, zinco, cobre e manganês, em duplicata, foram determinadas segundo os métodos descritos no item 4.2.1. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise e Tecnologia de Alimentos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás - GO. Os biscoitos foram pesados em balança eletrônica com capacidade de 350 g, precisão de 0,01 g, da marca Acculab, modelo VI 350.

Os dados obtidos nas análises físicas e químicas foram avaliados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro (SAS INSTITUTE, 2002), com exceção dos biscoitos controle e de maior aceitabilidade, que foram avaliados pelo teste F, com auxílio do SAS Institute (2002). Foram determinadas as curvas de regressão e os efeitos lineares e quadráticos significativos das variáveis com auxílio do

programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000), sendo construídos gráficos de regressão no programa Excel (MICROSOFT EXCEL, 2003).

4.2.4.3 Avaliação microbiológica

Os tratamentos controle e de maior aceitabilidade no teste sensorial foram analisados quanto aos coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp., no Laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos da Faculdade de Nutrição da UFG, em Goiânia - GO, conforme metodologia descrita no item 4.2.1. A contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva foi realizada através da semeadura de 0,1 mL das diluições em superfície de ágar baird-Parker (BP), distribuídas com alça de Drigalsky, com incubação a 37 °C por 48 h. Foram realizadas as provas coloração de Gram, prova da catalase, prova da coagulase e fermentação anaeróbica da glicose e manitol nas colônias consideradas suspeitas de pertencerem ao gênero *Staphylococcus*. Os resultados das análises de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. foram emitidos em laudo pelo laboratório responsável pela realização da análise.

4.2.4.4 Custo dos ingredientes substituídos na elaboração dos biscoitos

O custo dos ingredientes substituídos para o preparo dos biscoitos foi calculado por meio de levantamento de preços no mercado atacadista da cidade de Goiânia - GO, no dia 29 de agosto de 2008.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FARELOS DE ARROZ CRU, EXTRUSADO E PARBOILIZADO

O farelo de arroz cru apresentou contaminação de endosperma, na forma de partículas minúsculas e, quando extrusado, apresentou forma de flocos pequenos, coloração marrom, tendendo ao amarelo, e odor suave, característico de produtos submetidos ao calor. O farelo oriundo do arroz parboilizado continha alta contaminação de cascas, coloração marrom escura e odor forte, proveniente do processo de parboilização ao qual o grão foi submetido (Figura 6).

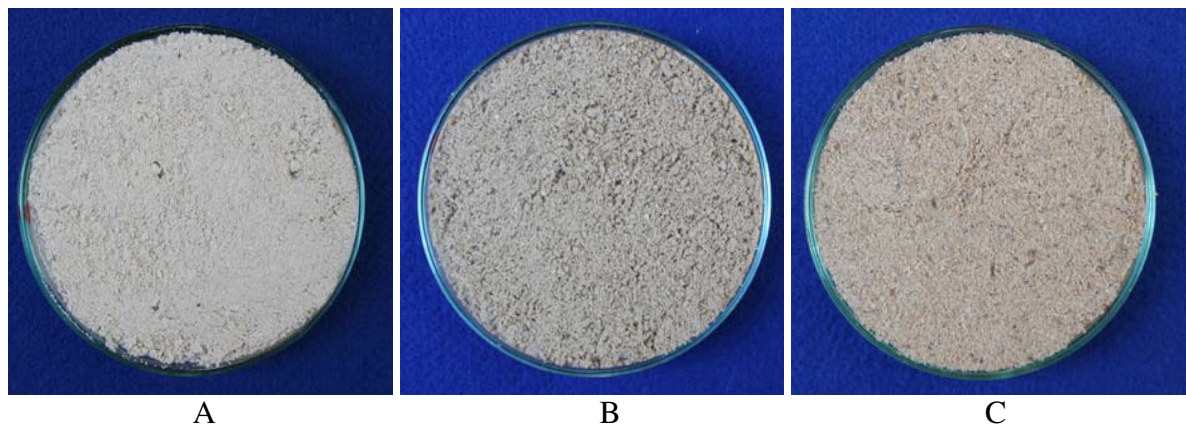


Figura 6. Farelo de arroz cru (A), extrusado (B) e obtido após parboilização do grão (C).

A coloração do farelo de arroz varia de marrom claro a escuro, sendo a coloração mais escura característica do farelo parboilizado (LUH; BARBER; BARBER, 1991). Bhattacharya (1996) observou que o escurecimento do arroz parboilizado é influenciado pela temperatura de parboilização e tempo de vaporização, sendo que a aplicação de menor temperatura e tempo pode propiciar uma cor mais clara ao produto beneficiado.

5.1.1 Composição centesimal e valor energético total

As médias da composição nutricional e do valor energético total, os desvios-padrão e os coeficientes de variação dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias seguidas dos desvios-padrão e coeficientes de variação dos componentes físico-químicos e valor energético total (VET) dos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP).

Componentes ¹	FAC	FAE	FAP	C. V. (%) ²
Umidade (g 100 g ⁻¹) ³	5,58 ^A ± 0,22 (3,90)	1,46 ^B ± 0,09 (6,38)	5,65 ^A ± 0,25 (4,32)	3,70
Proteínas (g 100 g ⁻¹)	13,34 ^B ± 0,48 (3,57)	13,46 ^B ± 0,31 (2,30)	17,17 ^A ± 0,12 (0,69)	1,34
Lipídios (g 100 g ⁻¹)	21,82 ^B ± 0,57 (2,64)	23,72 ^B ± 0,73 (3,06)	36,03 ^A ± 1,02 (2,84)	3,36
Carboidratos (g 100 g ⁻¹)	40,08 ^A ± 0,82 (2,05)	38,84 ^A ± 1,62 (4,16)	5,73 ^B ± 0,34 (5,87)	2,94
Fibra alimentar (g 100 g ⁻¹)	16,99 ^B ± 2,11 (13,20)	16,35 ^B ± 2,24 (14,43)	34,06 ^A ± 0,99 (2,95)	5,35
VET (kcal 100 g ⁻¹)	410,10 ^A ± 3,25 (0,79)	422,68 ^A ± 9,88 (2,34)	415,89 ^A ± 7,83 (1,88)	2,14
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	7,76 ^A ± 0,02 (0,29)	7,63 ^B ± 0,01 (0,17)	7,01 ^C ± 0,01 (0,07)	0,17

¹ As médias de umidade foram calculadas em base úmida, enquanto que as demais, em base seca.

² C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

³ Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Os farelos de arroz cru e parboilizado não diferiram ($P > 0,05$) entre si em relação ao conteúdo de umidade, enquanto que ambos diferiram ($P \leq 0,05$) do farelo de arroz extrusado, provavelmente devido a secagem à qual este foi submetido. Segundo Saunders (1985-86), o farelo de arroz extrusado possui umidade entre 6,0-7,0 g 100 g⁻¹, valor superior ao verificado neste trabalho. Os farelos de arroz avaliados neste trabalho também apresentaram teores de umidade inferiores aos estimados por Saunders (1990a,b), de 8,0-12,0 g 100 g⁻¹ para o farelo de arroz cru e 7,0-9,0 g 100 g⁻¹ para o farelo de arroz parboilizado; por Silva, Sanches e Amante (2006), para farelos da variedade Epagrim, de 7,96 g 100 g⁻¹ e 9,96 g 100 g⁻¹, respectivamente para o farelo de arroz cru e parboilizado; e por Amissah et al. (2003) para dezesseis variedades de farelo de arroz cru analisadas, de 7,1-13,0 g 100 g⁻¹.

Possivelmente as diferenças encontradas em relação ao conteúdo de umidade relatado na literatura para farelos de arroz e a verificada neste trabalho podem ser decorrentes de conteúdos variáveis de umidade no grão de arroz em casca antes do beneficiamento (AMISSAH et al., 2003), assim como das condições ambientais quando estes grãos foram adquiridos e beneficiados. Dependendo do teor umidade e composição do alimento, e da temperatura e umidade do ambiente, a água presente no alimento pode vaporizar-se para o ambiente, objetivando o alcance da umidade de equilíbrio (FELLOWS, 2006). Sendo assim, em ambientes com baixa umidade relativa, como ocorre na região Centro-Oeste do Brasil principalmente em agosto (INMET, 2006), mês em que as amostras de farelo de arroz foram

coletadas, o alimento pode perder água para o ambiente, diminuindo, conseqüentemente, seu conteúdo de água, o que pode justificar a menor umidade, em relação à literatura, nos farelos de arroz cru e parboilizado avaliados neste trabalho.

A quantidade de proteínas, lipídios, carboidratos e fibra alimentar foi diferente ($P \leq 0,05$) entre os farelos de arroz cru e extrusado e o farelo de arroz parboilizado provavelmente em decorrência da mínima contaminação deste farelo com endosperma, fato que, segundo Saunders (1990b), contribui para um menor conteúdo de carboidratos, e, conseqüentemente, aumento dos outros compostos do farelo como proteínas, lipídios e fibra alimentar no farelo de arroz parboilizado.

Em relação ao conteúdo de proteínas, o farelo de arroz parboilizado apresentou teor maior ($P \leq 0,05$) que os farelos de arroz cru e extrusado, que foram estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$). O conteúdo de proteínas encontrado por Feddern, Furlong e Soares (2007) no farelo de arroz cru foi $12,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e o verificado por Silva, Sanches e Amante (2006) neste mesmo farelo foi $13,62 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e no farelo de arroz parboilizado, $12,72 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, resultados próximos aos verificados neste trabalho para o farelo de arroz cru e inferior para o farelo de arroz parboilizado.

Em dezesseis variedades de farelo de arroz cru, Amissah et al. (2003) encontraram teores de proteínas variando entre $11,53\text{-}15,30 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Segundo Saunders (1990a,b), o conteúdo de proteínas em farelo de arroz varia entre $12,0\text{-}16,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para o cru e entre $17,0\text{-}20,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para o parboilizado, faixas que incluem os valores verificados neste trabalho. Gualberto et al. (1997) não observaram modificações no conteúdo protéico de farelo de arroz cru após a extrusão, conforme também verificado neste trabalho, sendo que os valores para o farelo de arroz extrusado variaram de $13,98\text{-}14,30 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, próximos aos deste trabalho.

Em relação ao conteúdo de lipídios, o farelo de arroz parboilizado apresentou teor maior ($P \leq 0,05$) que os farelos de arroz cru e extrusado, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). O conteúdo de lipídios do farelo de arroz extrusado, segundo Saunders (1990a,b) deve ser no mínimo $16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. O conteúdo de lipídios do farelo de arroz pode variar de $10,0\text{-}23,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e, quando o farelo for oriundo do arroz parboilizado, este teor pode exceder $23,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (SAUNDERS, 1985-86), faixas que incluem os valores verificados neste trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho para conteúdo de lipídios do farelo de arroz foram superiores aos verificados por Feddern, Furlong e Soares (2007), de $20,10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ para o farelo cru, por Delahaye, Jiménez e Pérez (2005), para o farelo de arroz submetido a secagem,

18,0 g 100 g⁻¹ e por Amissah et al. (2003) que, utilizando a metodologia de Soxhlet, encontraram conteúdo de lipídios em farelo de arroz cru entre 13,3-19,8 g 100 g⁻¹. O valor de lipídios do farelo de arroz cru encontrado por Silva, Sanches e Amante (2006) foi de 26,53 g 100g⁻¹, superior ao deste trabalho. Estes mesmos autores obtiveram para o farelo de arroz parboilizado, 18,20 g 100g⁻¹ de lipídios, menor que o observado neste trabalho.

Pode-se verificar que há grande diferença na literatura (AMISSAH et al., 2003; CAMIRE, 2001; GUALBERTO et al., 1997; SILVA; SANCHES; AMANTE, 2006), em relação ao conteúdo de lipídios em farelos de arroz parboilizados. As condições de parboilização e beneficiamento do grão podem afetar significativamente a composição nutricional do farelo de arroz (LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990b). Além disto, conforme Saunders (1990b), o menor conteúdo de amido no farelo de arroz parboilizado contribui para a maior proporção de outros nutrientes neste farelo.

A metodologia utilizada neste trabalho para a determinação de lipídios nos farelos de arroz foi a descrita por Bligh e Dyer (1959), enquanto os demais trabalhos utilizaram outros métodos, como o de Soxhlet, que apesar de ser prático, determina apenas lipídios apolares, o que limita sua utilização (LESS, 1979). O método descrito por Bligh e Dyer (1959) possui como vantagem em relação ao de Soxhlet, a extração de todas as camadas de lipídios (polares e apolares) (CARVALHO; JONG, 2002). Portanto, as diferenças entre os resultados encontrados para teor de lipídios, além de serem decorrentes da cultivar e do processamento do arroz em equipamentos distintos, com possíveis diferenças no grau de polimento, podem também ser justificadas por diferentes metodologias utilizadas.

O teor de carboidratos no farelo de arroz parboilizado foi menor ($P \leq 0,05$) que o dos farelos de arroz cru e extrusado, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Silva, Sanches e Amante (2006) encontraram para os farelos de arroz cru e parboilizado, valores de carboidratos de 50,64 g 100g⁻¹ e 59,34 g 100g⁻¹, respectivamente, diferentes dos verificados neste trabalho, no qual o farelo de arroz cru possuiu teor significativamente maior de carboidratos que o farelo de arroz parboilizado. Feddern, Furlong e Soares (2007) encontraram, em farelo de arroz cru, conteúdo de carboidratos de 46,3 g 100g⁻¹, também superior ao verificado neste trabalho.

Os carboidratos presentes no farelo de arroz são representados por hemicelulose (8,7-11,4 g 100 g⁻¹), celulose (9,0-12,8 g 100 g⁻¹), amido (5,0-15,0 g 100g⁻¹) e β -glicana (1 g 100 g⁻¹) (MALEKIAN et al., 2000). O conteúdo de carboidratos determinado nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foi composto basicamente pelo amido, uma vez a quantidade de fibra alimentar (hemicelulose, celulose e β -glicana) foi utilizada no cálculo. Possivelmente a

diferença existente entre o conteúdo de carboidratos dos farelos de arroz cru e extrusado em relação ao parboilizado foi devida à contaminação do farelo de arroz cru com partes do endosperma do grão, rico em amido, e da contaminação com cascas no farelo de arroz parboilizado, que apesar deste ter sido peneirado, ainda possuía conteúdo significativo destas em relação aos demais farelos estudados. O grão de arroz quando parboilizado possui característica compacta e vítrea, sendo mais resistente à quebra e abrasão, portanto, durante o beneficiamento menor quantidade de amido é retirada do endosperma juntamente com o farelo (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; HOFFPAUER, 2005; LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990b). O conteúdo de carboidratos encontrado no farelo de arroz parboilizado se encontra na faixa descrita por Malekian et al. (2000), de 5,0 - 15,0 g 100 g⁻¹ para teor de amido do farelo de arroz. Portanto, provavelmente no beneficiamento do arroz parboilizado ocorreu de forma mínima contaminação de endosperma no farelo de arroz, apresentando este menor teor de carboidratos.

Em relação ao conteúdo de fibra alimentar, o farelo de arroz parboilizado possuiu quantidade significativamente maior ($P \leq 0,05$) que os demais farelos, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). A fibra alimentar do farelo de arroz varia de acordo com o grau de polimento ou conteúdo de amido proveniente do endosperma e, quando este é extrusado, o teor de fibra alimentar varia de 20,0-25,0 g 100 g⁻¹, com 2,0 g 100 g⁻¹ de fibra solúvel (SAUNDERS, 1990b). O grão de arroz parboilizado, por possuir característica compacta e vítrea, sendo mais resistente à quebra ou abrasão (LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990b), possui menor possibilidade de contaminação do farelo com endosperma, o que conseqüentemente pode resultar em maior teor de fibra alimentar no farelo de arroz parboilizado.

Abdul-Hamid e Luan (2000) encontraram teor médio de fibra alimentar de 27,04 g 100 g⁻¹ em farelo de arroz cru, e em farelo de arroz submetido à secagem, Delahaye, Jiménez e Pérez (2005) verificaram 27,0 g 100 g⁻¹ e Qureshi, Sami e Khan (2002), 29,0 g 100 g⁻¹. Feddern, Furlong e Soares (2007) encontraram 10,6 g 100 g⁻¹ de fibra alimentar no farelo de arroz cru, valores superiores aos encontrados neste trabalho para o farelo de arroz cru, com exceção do relatado por Feddern, Furlong e Soares (2007). Segundo Saunders (1990a,b), a fibra alimentar varia entre 20,0-25,0 g 100 g⁻¹ para o farelo de arroz extrusado e de 31,0-33,0 g 100 g⁻¹ para o farelo de arroz parboilizado, valores superiores ao encontrado neste trabalho para o farelo de arroz extrusado e inferiores para o farelo parboilizado. O grau de processamento do arroz, assim como os fatores associados à variedade genética, condições ambientais e à própria constituição do grão influenciam de forma significativa a composição

nutricional do farelo de arroz (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990a; LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000), o que pode justificar as variações observadas neste trabalho e na literatura em relação ao conteúdo de fibra alimentar (ABDUL-HAMID; LUAN, 2000; DELAHAYE; JIMÉNES; PÉREZ, 2005; FEDDERN; FURLONG; SOARES, 2007; QURESHI; SAMI; KHAN; 2002).

Dias et al. (1994) encontrou, no farelo de arroz fresco, os seguintes teores de celulose, hemicelulose e lignina, respectivamente: 2,64 g 100 g⁻¹, 17,3 g 100 g⁻¹ e 20,9 g 100 g⁻¹ e Luh, Barber e Barber (1991) encontraram valores de lignina de 7,70-13,11 g 100 g⁻¹. A partir destes dados, supõe-se que a fibra alimentar presente no farelo de arroz é constituída basicamente por hemicelulose e lignina, fibras que possuem baixa fermentação e alta capacidade de retenção de água (LUH; BARBER; BARBER, 1991). Essas fibras são bastante úteis no tratamento da constipação intestinal, pois aumentam a massa fecal, a maciez das fezes e o trânsito intestinal, promovem a renovação de células saudáveis, intensificam a proteção contra infecções bacterianas e retardam a resposta glicêmica (FRANK et al., 2004; LAJOLO et al., 2001).

Todos os farelos analisados possuíram alto teor de fibra alimentar segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), que determina um mínimo de 6,0 g 100 g⁻¹ de fibra alimentar no alimento sólido para que este seja considerado com alto teor de fibra alimentar.

Apesar dos conteúdos de proteínas, lipídios e carboidratos dos farelos de arroz cru e extrusado terem sido diferentes do farelo de arroz parboilizado, a proporção destes nutrientes não afetou o valor calórico dos farelos, uma vez que este foi estatisticamente semelhante ($P > 0,05$). Em estudo realizado por Amissah et al. (2003) com dezesseis variedades de arroz, o valor calórico dos farelos de arroz cru variou de 245,77-388,33 kcal 100 g⁻¹, valores inferiores aos encontrados neste trabalho para todos os farelos analisados. Uma vez que as condições de processamento e beneficiamento, fatores associados à variedade genética, condições ambientais e fatores relacionados à própria constituição do grão podem influenciar a composição nutricional do farelo de arroz (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000), conseqüentemente o valor calórico total também será influenciado, o que pode justificar as divergências encontradas neste trabalho e na literatura (AMISSAH et al., 2003).

Todos os farelos diferiram em relação ao conteúdo de cinzas ($P \leq 0,05$), sendo o maior valor encontrado no farelo de arroz cru e o menor, no farelo de arroz parboilizado. Durante a parboilização do grão de arroz, alguns minerais podem migrar da casca para o endosperma, aumentando, conseqüentemente, o teor de minerais no grão de arroz parboilizado e

diminuindo as quantidades presentes na casca e no farelo (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999), o que pode justificar o menor teor de cinzas no farelo de arroz oriundo da parboilização. Amissah et al. (2003) encontraram variação no teor de cinzas entre 8,47-22,18 g 100 g⁻¹ em dezesseis variedades de farelo de arroz cru e Feddern, Furlong e Soares (2007) encontraram também em farelo de arroz cru, 10,5 g 100 g⁻¹ de cinzas, resultados superiores aos verificados neste trabalho para todos os farelos analisados.

O conteúdo cinzas do farelo de arroz extrusado foi menor ($P \leq 0,05$) que no farelo de arroz cru, fato também relatado por Gualberto et al. (1997), que observaram que o farelo de arroz quando extrusado pode aumentar em até 21,5% ou diminuir em até 2,8% o conteúdo de cinzas, em função do tipo e da rotação da rosca do extrusor. O farelo de arroz avaliado neste trabalho apresentou, após extrusão, redução de 1,7% no conteúdo de cinzas em relação ao farelo de arroz cru. Até o presente momento, poucos dados estão disponíveis na literatura sobre a composição físico-química de farelo de arroz submetido à extrusão. Não estão claros os efeitos da extrusão sobre a composição de alimentos, uma vez que parâmetros como o conteúdo de água do alimento, a taxa de alimentação da extrusora, a configuração e a velocidade da rosca, a temperatura de extrusão e a configuração da matriz podem afetar a qualidade nutricional de alimentos extrusados (CAMIRE, 2001).

Abdul-Hamid et al. (2007), em estudo realizado em amostras de farelo de arroz cru com diferentes graus de beneficiamento, concluíram que as frações obtidas continham teores significativamente diferentes de nutrientes, sendo que a amostra obtida no primeiro estágio de processamento possuía maior conteúdo de lipídios, cinzas e fibra alimentar, que as amostras de farelo obtidas nos demais estágios de beneficiamento, portanto, o grau de processamento do arroz contribui de forma significativa na composição nutricional do farelo de arroz, além de fatores associados à variedade genética, condições ambientais e à própria constituição do grão (CARVALHO; BASSINELLO, 2006; LUH; BARBER; BARBER, 1991; SAUNDERS, 1990a; LLOYD; SIEBENMORGEN; BEERS, 2000).

5.1.2 Composição mineral

Na Tabela 3 estão apresentados os dados médios de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, zinco, cobre e manganês dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado.

Tabela 3. Médias seguidas dos desvios-padrão e coeficientes de variação de alguns minerais presentes nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e obtido após parboilização (FAP).

Minerais ¹ (mg 100 g ⁻¹)	FAC	FAE	FAP	C. V. ² (%)
Cálcio ³	54,43 ^B ± 0,00 (0,00)	51,58 ^B ± 0,00 (0,00)	99,45 ^A ± 4,85 (4,88)	4,09
Magnésio	353,13 ^A ± 0,00 (0,00)	331,41 ^B ± 0,00 (0,00)	325,11 ^B ± 2,91 (0,90)	0,50
Potássio	959,37 ^A ± 28,87 (3,01)	1018,72 ^A ± 0,00 (0,00)	507,55 ^B ± 0,00 (0,00)	2,01
Fósforo	1348,37 ^A ± 0,00 (0,00)	1260,64 ^A ± 44,86 (3,56)	1302,11 ^A ± 51,40 (3,95)	3,69
Ferro	7,19 ^B ± 0,00 (0,00)	22,39 ^A ± 0,00 (0,00)	6,83 ^C ± 0,04 (0,53)	0,17
Zinco	6,18 ^B ± 0,04 (0,62)	5,26 ^C ± 0,15 (2,77)	15,58 ^A ± 0,16 (1,00)	0,72
Cobre	1,09 ^B ± 0,00 (0,00)	1,14 ^B ± 0,00 (0,00)	1,45 ^A ± 0,03 (2,27)	1,48
Manganês	11,22 ^B ± 0,18 (1,65)	10,99 ^B ± 0,13 (1,20)	17,81 ^A ± 0,94 (5,29)	3,40

¹ As médias foram calculadas em base seca.

² C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

³ Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

O conteúdo de cálcio do farelo de arroz parboilizado foi significativamente maior ($P \leq 0,05$) que o dos farelos de arroz cru e extrusado, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). De acordo com Abdul-Hamid et al. (2007), os valores de cálcio do farelo de arroz obtido de diferentes frações durante o beneficiamento e estabilizado em microondas podem variar entre 6,7-15,0 mg 100 g⁻¹ e Amissah et al. (2003), em dezesseis variedades de farelo de arroz, encontraram variação de 5,85-9,53 mg 100 g⁻¹ de cálcio, valores inferiores aos verificados neste trabalho. Barbosa et al. (2006) encontraram em farelo de arroz torrado, utilizado em multimistura, quantidade de cálcio 8,88% menor que a verificada nesse trabalho para o farelo de arroz extrusado (47,0 mg 100 g⁻¹).

O farelo de arroz cru possuiu teor significativamente maior ($P \leq 0,05$) de magnésio que os farelos de arroz extrusado e parboilizado, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). A quantidade de magnésio encontrada por Barbosa et al. (2006) em farelo de arroz torrado foi maior que a observada neste trabalho (679,0 mg 100 g⁻¹) para os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. O conteúdo de magnésio em farelo de arroz obtido de diferentes frações do beneficiamento e estabilizado em microondas, variou de 105,6-433,9 mg 100 g⁻¹

(ABDUL-HAMID et al., 2007), valores que incluem os verificados neste trabalho para todos os farelos analisados.

Em relação à quantidade de potássio, o farelo de arroz parboilizado possuiu teor menor ($P \leq 0,05$) que o farelo de arroz cru e extrusado, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). Os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado não diferiram entre si ($P > 0,05$) em relação ao teor de fósforo. O conteúdo de potássio e fósforo encontrado em farelo de arroz torrado foi 1148,0 mg 100 g⁻¹ e 1410,0 mg 100 g⁻¹, respectivamente (BARBOSA et al., 2006), próximo ao observado neste trabalho para todos os farelos, exceto em relação ao teor de potássio do farelo de arroz parboilizado.

Fósforo e potássio são os minerais mais encontrados no farelo de arroz. O farelo de arroz estabilizado em microondas possuiu valores de fósforo e potássio variando de 1039,30-1633,20 mg 100 g⁻¹ e 773,70-1545,40 mg 100 g⁻¹, respectivamente, dependendo da fração de farelo obtida durante o beneficiamento do arroz (ABDUL-HAMID et al., 2007), variação que inclui os valores obtidos neste trabalho para o fósforo e potássio de todos os farelos analisados, exceto o potássio no farelo parboilizado. Alguns minerais podem migrar das camadas externas para o interior do grão durante a parboilização do arroz (FERREIRA; YOKOYAMA, 1999), o que pode justificar a menor concentração de potássio no farelo de arroz parboilizado. Geralmente a maior porcentagem (90%) do fósforo presente no farelo de arroz está sob a forma de fitatos (AMISSAH et al., 2003).

Os fitatos podem agir inibindo proteases, se relacionando também à diminuição da absorção de minerais. O farelo de trigo torrado possui maior teor de fitatos (4,04 g 100 g⁻¹) que o farelo de arroz torrado, 3,92 g 100 g⁻¹ (SANT'ANA et al., 2000; SAUNDERS, 1985-86). As fibras e fitatos, interagem com os macronutrientes da dieta (proteínas, carboidratos e lipídios), vitaminas e minerais, possuindo capacidade de se ligar a íons metálicos, especialmente cálcio, cobre, ferro e zinco, reduzindo a absorção destes (ETTINGER, 2005; TUROWSKI et al., 2007). Entretanto, esses compostos podem ser reduzidos durante a extrusão (CAMIRE, 2001).

O conteúdo de ferro diferiu ($P \leq 0,05$) em todos os farelos analisados, sendo o maior valor encontrado no farelo de arroz extrusado e o menor, no farelo de arroz parboilizado. O valor de ferro do farelo de arroz torrado obtido por Sant'ana et al. (2000), 7,7 mg 100 g⁻¹, foi semelhante ao verificado neste trabalho para o farelo de arroz cru. Barbosa et al. (2006) determinaram para o mesmo farelo teor de ferro de 8,8 mg 100 g⁻¹, valor superior ao obtido neste trabalho para o farelo de arroz cru. Conforme Abdul-Hamid et al. (2007), o valor de

ferro em farelo de arroz de diferentes frações, tratado em microondas, pode variar de 0,4-1,0 mg 100 g⁻¹, valores bem inferiores aos verificados neste trabalho.

Alimentos com alto teor de fibra, como o farelo de arroz, podem raspar, devido ao atrito, na rosca e no canhão do extrusor durante a extrusão, resultando no aumento de minerais pró-oxidantes, como o ferro (CAMIRE, 2001). Camire, Zhao e Violette (1993) observaram aumento de 38% no conteúdo de ferro de casca de batata extrusada a altas temperaturas. Fairweather-Tait et al. (1978 apud CAMIRE, 2001) observaram que o ferro liberado pelo desgaste da rosca extrusora foi eficientemente absorvido por ratos alimentados com milho e batata extrusados. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a deficiência de ferro é um dos principais problemas de saúde pública enfrentados por países em desenvolvimento, sendo um dos principais fatores que levam à anemia, atingindo 46% e 48% das crianças e gestantes, respectivamente, em âmbito mundial, sendo no Brasil o maior problema relacionado à deficiência de micronutrientes (COZZOLINO, 2007). Portanto, se o ferro presente no farelo de arroz extrusado for absorvido, isto será mais um benefício da utilização deste produto, no entanto, estudos devem ser realizados para esclarecimento desta suposição.

Em relação ao teor de zinco, todos os farelos analisados diferiram ($P \leq 0,05$), com o maior valor encontrado no farelo de arroz parboilizado e o menor valor, no farelo de arroz extrusado. A parboilização do arroz utilizado neste trabalho foi feita em equipamentos revestidos com material galvanizado, composto por zinco, por ser esse metal excelente protetor da corrosão (MENDES, 2005). Possivelmente ocorreu migração do zinco presente nos equipamento para as camadas mais externas do grão de arroz, aumentando, conseqüentemente, o conteúdo de zinco no farelo oriundo do arroz parboilizado.

Oliveira, Rinaldi e Bassinello (2006) também encontraram em farelo industrial oriundo da parboilização do arroz quantidade de zinco superior a de outros farelos analisados no trabalho (cru, torrado, estabilizado em microondas e em autoclave), 18,2 mg 100 g⁻¹, resultado 16,82% superior ao verificado neste trabalho. Comarella et al. (2005) supuseram, a partir da verificação de menor teor de zinco no arroz parboilizado, que a parboilização do grão de arroz pode ativar enzimas que possuem o zinco como cofator, mobilizando-o do endosperma para as camadas mais externas do grão. Sendo assim, o maior conteúdo de zinco verificado no farelo de arroz parboilizado também pode ter sido decorrente da migração deste mineral do endosperma do grão de arroz para o farelo.

Barbosa et al. (2006) encontraram em farelo de arroz torrado conteúdo de zinco 2,26% e 20,15% superior ao verificado neste trabalho para o farelo de arroz cru e extrusado, respectivamente. Segundo Hammond (1994), o teor de zinco verificado em farelo de arroz cru

foi 8,4 mg 100 g⁻¹ e Sant´ana et al. (2000) relataram conteúdo de zinco no farelo de arroz torrado de 8,3 mg 100 g⁻¹, valores superiores aos verificados neste trabalho para o farelo de arroz cru e extrusado. Os valores de zinco do farelo de arroz obtido de diferentes frações durante o beneficiamento e estabilizado em microondas variou de 1,0-5,6 mg 100 g⁻¹, inferiores aos verificados neste trabalho (ABDUL-HAMID et al., 2007).

O teor de cobre foi maior no farelo de arroz parboilizado ($P \leq 0,05$), não diferindo entre os farelos de arroz cru e extrusado ($P > 0,05$). Hammond (1994) observou 2 mg 100 g⁻¹ de cobre em farelo de arroz cru e Abdul-Hamid et al. (2007) encontraram variação de 0,4-1,5 mg 100 g⁻¹ de cobre neste mesmo farelo, de acordo com a fração de farelo de arroz obtida e tratada em microondas. O valor de cobre encontrado neste trabalho para os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado situam-se na variação observada por Abdul-Hamid et al. (2007), porém foi 83,49% menor que o verificado por Hammond (1994) para farelo de arroz cru e 50,88% maior, para o farelo de arroz extrusado, que o observado por Barbosa et al. (2006) no farelo de arroz torrado (0,56 mg 100 g⁻¹).

Em relação ao teor de manganês, os farelos de arroz cru e extrusado não diferiram ($P > 0,05$), sendo que ambos possuíam conteúdos menores ($P \leq 0,05$) que o farelo de arroz parboilizado. Barbosa et al. (2006) encontraram 10,40 mg 100 g⁻¹ de manganês em farelo de arroz torrado, valor próximo aos obtidos neste trabalho para farelos de arroz cru e extrusado. Segundo Abdul-Hamid et al. (2007), o conteúdo de manganês de farelo de arroz obtido de diferentes frações e tratado em microondas pode variar de 4,1-8,5 mg 100 g⁻¹, inferiores aos verificados neste trabalho para todos os farelos analisados.

A região de cultivo do grão, assim como o tipo de grão, a variedade, as condições de crescimento e a aplicação de fertilizantes, afetam significativamente o conteúdo de minerais do arroz (BASSINELLO; NAVES, 2006), o que pode justificar as diferenças encontradas entre os teores de minerais dos farelos de arroz analisados nesse trabalho em relação à literatura pesquisada (ABDUL-HAMID et al., 2007; AMISSAH et al., 2003; BARBOSA et al., 2006; SANT´ANA et al., 2000).

5.1.3 Caracterização microbiológica dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado

A quantificação das colônias de fungos (UFC g⁻¹) presentes nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado está ilustrada na Tabela 4.

Tabela 4. Média seguida do desvio-padrão e coeficiente de variação das unidades formadoras de colônias de fungos (UFC g⁻¹) nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP).

	FAC	FAE	FAP	C. V. ¹ (%)
Fungos ²	5,3 x 10 ³ A ±	1,5 x 10 ¹ B ±	6,3 x 10 ³ A ±	35,50
(UFC g ⁻¹ de farelo)	2160,25 (40,50)	8,37 (55,78)	1032,80 (16,31)	

¹C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

²Letras iguais não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Logo após a obtenção dos farelos, todos apresentaram contaminação fúngica, detectando-se a presença de colônias de *Aspergillus* sp. O farelo de arroz extrusado apresentou a menor contaminação fúngica, sendo diferente ($P \leq 0,05$) do farelo de arroz cru e parboilizado, que não diferiram entre si ($P > 0,05$). A maior presença de fungos foi detectada nos farelos que possuíam maior umidade, ou seja, cru e parboilizado, uma vez que a umidade contribui para o crescimento de fungos. Algumas espécies de *Aspergillus* sp. são sensíveis ao calor (JAY, 2000), portanto, possivelmente a extrusão aplicada ao farelo de arroz proporcionou a diminuição das colônias de fungos neste farelo.

Produtos oriundos do campo, como os grãos, geralmente possuem a mesma flora microbiana do solo, das etapas de armazenamento e de processamento. A baixa atividade de água destes produtos contribui para o menor crescimento de microrganismos, no entanto, quando a atividade de água favorece o crescimento, os bolores e os *Bacillus* são os primeiros a se desenvolverem (JAY, 2000). O gênero *Aspergillus* é um fungo de armazenamento encontrado em grande número em armazéns, moinhos, silos, equipamentos e lugares onde são armazenados, manuseados e processados produtos agrícolas. É indicador de deterioração em sementes e grãos por danificar o gérmen, causar descoloração e alterações nutricionais, estando envolvido na produção de micotoxinas (FARIAS et al., 2000; MÁRCIA; LÀZZARI, 1998).

No monitoramento de fungos de milho em grão, *grits* e fubá, Márcia e Lazzari (1998) observaram presença de *Aspergillus* sp. em 100% das amostras de milho em grão, 16% das amostras de *grits* e 95,1% das amostras de fubá, sendo que muitas destas amostras também estavam contaminadas por insetos, o que pode ter contribuído para o ataque de fungos, uma vez que a presença de insetos em grãos pode criar condições de umidade e temperatura que estimulam o rápido desenvolvimento fúngico. Em trabalho desenvolvido por Dilkin et al. (2000), foi encontrada alta incidência de fungos, inclusive *Aspergillus*, em amostras de milho recém colhidas, porém não foram detectadas micotoxinas. Farias et al. (2000) também observaram presença de *Aspergillus* sp. em amostras de milho recém colhidas, visualmente

sadias e Minoto et al. (2008) quantificaram *Aspergillus* sp. em amostras de milho coletadas para ração animal e em amostras de arroz coletadas em reservatórios de armazenamento.

O *Aspergillus* é um fungo presente em muitos cereais e derivados e nem sempre está associado à produção de micotoxinas (LIMA et al., 2000; RUPOLLO et al., 2004). Segundo Franco e Landgraf (2003), baixas contagens de bolores e leveduras são normais em alimentos frescos ou congelados, não sendo, portanto, significativas. Como a legislação brasileira não determina a quantidade permitida para bolores e leveduras em farelo de arroz, ou em produtos semelhantes, supõe-se que o farelo de arroz extrusado, por apresentar pequena contaminação fúngica e baixo teor de umidade, estava adequado ao consumo.

Vale ressaltar que a obtenção dos farelos utilizados neste trabalho não seguiu padrões de higienização específicos, uma vez que a destinação dos mesmos pelas indústrias beneficiadoras atendia o ramo da produção de rações ou fertilização orgânica. Portanto, para que os farelos possam ser destinados à alimentação humana, devem ser seguidas normas higiênico-sanitárias, para obtenção de produtos com qualidade microbiológica.

Os farelos de arroz cru, extrusado e o obtido após parboilização do arroz possuíam, conforme Brasil (2001a), padrões microbiológicos aceitáveis quanto a coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp. (Tabela 5).

Tabela 5. Avaliação microbiológica dos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP).

Amostra	Coliformes a 45° C g ⁻¹ (UFC g ⁻¹)		<i>Bacillus cereus</i> (UFC g ⁻¹)		<i>Salmonella</i> sp. (25 g de amostra)	
	Resultado encontrado	VMP ¹	Resultado encontrado	VMP ¹	Resultado encontrado	VMP ¹
FAC	< 100	5,0 x 10 ²	< 100	5,0 x 10 ³	Ausência	Ausência
FAE	< 100	5,0 x 10 ²	< 100	5,0 x 10 ³	Ausência	Ausência
FAP	< 100	5,0 x 10 ²	< 100	5,0 x 10 ³	Ausência	Ausência

¹ VMP: valor máximo permitido segundo Brasil (2001a).

A detecção de coliformes de origem fecal (coliformes a 45 °C) é utilizada como um indicador da qualidade sanitária da água e alimentos, uma vez que está associada às condições higiênico-sanitárias de processamento de alimentos (FENG; WEAGANT; GRANT, 2002). *Bacillus cereus* é um bastonete aeróbico, normalmente encontrado no solo, na poeira e na água, podendo também estar presente em alimentos *in natura*, frescos e processados, inclusive em arroz e derivados. Em geral não são patogênicos, no entanto, podem causar gastroenterite (RHODEHAMEL; HARMON, 2001). A *Salmonella* sp. é uma bactéria entérica patogênica

cujo habitat primário é o trato intestinal de animais, podendo ser transmitidas aos alimentos ou à água por insetos ou outros organismos (JAY, 2000).

5.2 ESTABILIDADE DOS FARELOS DE ARROZ CRU, EXTRUSADO E PARBOILIZADO DURANTE ARMAZENAMENTO À TEMPERATURA AMBIENTE

5.2.1 Atividade de lipase

A atividade de lipase é fator principal na determinação da intensidade da deterioração hidrolítica no farelo de arroz (GOFFMAN; BERGMAN, 2003b). Os resultados médios da atividade de lipase nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente podem ser observados na Tabela 6.

No início do armazenamento a atividade de lipase não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos. No terceiro, sexto e décimo segundo dia de estocagem, a atividade de lipase foi maior ($P \leq 0,05$) no farelo de arroz cru que nos farelos extrusado e parboilizado, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. O pico da atividade da lipase ocorreu, para todos os farelos, no décimo segundo dia de armazenamento. No nono, décimo oitavo e trigésimo dia, a atividade de lipase foi menor ($P \leq 0,05$) no farelo parboilizado que nos outros farelos, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. No vigésimo quarto dia a atividade de lipase foi maior ($P \leq 0,05$) no farelo de arroz cru e menor no parboilizado, ambos não diferindo ($P > 0,05$) do farelo extrusado. Entre quarenta e cento e vinte dias de armazenamento, a atividade de lipase nos farelos de arroz extrusado e parboilizado foram menores ($P \leq 0,05$) que no farelo cru. Aos cento e cinquenta e cento e oitenta dias de armazenamento a atividade de lipase diferiu ($P \leq 0,05$) entre todos os farelos, sendo menor no extrusado.

Tabela 6. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação da atividade de lipase (mg de ácido caprílico por 100 mg⁻¹) nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP), armazenados à temperatura ambiente.

Dias de armazenamento	Atividade de lipase (mg de ácido caprílico por 100 mg ⁻¹)			C. V. ¹ (%)
	FAC	FAE	FAP	
0 ²	1,13 ^A ± 0,03 (2,71)	1,13 ^A ± 0,06 (5,52)	1,11 ^A ± 0,03 (2,75)	3,36
3	1,31 ^A ± 0,10 (8,03)	1,06 ^B ± 0,03 (2,86)	1,01 ^B ± 0,21 (20,43)	12,81
6	1,19 ^A ± 0,08 (7,18)	0,90 ^B ± 0,12 (13,08)	0,93 ^B ± 0,07 (7,12)	8,85
9	1,26 ^A ± 0,08 (6,68)	1,17 ^A ± 0,08 (7,24)	0,92 ^B ± 0,12 (12,94)	8,19
12	1,64 ^A ± 0,07 (4,22)	1,21 ^B ± 0,02 (2,06)	1,09 ^B ± 0,03 (2,86)	3,46
18	1,12 ^A ± 0,04 (4,00)	1,06 ^A ± 0,04 (4,24)	0,85 ^B ± 0,12 (14,50)	7,95
24	1,04 ^A ± 0,10 (9,25)	0,92 ^{AB} ± 0,12 (13,39)	0,86 ^B ± 0,09 (10,32)	11,51
30	1,06 ^A ± 0,13 (12,31)	1,04 ^A ± 0,07 (6,35)	0,70 ^B ± 0,17 (24,30)	16,80
40	0,96 ^A ± 0,05 (4,96)	0,40 ^B ± 0,04 (9,88)	0,34 ^B ± 0,06 (18,28)	9,39
50	0,96 ^A ± 0,17 (17,68)	0,30 ^B ± 0,09 (29,35)	0,31 ^B ± 0,07 (23,79)	22,99
60	1,16 ^A ± 0,08 (7,03)	0,30 ^B ± 0,03 (10,51)	0,31 ^B ± 0,03 (11,12)	9,87
75	1,12 ^A ± 0,09 (8,10)	0,23 ^B ± 0,02 (9,18)	0,33 ^B ± 0,05 (15,17)	10,96
90	0,82 ^A ± 0,14 (17,46)	0,17 ^B ± 0,01 (8,68)	0,25 ^B ± 0,04 (17,02)	19,26
120	0,97 ^A ± 0,10 (10,76)	0,23 ^B ± 0,04 (19,33)	0,30 ^B ± 0,04 (13,82)	14,15
150	0,90 ^A ± 0,05 (5,98)	0,26 ^C ± 0,06 (24,52)	0,39 ^B ± 0,06 (15,86)	11,22
180	0,97 ^A ± 0,14 (14,82)	0,26 ^C ± 0,05 (20,91)	0,40 ^B ± 0,03 (7,95)	16,71

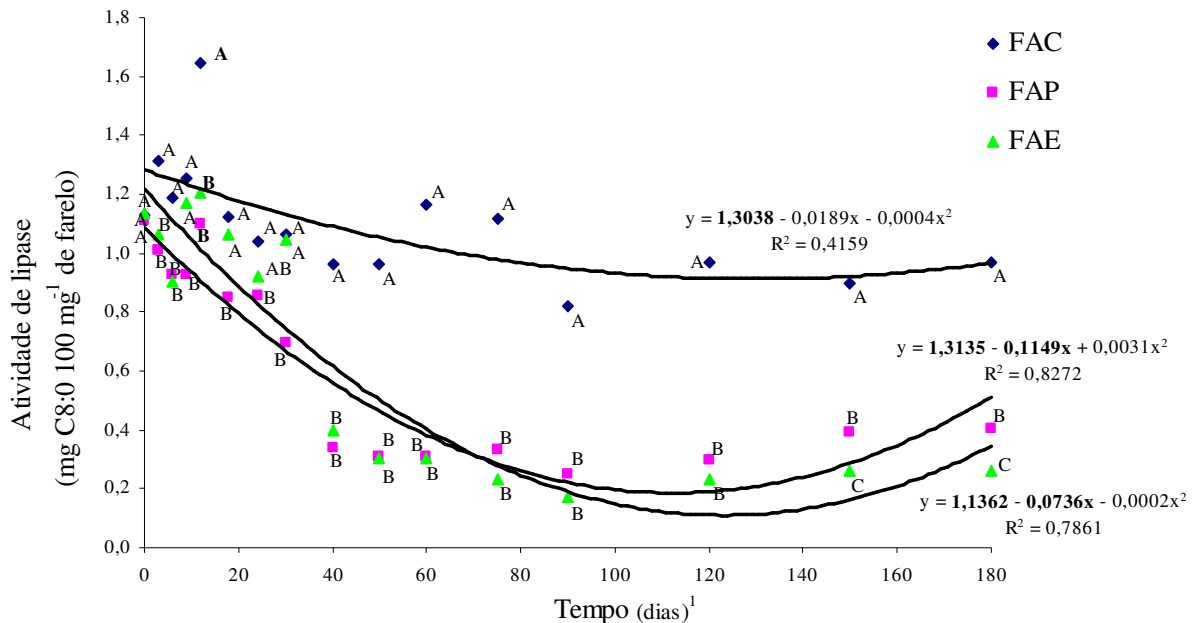
¹C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

²Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

O comportamento da lipase dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados à temperatura ambiente durante cento e oitenta dias, assim como as equações de regressão, podem ser visualizados na Figura 7. Tanto o efeito linear quanto o quadrático do tempo de armazenamento em relação à atividade de lipase no farelo de arroz cru não foram significativos, com $P = 0,6059$ e $P = 0,8325$, respectivamente. A partir do trigésimo dia de armazenamento, a ação da lipase no farelo de arroz cru sofreu ligeiro declínio, enquanto que nos demais farelos a redução na atividade foi mais acentuada.

Nos farelos de arroz extrusado e parboilizado apenas o efeito linear do tempo de armazenamento foi significativo em relação à atividade de lipase, com $P = 0,0458$ e $P = 0,0019$, respectivamente. A atividade de lipase em farelos de arroz cru de várias cultivares verificada por Goffman e Bergman (2003b) variou entre 0,43-2,28 mg de ácido caprílico 100 mg⁻¹, sendo os menores valores encontrados em farelos provenientes de arroz vermelho, supondo que a variedade de arroz influencia significativamente a atividade desta enzima.

Neste trabalho, a variação da atividade de lipase encontrada foi 0,23-1,64 mg de ácido caprílico 100 mg⁻¹ de farelo, inferior à verificada por Goffman e Bergman (2003b).



¹ Letras iguais no mesmo dia não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey;

* Os termos em negrito da equação são significativos a 5% de probabilidade de erro.

Figura 7. Atividade de lipase (mg de ácido caprílico por 100 mg⁻¹) nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP) armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente.

O farelo de arroz possui diferentes tipos de lipases, como as fosfolipases, glicolipases e esterases. Dependendo do tipo de tratamento térmico aplicado ao farelo, pode ou não ocorrer a inativação completa das lipases (LUH; BARBER; BARBER, 1991). O extrato lipídico do farelo de arroz obtido a 37 °C e 90 °C, submetidos, posteriormente, cada extrato, às temperaturas de 37 °C e 90 °C por quinze minutos, apresentaram atividade de lipase distinta, com atividade considerada 100% no extrato obtido e submetido 37 °C, seguido pelo extrato preparado e submetido a 90 °C (34% da atividade) e pelo preparado a 90 °C e submetido a 37 °C (16% da atividade). Ao observar a enzima purificada, esta apresentou atividade máxima a 80 °C e pH 11,0, o que demonstra significativa estabilidade térmica de lipases do farelo de arroz (BHARDWAJ; RAJU; RAJASEKHARAN, 2001). A identificação das lipases presentes no farelo de arroz e as suas características podem contribuir para a determinação de um tratamento eficiente para inativação destas enzimas (BHARDWAJ; RAJU; RAJASEKHARAN, 2001).

A maior atividade de lipase nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado foi observada no início do armazenamento, fato também relatado por Goffman e Bergman (2003a) a partir da avaliação farelo de arroz cru de duas cultivares, estocados em sacos plásticos abertos, à temperatura ambiente (20 °C a 25 °C), por cinco meses. Segundo estes autores, o comportamento máximo da atividade de lipase no início do armazenamento foi decorrente do alto teor de triacilglicerídeos, decaindo gradualmente com a diminuição da concentração deste substrato da lipase.

A inativação de lipases pelos tratamentos térmicos aplicados aos farelos de arroz neste trabalho proporcionou queda gradativa na atividade desta enzima durante o armazenamento. Ao longo de cento e trinta e cinco dias de armazenamento do farelo de arroz, Saunders (1990a) observou menor atividade de lipase no farelo de arroz extrusado que no farelo de arroz cru, fato também observado neste trabalho. Segundo este mesmo autor, a temperatura de extrusão afeta inversamente a atividade enzimática, ou seja, quanto maior a temperatura, menor a atividade da lipase no farelo de arroz. O processo de extrusão utilizado neste trabalho, com temperatura de 110 ± 3 °C, foi suficiente para desacelerar a atividade da lipase.

Hammond (1994) concluiu que o farelo oriundo do arroz parboilizado não necessita de tratamento térmico adicional para estabilização, ou seja, o processo de parboilização é suficiente para inativar algumas enzimas, dentre elas as lipases, aumentando a vida-de-prateleira do farelo de arroz. Este fato foi constatado neste trabalho, uma vez que a atividade enzimática do farelo de arroz oriundo da parboilização teve comportamento semelhante ao farelo de arroz estabilizado por extrusão.

A atividade da lipase é um parâmetro que não deve ser analisado isoladamente, uma vez que as lipases fazem parte de um grupo de enzimas com especificidades diferentes e, provavelmente, a atividade da lipase não determina isoladamente o grau de rancificação do farelo de arroz.

5.2.2 Rancidez hidrolítica

Os resultados médios de ácidos graxos livres, resultantes da rancidez hidrolítica, nos três farelos de arroz analisados, durante um período de cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação da rancidez hidrolítica (mg de ácido caprílico por 100 mg⁻¹) nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP) armazenados à temperatura ambiente.

Dias de armazenamento	Rancidez hidrolítica (mg de ácido caprílico por 100 mg ⁻¹)			C. V. ¹ (%)
	FAC	FAE	FAP	
0 ²	1,38 ^A ± 0,07 (5,04)	1,19 ^A ± 0,06 (4,79)	1,32 ^A ± 0,15 (11,47)	7,37
3	2,11 ^A ± 0,10 (4,61)	1,18 ^B ± 0,05 (4,05)	1,34 ^B ± 0,18 (13,39)	6,88
6	2,56 ^A ± 0,15 (6,01)	1,13 ^C ± 0,05 (4,47)	1,63 ^B ± 0,15 (9,03)	11,22
9	3,15 ^A ± 0,21 (6,74)	1,07 ^C ± 0,13 (11,99)	1,44 ^B ± 0,18 (12,71)	8,83
12	3,30 ^A ± 0,52 (15,74)	1,16 ^C ± 0,02 (1,52)	1,79 ^B ± 0,23 (12,90)	13,77
18	4,49 ^A ± 0,15 (3,30)	1,13 ^B ± 0,04 (3,41)	1,17 ^B ± 0,04 (3,72)	4,23
24	5,22 ^A ± 0,11 (2,20)	1,11 ^B ± 0,02 (1,72)	1,24 ^B ± 0,11 (9,30)	3,08
30	5,83 ^A ± 0,14 (2,32)	1,20 ^C ± 0,02 (1,77)	1,45 ^B ± 0,18 (12,77)	4,78
40	7,09 ^A ± 0,30 (4,28)	1,36 ^B ± 0,11 (8,46)	1,51 ^B ± 0,15 (9,87)	5,40
50	7,88 ^A ± 0,25 (3,24)	1,34 ^C ± 0,30 (22,67)	1,64 ^B ± 0,12 (7,18)	7,20
60	8,98 ^A ± 0,28 (3,12)	1,28 ^C ± 0,07 (5,73)	1,90 ^B ± 0,30 (15,73)	6,61
75	9,33 ^A ± 0,14 (1,47)	1,38 ^C ± 0,09 (6,82)	2,04 ^B ± 0,38 (18,72)	6,08
90	9,36 ^A ± 0,18 (1,93)	1,01 ^C ± 0,05 (4,99)	1,56 ^B ± 0,23 (14,84)	5,08
120	10,82 ^A ± 0,28 (2,57)	1,18 ^C ± 0,02 (1,43)	1,95 ^B ± 0,08 (4,19)	3,30
150	11,74 ^A ± 0,20 (1,67)	1,06 ^C ± 0,03 (2,73)	1,95 ^B ± 0,14 (7,13)	2,64
180	11,81 ^A ± 0,12 (1,05)	1,53 ^C ± 0,13 (8,72)	2,67 ^B ± 0,23 (8,60)	3,14

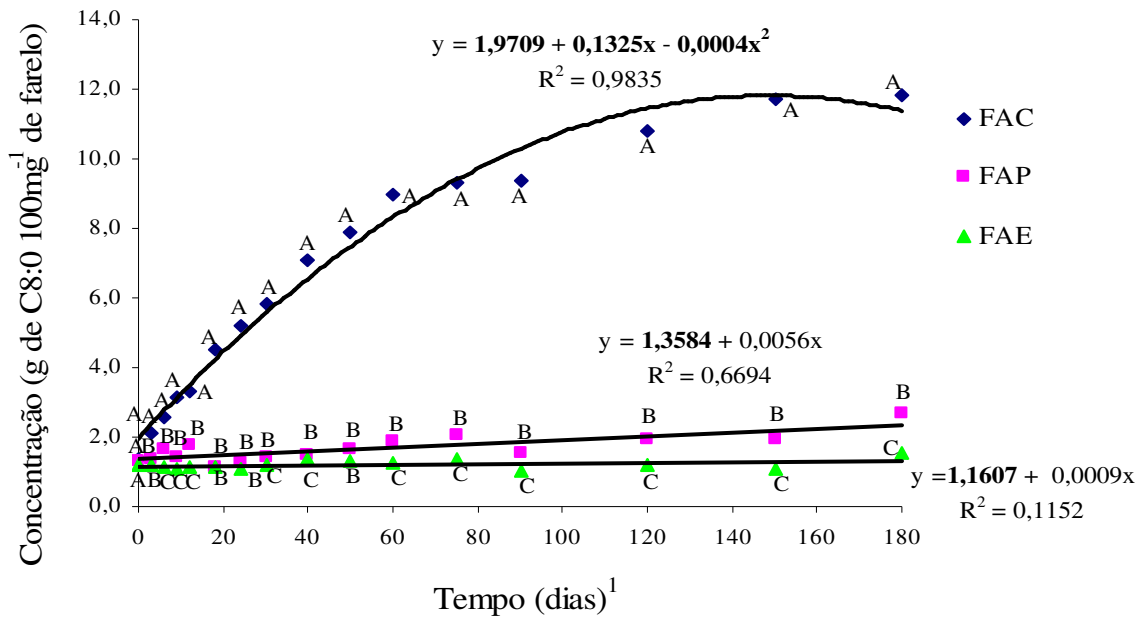
¹C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

²Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Nos farelo de arroz extrusado e parboilizado os teores de ácidos graxos livres aumentaram durante o período de armazenamento, porém, a variação foi pequena, de 1,19-1,53 mg de C 8:0 100 mg⁻¹ e de 1,32-2,67 mg de C 8:0 100 mg⁻¹, respectivamente. No entanto, a variação foi alta no farelo de arroz cru, 1,38-11,81 mg de C 8:0 100 mg⁻¹, o que indica que os farelos de arroz extrusado e parboilizado foram praticamente estabilizados pelos tratamentos térmicos em relação à formação de ácidos graxos livres.

No início do armazenamento, a rancidez hidrolítica não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos. Após o terceiro dia de armazenamento, o teor de ácidos graxos livres no farelo de arroz cru foi maior ($P \leq 0,05$) que nos farelos de arroz extrusado e parboilizado. O farelo de arroz extrusado apresentou os menores ($P \leq 0,05$) conteúdos de ácidos graxos livres, com exceção do terceiro, décimo oitavo, vigésimo quarto e quadragésimo dias de armazenamento, nos quais apresentou valores semelhantes ($P > 0,05$) ao farelo de arroz parboilizado.

O gráfico com as curvas de regressão e suas respectivas equações e coeficientes de determinação do teor de ácidos graxos livres dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, por cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente, está ilustrado na Figura 8. Para o farelo de arroz cru, a regressão foi significativa, com $P = 0,0001$, com os efeitos lineares e quadráticos significativos, $P = 0,0001$ em ambos, e coeficiente de determinação de 98,35%, indicando que o tempo de armazenamento deste farelo de arroz à temperatura ambiente afetou a formação de ácidos graxos livres.



¹ Letras iguais no mesmo dia não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

* Os termos da equação em negrito são significativos a 5% de probabilidade de erro.

Figura 8. Acúmulo de ácidos graxos livres (mg de ácido caprílico por 100 mg⁻¹) nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP) armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente.

As equações de regressão da rancidez hidrolítica (Figura 8) não foram significativas para os farelos de arroz extrusado ($P = 0,8770$) e parboilizado ($P = 0,3092$), sendo que os coeficientes de determinações foram baixos, demonstrando que somente 11,52% e 66,94% da variação das respostas é explicado pelos modelos, respectivamente. Portanto, não foi significativa a variação de produção de ácidos graxos livres nos farelos de arroz extrusado e parboilizado durante o período de armazenamento, indicando, desta forma, que o tempo de armazenamento não interferiu na formação destes ácidos graxos.

No vigésimo quarto dia de armazenamento o farelo de arroz cru se encontrava inadequado para consumo, uma vez que o limite máximo tolerável de ácidos graxos livres é

5 mg 100 mg⁻¹, segundo Malekian et al. (2000). Os ácidos graxos livres podem aumentar a sensibilidade dos alimentos ricos em gorduras à rancidez oxidativa, uma vez que dentre os produtos formados estão os ácidos graxos insaturados oléico, linoléico e linolênico, altamente suscetíveis à oxidação (ARAÚJO, 2004). Isto pode justificar a tendência final de decréscimo na curva da rancidez hidrolítica no farelo de arroz cru, uma vez que os ácidos graxos livres podem originar outros produtos, como peróxidos e compostos secundários da oxidação. Portanto, a partir dos dados obtidos neste trabalho, pode-se supor que o tratamento térmico aplicado nos farelos de arroz extrusado e parboilizado foi eficiente para inativação de enzimas e, conseqüentemente, redução na produção de ácidos graxos livres.

Saunders (1990a), em estudo realizado com farelo de arroz cru e extrusado (130 °C por três minutos, com adição de 2% de umidade) armazenado por cento e trinta e cinco dias a 32 °C encontrou resultados para os ácidos graxos livres maiores que os obtidos neste trabalho, com valores abaixo de 20 mg 100 mg⁻¹ para o farelo de arroz extrusado e valores acima de 80 mg 100 mg⁻¹ para o farelo de arroz cru. Neste trabalho, os farelos de arroz cru e extrusado apresentaram formação de ácidos graxos menor que 2% no farelo de arroz extrusado e, de no máximo, 11,8% no farelo de arroz cru com até cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente.

Goffman e Bergman (2003b) avaliaram a rancidez hidrolítica e atividade de lipase em vinte e quatro variedades de arroz por um período de vinte e quatro horas. Os autores observaram significativa correlação positiva entre a rancidez hidrolítica e atividade de lipase ($r = 0,89$), indicando que o processo lipolítico, ou seja, a formação de ácidos graxos livres é altamente influenciada pela atividade de lipase. Este fato pode ser observado a partir da análise das Figuras 7 e 8, que ilustra comportamento semelhante para cada farelo em relação aos dois parâmetros determinados. A maior atividade de lipase foi verificada no farelo de arroz cru, assim como a maior formação de ácidos graxos livres. Os farelos de arroz extrusado e parboilizado apresentaram menor atividade da lipase e menor rancidez hidrolítica em todo o período de armazenamento.

O comportamento em relação à formação de ácidos graxos livres encontrados neste trabalho foi semelhante ao descrito por Nunes et al. (1991), que encontraram valores iniciais de ácidos graxos livres para os farelos cru e parboilizado menores que 5 mg 100 mg⁻¹, porém, ao longo de vinte e quatro semanas, à temperatura ambiente, estes farelos apresentaram comportamentos diferentes, sendo que o farelo de arroz parboilizado apresentou teor máximo de ácidos graxos livres de 11,6 mg 100 mg⁻¹, enquanto que no farelo de arroz cru o conteúdo de ácidos graxos livres foi superior a 40,0 mg 100 mg⁻¹.

Silva, Sanches e Amante (2006) avaliaram por dezesseis semanas farelos de arroz cru e parboilizado, ambos submetidos à torração, embalados em bolsas termosoldáveis metalizadas, impermeáveis a gases e fechadas hermeticamente sem vácuo. Ambos farelos possuíram estabilidade semelhante, com baixos níveis de acidez, confirmando que o farelo de arroz quando obtido após a parboilização do grão é estável à hidrólise enzimática, portanto, não necessitando de tratamento térmico adicional. Fato também observado neste trabalho em relação à produção de ácidos graxos livres durante o armazenamento do farelo de arroz parboilizado.

Ramezanzadeh et al. (1999) avaliaram o conteúdo de ácidos graxos livres em farelo de arroz cru e tratado em microondas, armazenados por dezesseis semanas. No farelo de arroz cru armazenado à temperatura ambiente, ocorreu formação de ácidos graxos livres de 2,53-54,29 mg 100 mg⁻¹ quando embalado a vácuo e de 2,53-48,01 mg 100 mg⁻¹, quando se utilizou embalagem fechada com zíper. Sob refrigeração, a variação no conteúdo de ácidos graxos deste farelo foi 2,53-25,37 mg 100 mg⁻¹ e de 2,53-19,45 mg 100 mg⁻¹, embalados sob vácuo ou em embalagem fechada com zíper, respectivamente. O conteúdo de ácidos graxos livres no farelo quando tratado em microondas manteve-se praticamente estável quando refrigerado (variação entre 2,75-3,74 mg 100 mg⁻¹) e quando armazenado à temperatura ambiente em embalagem a vácuo houve variação entre 2,75-11,62 mg 100 mg⁻¹ ou quando fechada com zíper entre 2,75-10,93 mg 100 mg⁻¹. Os autores concluíram que o tratamento por microondas, aliado ao armazenamento sob refrigeração, é eficiente para prevenir a formação de ácidos graxos livre em farelo de arroz e que os tipos de embalagem utilizados não influenciaram a formação desses ácidos.

Os resultados obtidos neste trabalho se assemelham aos descritos pelos autores (RAMEZANZADEH et al., 1999) quanto à maior formação de ácidos graxos livres no farelo de arroz cru em relação ao tratado. Os farelos de arroz tratados (extrusado e parboilizado) avaliados neste trabalho apresentaram comportamentos diferentes em relação ao descrito pelos autores, uma vez que a formação de ácidos graxos livres foi pequena (variação de 1,19-2,67 mg 100 mg⁻¹), apesar de armazenados em embalagens permeáveis ao oxigênio à temperatura ambiente por cento e oitenta dias.

A extrusão é um método efetivo para estabilização do farelo de arroz uma vez que, quando extrusado, o farelo de arroz não apresenta aumento significativo de ácidos graxos livres por um período de trinta a sessenta dias (LUH; BARBER; BARBER, 1991). Neste trabalho verificou-se que o farelo extrusado embalado em filme de polietileno de baixa

densidade não apresentou aumento relevante de ácidos graxos livres por até cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente.

Em cereais, a rancificação hidrolítica pode ocorrer devido ao armazenamento inadequado ou durante o beneficiamento, sendo manifestado pelo aparecimento de *off flavor*, aumentos da acidez e da sensibilidade dos ácidos graxos à oxidação, e alterações nas propriedades funcionais do produto (ARAÚJO, 2004). As reações de hidrólise no farelo de arroz podem ser minimizadas com uso de baixas temperaturas na estocagem e no transporte, embalagem adequada e esterilização (HAMILTON, 1994).

5.2.3 Índice de peróxidos

O índice de peróxidos estima o conteúdo de peróxidos presentes em um alimento, sendo um indicador muito sensível do estágio inicial da oxidação lipídica (ARAÚJO, 2004; HUDSON; GORDON, 1994). O conteúdo de peróxidos nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente, está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação do conteúdo de peróxidos (mEq kg⁻¹) nos óleos de farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP), armazenados à temperatura ambiente.

Dias de armazenamento	Teor de peróxidos no óleo de farelo de arroz (mEq kg ⁻¹)			C. V. ¹ (%)
	FAC	FAE	FAP	
0 ²	2,97 ^C ± 0,01 (0,32)	11,28 ^B ± 0,38 (3,40)	24,32 ^A ± 2,14 (8,80)	7,94
15	3,21 ^C ± 0,0,1 (3,37)	16,38 ^B ± 2,30 (14,03)	25,74 ^A ± 3,65 (14,18)	15,76
30	3,83 ^C ± 0,22 (5,83)	16,82 ^B ± 1,53 (9,12)	29,07 ^A ± 1,87 (6,44)	10,04
45	3,80 ^C ± 0,51 (13,46)	32,63 ^B ± 2,82 (8,64)	28,92 ^A ± 3,53 (12,02)	13,83
60	4,11 ^B ± 0,13 (3,06)	37,12 ^A ± 2,25 (6,07)	35,91 ^A ± 3,24 (9,03)	7,71
90	4,06 ^C ± 0,10 (2,55)	49,74 ^A ± 1,60 (3,21)	40,02 ^B ± 5,29 (13,23)	8,98
120	4,23 ^C ± 0,11 (2,62)	60,36 ^A ± 2,21 (3,67)	48,79 ^B ± 6,84 (14,02)	8,99
150	7,38 ^C ± 1,18 (16,05)	70,91 ^A ± 1,38 (1,95)	50,61 ^B ± 3,41 (6,74)	4,73
180	7,63 ^C ± 0,32 (4,21)	70,39 ^A ± 0,32 (0,46)	57,02 ^B ± 8,51 (14,93)	9,53

¹C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

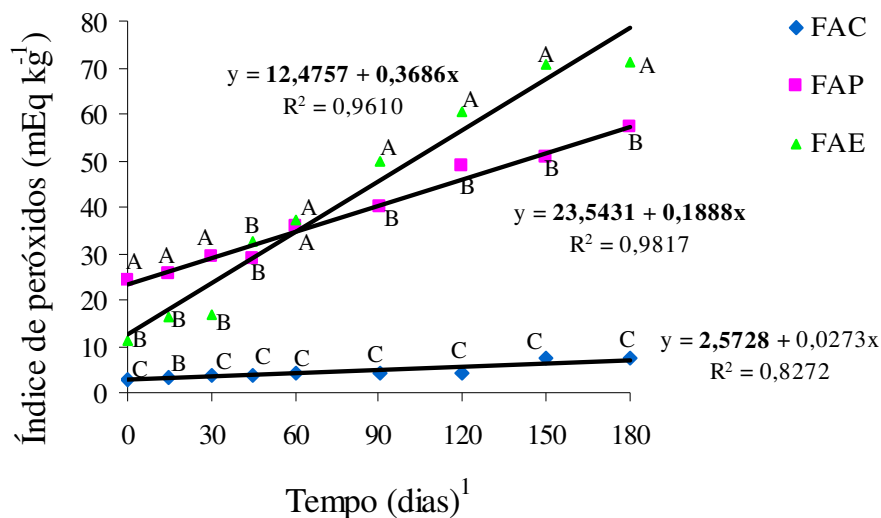
²Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Durante todo o período de armazenamento, o farelo de arroz cru apresentou o menor ($P \leq 0,05$) índice de peróxidos. Os farelos de arroz extrusado e parboilizado não diferiram (P

> 0,05) quanto ao conteúdo de peróxidos apenas aos sessenta dias de estocagem. Nos primeiros quarenta e cinco dias de armazenamento, o farelo de arroz parboilizado apresentou o teor mais elevado de peróxidos, sendo que após noventa dias de armazenamento à temperatura ambiente, o maior conteúdo de peróxidos foi verificado no farelo de arroz extrusado.

A variação do teor peróxido do farelo de arroz cru ao longo dos cento e oitenta dias de armazenamento foi de 5,29 mEq kg⁻¹, ou 156,9%, enquanto no farelo de arroz extrusado foi de 59,95 mEq kg⁻¹ ou 524% e de 32,70 mEq kg⁻¹ ou 134,4% no farelo de arroz parboilizado, tendência contrária às observadas para a atividade de lipase e rancidez hidrolítica.

Na Figura 9 está ilustrado o gráfico com as regressões, as respectivas equações e coeficientes de determinação do índice de peróxidos (mEq kg⁻¹) dos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, em relação ao tempo de armazenamento (dias) à temperatura ambiente.



¹ Letras iguais no mesmo dia não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey. Os termos da equação em negrito são significativos a 5% de probabilidade.

Figura 9. Índice de peróxidos (mEq kg⁻¹) nos farelos de arroz cru (FAC), extrusado (FAE) e parboilizado (FAP) armazenados por cento e oitenta dias à temperatura ambiente.

No farelo de arroz cru, a regressão não foi significativa ($P = 0,6254$), indicando que o tempo de armazenamento deste farelo à temperatura ambiente não afetou a produção de equivalentes de peróxidos por cento e oitenta dias de armazenamento. O teor de peróxidos dos farelos de arroz extrusado e parboilizado aumentou gradativamente, com efeitos lineares

significativos, sendo os valores de significância para os farelos de arroz extrusado e parboilizado, respectivamente 0,0001 e 0,0034.

Nunes et al. (1991) avaliaram por cento e sessenta e oito dias farelos de arroz cru e parboilizado da variedade CNA 4898, do tipo grãos longos, embalados em sacos de polietileno e armazenados à temperatura ambiente. Os autores determinaram o índice de peróxidos no extrato etéreo obtido por extração a quente, encontrando valores iniciais para o farelo cru de 10% e para o parboilizado superior a 20%, sendo o pico encontrado, para ambos, aos quarenta e oito dias de armazenamento, decaindo após este período. O valor inicial de peróxidos encontrado por esses autores no farelo de arroz cru foi mais elevado que o verificado neste trabalho e no parboilizado, foi semelhante. Esses autores ainda supuseram que a partir deste período de armazenamento os farelos analisados atingiram a fase de terminação da oxidação lipídica. O tempo estimado (cento e oitenta dias) para a avaliação dos farelos de arroz neste trabalho pode não ter sido suficiente para ultrapassar a fase de propagação da formação de peróxidos, ou seja, neste trabalho não foi iniciada a fase término da oxidação lipídica, na qual há queda do conteúdo de peróxidos devido à formação de outros compostos resultantes da oxidação, como aldeídos, cetonas e álcoois.

Produtos de aveia submetidos à extrusão e embalados em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (70 μm de espessura), armazenados à temperatura ambiente por cento e vinte e seis dias, apresentaram índices de peróxidos correlacionados à temperatura e umidade às quais foram submetidos. Após quarenta e oito horas de estocagem foi observada formação de peróxidos de até 6,05 mEq kg^{-1} (correspondente à extrusão a 120 °C, com umidade de 20,50 g 100 g^{-1}) sendo encontrado, aos cento e vinte e seis dias conteúdo de peróxidos de até 64,36 mEq kg^{-1} (extrusão a 162,4 °C e umidade de 20 g 100 g^{-1}). Quando a temperatura utilizada na extrusão foi 120 °C, semelhante à aplicada neste trabalho para o farelo de arroz, o maior índice de peróxidos verificado ao final do armazenamento foi 42,50 mEq Kg^{-1} (GUTKOSKI; EL-DASH, 1999). Estes autores obtiveram resultados semelhantes ao verificado neste trabalho, com conteúdo de peróxidos elevado e crescente em produtos extrusados ao longo do período de armazenamento, sem a finalização da fase de propagação da autooxidação lipídica, que, segundo Hudson e Gordon (1994), é caracterizada pela rápida absorção de oxigênio, com a formação de peróxidos.

A oxidação lipídica também pode ser resultante da ação das lipoxigenases, enzimas que oxidam somente os ácidos graxos que possuem sistema pentadieno 1-cis, 4-cis (como os ácidos linoléico e linolênico), formando peróxidos (ARAÚJO, 2004; LIAVONCHANKA; FEUSSNER, 2006). O farelo de arroz é constituído principalmente por ácido palmítico (12,0-

18,0 g 100 g⁻¹), oléico (40,0-50,0 g 100 g⁻¹) e linoléico (30,0-35,0 g 100 g⁻¹) (MALEKIAN et al., 2000), este último sensível à oxidação pelas lipoxigenases, o que indica que esta pode ser também uma via para a oxidação lipídica do farelo de arroz. A reação da lipoxigenase se diferencia da autooxidação por características das catálises enzimáticas, tais como especificidade de substrato, seletividade da peroxidação, existência de um pH ótimo, sensibilidade frente ao calor e pela maior velocidade de reação no intervalo de temperatura 0-20 °C (LIAVONCHANKA; FEUSSNER, 2006).

Em trabalho realizado por Ramezanzadeh et al. (1999) com farelo de arroz armazenado à temperatura ambiente por dezesseis semanas, observou-se que a atividade da lipoxigenase foi maior no farelo de arroz tratado em microondas embalado em embalagem fechadas com zíper, permeável a gases, que nas amostras crua, embalada em bolsas com zíper ou a vácuo ou tratada em microondas embalada a vácuo. Os autores atribuem esta maior oxidação no farelo de arroz tratado em microondas embalados em embalagem com zíper, à possível destruição de antioxidantes durante o processo de estabilização e à resistência da lipoxigenase ao tratamento térmico aplicado. As amostras embaladas a vácuo tiveram menor atividade de lipoxigenase que as amostras armazenadas em embalagens permeáveis, uma vez que o oxigênio é um co-substrato para a ação desta enzima, e sua presença é consideravelmente reduzida em embalagens a vácuo. No entanto, os autores sugerem como uma boa maneira de prevenção da rancificação, a aplicação de tratamento em microondas, para redução dos ácidos graxos livres no farelo de arroz, e armazenamento sob refrigeração (4-5 °C) em embalagem com zíper, por ser esta comumente utilizada.

O elevado conteúdo de peróxidos verificado nos farelos de arroz extrusado e parboilizado avaliados neste trabalho possivelmente também foi resultante da atividade das lipoxigenases, enzimas que produzem estes compostos. A extrusão e a parboilização aplicada aos farelos provavelmente não inativou as lipoxigenases presentes, mas reduziu a quantidade de antioxidantes, que proporcionariam menor oxidação lipídica. Além disto, os farelos de arroz avaliados neste trabalho foram armazenados à temperatura ambiente em embalagens permeáveis ao oxigênio, co-substrato destas enzimas. Portanto, além dos fatores relacionados à autooxidação dos farelos de arroz extrusado e parboilizado, as lipoxigenases podem ter contribuído para um aumento significativo no conteúdo de peróxidos presentes nestes farelos ao longo do período de armazenamento.

Outro fato a ser considerado é a quantidade significativamente maior de ferro e zinco dos farelos de arroz extrusado e parboilizado (Tabela 3), respectivamente, em relação ao farelo de arroz cru. Estes minerais podem favorecer a autooxidação lipídica (ARAÚJO, 2004),

o que pode justificar a maior oxidação lipídica observada nestes farelos ao longo do período de armazenamento à temperatura ambiente.

Devido ao curto tempo do processo de extrusão em comparação ao processo de parboilização do farelo de arroz, a oxidação lipídica ocorreu inicialmente em maior intensidade no farelo de arroz parboilizado, conforme observado na Tabela 8. O elevado índice de peróxidos observado no início do armazenamento do farelo de arroz extrusado pode ter sido favorecido pela secagem deste farelo após a extrusão a 60 °C por oito horas, uma vez que a temperatura, assim como a presença de oxigênio, acelera a autooxidação (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Durante a extrusão podem ser transferidos ao alimento resíduos de minerais pró-oxidantes, que podem favorecer a oxidação e, além disto, a maior superfície de contato com o oxigênio, gerada pela expansão do produto após o processo de extrusão também pode favorecer a oxidação. O armazenamento de alimentos extrusados em embalagens opacas a vácuo pode favorecer sua conservação, pois enzimas lipolíticas e outras enzimas promotoras da oxidação podem ser inativadas pela temperatura e pressão aplicados durante o processo de extrusão (CAMIRE, 2001) e este tipo de embalagem pode reduzir a velocidade de fotoxidação e da autooxidação devido à barreira contra a entrada de luz e oxigênio no interior da embalagem (ARAÚJO, 2004).

O óleo extraído do arroz ainda não possui padrões determinados pela legislação para conteúdo de peróxidos, portanto, utilizou-se como referência, os valores determinados para o azeite de oliva extra virgem, por ser este óleo extraído a frio, sendo que outro processo a frio também foi utilizado para a obtenção do óleo do farelo de arroz utilizado neste trabalho (metodologia para extração de óleo descrita por Bligh e Dyer, 1959). A legislação brasileira estima como tolerável, conteúdo máximo de peróxidos em azeite de oliva virgem de 20 mEq kg⁻¹ (BRASIL, 2005a). A extração de lipídios pelo método descrito por Bligh e Dyer (1959) permite a utilização dos lipídios extraídos em qualquer análise, pois estes não sofrem alterações físicas ou químicas (CARVALHO; JONG, 2002). Observou-se, no farelo de arroz cru, ao longo dos cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente, conteúdo de peróxidos dentro dos padrões estimados para o azeite de oliva extra virgem, no entanto, aos quarenta e cinco dias de armazenamento (Tabela 8), o óleo oriundo do farelo de arroz extrusado se encontrava acima do limite estabelecido para o consumo, e o óleo presente no farelo de arroz obtido após a parboilização do grão, logo após sua obtenção já possuía conteúdo de peróxidos acima do permitido.

No entanto, este trabalho não teve como objetivo avaliar o óleo originado do farelo de arroz, mas a avaliar o farelo de arroz. Sendo assim, a avaliação da oxidação lipídica neste

produto, a partir da percentagem de óleo que o mesmo apresenta, permite concluir que apenas o farelo de arroz parboilizado, armazenado por cento e oitenta dias, apresentou conteúdo de peróxidos superior ($20,77 \text{ mEq Kg}^{-1}$) ao exigido pela legislação brasileira para azeite de oliva extra virgem (BRASIL, 2005a). Para realizar o cálculo de conversão do conteúdo de peróxidos presentes no óleo de farelo de arroz para o valor de peróxidos no farelo de arroz, utilizou-se regra de três simples, com base no conteúdo de peróxidos em 100 g de óleo de farelo de arroz e o valor correspondente ao teor de lipídios do respectivo farelo. Para o farelo de arroz oriundo da parboilização, a quantidade de peróxidos presente em 100% de óleo foi $57,65 \text{ mEq Kg}^{-1}$ (Tabela 8), no entanto, o óleo representou 36,03% (Tabela 2) da composição química deste farelo, portanto, a quantidade de peróxidos encontrada em 100 g de farelo de arroz parboilizado foi $20,77 \text{ mEq Kg}^{-1}$, valor 3,85% acima do máximo permitido pela legislação brasileira para azeite de oliva extra virgem.

Apesar do elevado teor de peróxidos nos óleos oriundos dos farelos de arroz extrusado e parboilizado, a quantidade proporcional de peróxidos presente nestes farelos armazenados à temperatura ambiente por cento e oitenta dias, com exceção do farelo de arroz parboilizado aos cento e oitenta dias de armazenamento, não foi suficiente para tornar estes farelos inadequados ao consumo humano. Apesar disto, devem ser estudadas formas de armazenamento que possam garantir ao consumidor um alimento que contenha o mínimo possível de compostos resultantes da rancificação. A adição de antioxidantes ao farelo de arroz, além do tratamento térmico, uso de embalagem a vácuo e opaca e armazenamento sob refrigeração podem ser opções para aumentar a vida útil do produto. Os antioxidantes agem na inativação dos radicais livres, na complexação de íons metálicos ou na redução dos hidroperóxidos (ARAÚJO, 2004).

5.2.4 Insetos

Ao longo do período de armazenamento observou-se que a embalagem utilizada para armazenamento dos farelos de arroz, filmes plásticos de polietileno de baixa densidade (15 μm de espessura) termosoldados, não foi suficiente para impedir o ataque de insetos aos farelos de arroz estudados. Aos cento e vinte dias de estocagem detectou-se a presença de ovos nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado armazenados à temperatura ambiente. Em seguida, apareceram larvas, e após, insetos adultos (Figura 10).

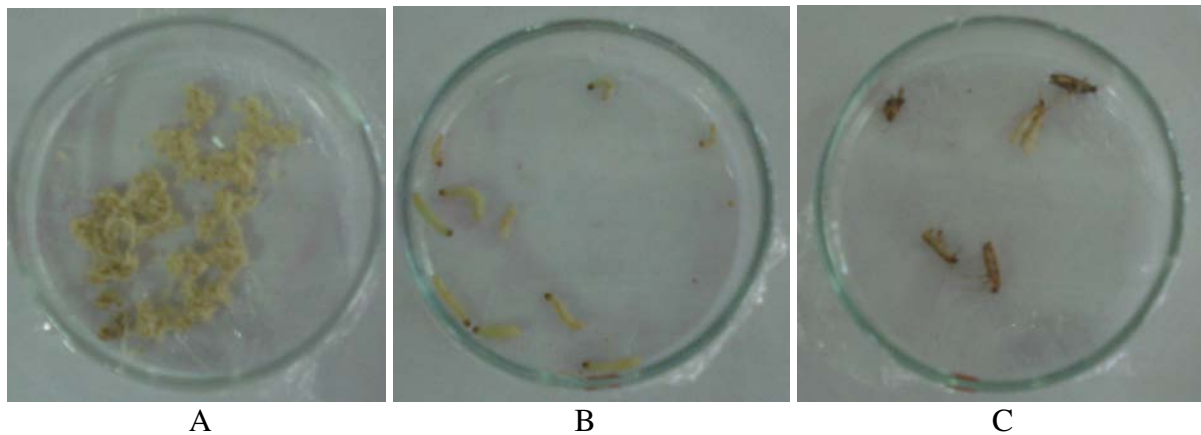


Figura 10. Teias com ovos (A), larvas (B) e insetos adultos (C) de *Corcyra Cephalonica* presentes nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado embalados em filmes de polietileno de baixa densidade (15 μm de espessura) após cento e vinte dias de estocagem à temperatura ambiente.

As espécies detectadas foram *Corcyra Cephalonica*, popularmente conhecida como traça comum em arroz e *Oryzaephilos surinamensis*, besouro de arroz, comumente encontrados em arroz e seus subprodutos quando armazenados (Figura 11).

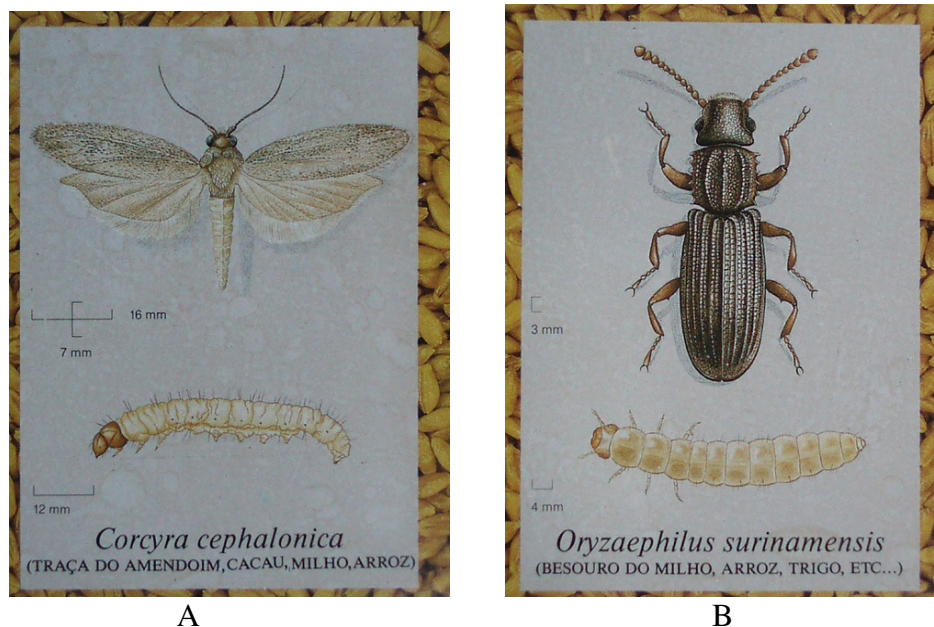


Figura 11. *Corcyra Cephalonica* (A) e *Oryzaephilos surinamensis* (B) encontrados nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado embalados em filmes de polietileno de baixa densidade (15 μm de espessura) após cento e vinte dias de estocagem à temperatura ambiente.

Fonte: GALLO et al. (1978ab).

A *Corcyra Cephalonica* é uma praga primária que se caracteriza por alimentar da parte externa do grão de arroz, podendo também atacar a parte interna, desenvolvendo-se, preferencialmente, em ambientes escuros. Estes insetos possuem elevado potencial biótico, uma vez que podem multiplicar rapidamente. O *Oryzaephilus surinamensis* é uma espécie classificada como secundária por atacar os grãos previamente danificados, além de farinhas, farelos e rações (FERREIRA, 2006).

O aparecimento de insetos nas amostras de farelos de arroz estudados tornou-os impróprios ao consumo, sendo o teste sensorial dos biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado interrompido, sendo a última amostragem realizada aos noventa dias de armazenamento.

5.2.5 Fungos

Aos cento e oitenta dias de armazenamento, assim como no início da estocagem, foi quantificado o número de colônias de fungos (UFC g⁻¹) presente nos farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. Na Tabela 9 está apresentada a contagem de fungos nos farelos de arroz no tempo inicial e aos cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente.

Tabela 9. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação de colônias de fungos (UFC g⁻¹ de farelo) em amostras de farelo de arroz no tempo inicial e aos cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente.

Período de armazenamento	Fungos (UFC g ⁻¹ de farelo)			C. V. ¹ (%)
	FAC	FAE	FAP	
Tempo inicial ^{2,3}	5,3 x 10 ³ ^{Aa} ± 2160,25 (40,50)	1,5 x 10 ¹ ^{Ba} ± 8,37 (55,78)	6,3 x 10 ³ ^{Aa} ± 1032,80 (16,31)	35,50
180 dias de armazenamento	5,2 x 10 ³ ^{Aa} ± 3709,45 (71,34)	0,7 x 10 ¹ ^{Ba} ± 8,16 (122,47)	1,8 x 10 ³ ^{Bb} ± 983,19 (53,63)	94,41
C. V. ¹ (%)	57,63	76,30	24,69	

¹ C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

² Letras iguais e maiúsculas na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

³ Letras iguais e minúsculas na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Aos cento e oitenta dias de armazenamento à temperatura ambiente, assim como no início do experimento, todos os farelos apresentaram contaminação fúngica, sendo detectada presença de colônias de *Aspergillus* sp. No tempo inicial, o farelo de arroz extrusado apresentou a menor contaminação, sendo diferente ($P \leq 0,05$) do farelo de arroz cru e

parboilizado, que não diferiram entre si ($P > 0,05$), indicando que a extrusão foi eficiente para a redução significativa de unidades formadoras de colônias de fungos. Aos cento e oitenta dias de armazenamento o farelo de arroz cru apresentou maior ($P \leq 0,05$) contaminação fúngica que os farelo de arroz extrusado e parboilizado, que não diferiram ($P > 0,05$) entre si. Ao longo do período de armazenamento, ocorreu redução ($P \leq 0,05$) da quantificação fúngica para o farelo de arroz parboilizado ($P \leq 0,05$), no entanto, os farelos de arroz cru e extrusado não apresentaram variação significativa ($P > 0,05$) entre o início e o final do experimento (Tabela 9).

O gênero *Aspergillus* pode ser encontrado em produtos oriundos do campo, em armazéns, moinhos, silos, equipamentos e lugares onde são armazenados, manuseados e processados produtos agrícolas. Esses fungos podem ter menor crescimento em produtos com baixa umidade. É indicador de deterioração em sementes e grãos por danificar o gérmen, causar descoloração e alterações nutricionais, estando envolvido na produção de micotoxinas (FARIAS et al., 2000; MÁRCIA; LÀZZARI, 1998).

Apesar do ataque de insetos aos farelos de arroz armazenados, este fato não contribuiu para uma maior contaminação fúngica, como suposto por Márcia e Lazzari (1998) em trabalho desenvolvido com milho e derivados, no qual a presença de inseto no material armazenado contribuiu com um maior ataque fúngico por propiciar condições de umidade e temperatura favoráveis ao desenvolvimento de fungos.

Em trabalho realizado por Lima et al. (2000) com arroz e derivados, armazenados por até vinte e quatro meses, os autores também observaram presença de *Aspergillus* sp. em todo o período, porém com maior número de unidades formadoras de colônias após doze meses de armazenamento, com predominância, para o farelo de arroz, das espécies *Aspergillus candidus*, *Aspergillus rubber* e *Aspergillus flavus*. Segundo esses autores, apesar da presença de várias espécies de *Aspergillus*, a análise toxicológica não revelou presença de micotoxina no arroz e produtos derivados. Rupollo et al. (2004) verificaram que no início do armazenamento de aveia predominou a contaminação de fungos provenientes do campo, característicos da lavoura e após três meses de estocagem foi detectado o maior número de colônias fúngicas, composta principalmente pelos gêneros característicos do armazenamento de grãos, como *Aspergillus* e *Penicilium*, especialmente nas amostras com maior teor de umidade, no entanto, não foi detectada presença de micotoxinas.

Vale lembrar que não foram seguidos padrões de higienização específicos para a obtenção dos farelos utilizados neste trabalho. Portanto, para que os farelos possam ser

destinados à alimentação humana, devem ser seguidas normas de boas práticas, para obtenção de produtos com melhor qualidade sanitária.

5.2.6 Odor e gosto dos biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado

A avaliação dos *cookies* elaborados com substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado armazenado a -20 °C (amostra controle, igual à amostra referência) e por farelo de arroz armazenado a temperatura ambiente (amostra teste) está ilustrada na Tabela 10.

Tabela 10. Média seguida pelo desvio-padrão da avaliação sensorial do odor e do gosto dos *cookies* elaborados com farelo de arroz extrusado armazenado a -20 °C (amostra controle) e à temperatura ambiente (amostra teste).

Atributos	Tempo de armazenamento	Amostra controle	Amostra teste	R ²	C. V. ¹ (%)	P
Odor ²	30 dias	4,83 ^A ± 1,32	4,17 ^B ± 1,31	0,9688	7,51	0,0001
	60 dias	4,37 ^B ± 1,18	4,59 ^A ± 1,29	0,9676	7,06	0,0001
	90 dias	5,07 ^A ± 1,40	4,46 ^B ± 1,41	0,9715	7,28	0,0001
Gosto	30 dias	5,30 ^A ± 1,37	5,25 ^A ± 1,67	0,9695	7,18	0,0001
	60 dias	5,12 ^A ± 1,27	4,89 ^B ± 1,40	0,9722	6,31	0,0001
	90 dias	5,43 ^A ± 1,22	4,87 ^B ± 1,59	0,9561	8,31	0,0001

¹ Coeficiente de variação obtido na análise de variância.

² Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

* Médias seguidas pelo desvio-padrão.

As médias dos escores das amostras controle em relação à amostra referência e teste em relação à referência foram comparadas para verificação do grau de acerto dos provadores e da diferença entre a amostra teste e a referência, respectivamente.

Segundo Araújo (2004) a oxidação está relacionada à deterioração de vários produtos biologicamente importantes, alterando dentre outras, a qualidade sensorial de alimentos (sabor, aroma e textura). O odor no biscoito elaborado com farelo de arroz extrusado armazenado à temperatura ambiente por até noventa dias foi menos intenso que o odor do biscoito referência, escores entre 4,59-4,17, situando-se entre odor igual à referência (escore 5) e odor menos intenso que a referência com pequena intensidade de diferença (escore 4). Portanto, a percepção de odor de ranço não foi observada até os noventa dias de avaliação.

Aos trinta dias, o biscoito elaborado com farelo de arroz extrusado armazenado à temperatura ambiente foi considerado mais gostoso (escore 5,25), situando-se entre gosto

igual à referência (escore 5) e mais gostoso que a referência com pequena intensidade de diferença (escore 6). Portanto, o gosto não foi relacionado ao ranço, que geralmente é associado ao menos gostoso. Aos 60 e 90 dias, os escores obtidos para a amostra teste foram 4,89 e 4,87, respectivamente. Observa-se que os escores obtidos pela amostra controle em relação à amostra referência foram de 5,12 e 5,43, respectivamente. Caso estas médias fossem 5, o grau de acerto dos provadores seria de 100%. Como houve um desvio de 0,12 e 0,43 nas notas, conclui-se que o grau de erro dos provadores foi maior que as diferenças observadas entre a amostra teste e a referência (0,11 e 0,13), indicando que os provadores não foram sensíveis à detecção sensorial deste atributo nos biscoitos avaliados. Assim, pode-se supor que não houve diferença entre o gosto da amostra teste e da amostra controle durante os noventa dias de armazenamento, apesar das diferenças significativas ($P \leq 0,01$) apontadas pelo teste F.

Segundo Araújo (2004), os peróxidos são instáveis e não causam alterações danosas ao sabor dos alimentos, mas sim os produtos oriundos de sua decomposição, como aldeídos, cetonas, álcoois, hidrocarbonetos e ácidos. Apesar do elevado conteúdo de peróxidos presente no óleo do farelo de arroz, supõe-se que o conteúdo de peróxidos não foi representativo para o biscoito elaborado com farelo de arroz extrusado por até noventa dias de armazenamento à temperatura ambiente, uma vez que este não apresentou características sensoriais que o definissem como rançoso, provavelmente pela ausência de quantidade significativa de compostos secundários da oxidação, responsáveis pelo sabor e odor característicos de produtos rançosos.

Carvalho, Cruz e Soares (1996) elaboraram biscoito tipo amanteigado com até 20% de substituição da farinha de trigo por farelo de arroz tratado em estufa ou autoclavado e avaliaram a estabilidade destes biscoitos embalados em sacos de polietileno selados, por cento e cinquenta dias. Os provadores não detectaram odor e sabor de ranço nos biscoitos elaborados com farelo de arroz durante cento e cinquenta dias de avaliação, apesar das baixas notas atribuídas a estes porque mesmo no início do armazenamento as notas atribuídas aos biscoitos foram baixas.

5.3 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE BISCOITOS ELABORADOS COM FARELO DE ARROZ EXTRUSADO

Durante a elaboração dos biscoitos, observou-se que a adição gradual de farelo extrusado tornava a massa amolecida, difícil de ser moldada. Carvalho, Cruz e Soares (1996) observaram que a adição de farelo de arroz tratado em estufa na massa de biscoito, ao contrário do observado neste trabalho, tornou a massa dura e quebradiça, devido à menor umidade do farelo em relação à farinha de trigo. No entanto, os biscoitos formulados com maior quantidade de farelo apresentaram maiores teores de umidade, evidenciando a capacidade de retenção de água pela fibra presente no farelo de arroz. Neste trabalho, a capacidade de retenção de água pelas fibras do farelo de arroz foi evidenciada durante a elaboração dos biscoitos, uma vez que o aumento da proporção de farelo adicionado à massa tornava esta mais mole.

5.3.1 Aceitabilidade

A idade dos provadores variou entre 21-30 anos, sendo maior a porcentagem de mulheres (52,9-57,1%). Quase a totalidade dos provadores apreciava biscoitos (98,6%) e lia rótulos de produtos sempre ou às vezes (35,7-50% e 47,1-58,6%, respectivamente), sugerindo, desta forma, que se interessam pelo conteúdo nutritivo dos alimentos. Os resultados obtidos no teste de aceitabilidade estão ilustrados na Tabela 11.

Tabela 11. Escores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação para aparência, textura e sabor e intenção de compra dos biscoitos formulados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

Atributos	Nível de substituição de FT e FM por FAE (%)					C. V. ¹ (%)
	0 (controle)	12,5	25	37,5	50	
Aparência ²	6,94 ^A ± 1,27 (18,33)	6,43 ^A ± 1,29 (20,09)	6,71 ^A ± 1,27 (19,00)	6,91 ^A ± 1,29 (18,71)	6,70 ^A ± 1,53 (22,78)	20,32
Textura	7,48 ^A ± 1,37 (18,30)	6,96 ^A ± 1,37 (19,79)	7,38 ^A ± 1,35 (18,34)	7,40 ^A ± 1,07 (14,44)	7,40 ^A ± 1,39 (18,75)	17,60
Sabor	7,53 ^A ± 1,49 (19,85)	7,23 ^A ± 1,23 (17,01)	7,44 ^A ± 1,34 (17,96)	7,36 ^A ± 1,45 (19,78)	7,03 ^A ± 1,62 (23,10)	19,58
Intenção de compra (%)	85,71	88,57	85,57	78,60	82,86	

¹ C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

² Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) em relação aos escores atribuídos à aparência, textura e sabor dos biscoitos tipo *cookie* elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado. Os escores atribuídos à aparência variaram entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei regularmente). Os atributos textura e sabor obtiveram escores entre 7 (gostei regularmente) e 8 (gostei muito), com exceção da textura (6,96) do biscoito elaborado com 12,5% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado. Na Figura 12 estão ilustrados os biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.

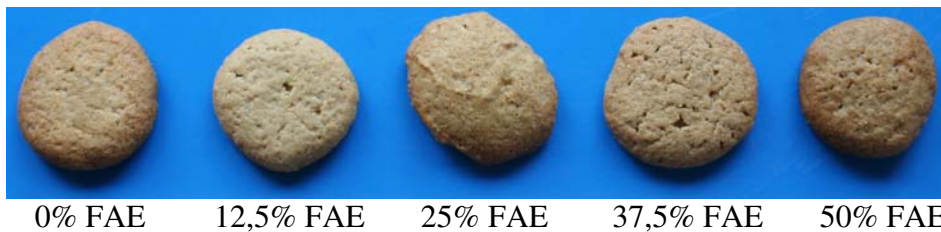


Figura 12. Biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição (%) da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado (FAE).

Apesar dos escores relacionados à aparência permanecerem abaixo de 7,0, este parâmetro poderia ser melhorado pela utilização de formas ou sacos de confeiteiro com bico para padronização do tamanho e da forma dos biscoitos. A cor escura dos biscoitos também pode ter contribuído para os menores escores obtidos para a aparência, embora a cor seja característica de produtos integrais.

Alguns autores pesquisaram a aceitação de biscoitos elaborados com materiais fibrosos. Galdeano e Grossmann (2006) verificaram a aceitação de biscoitos elaborados com 20% de casca de aveia crua ou extrusada e observaram que os biscoitos, quando formulados com a casca de aveia extrusada obtiveram maior aceitação sensorial. Segundo Gutkoski et al. (2007), biscoitos elaborados com maiores teores de flocos de aveia tostados (20%) e concentrado de β -glicanas (12%), obtido do farelo de aveia, obtiveram melhor aceitabilidade que os demais biscoitos produzidos.

Biscoitos elaborados com 20%, 30% e 40% de substituição da farinha de trigo por farelo de arroz desengordurado não foram bem aceitos em relação ao gosto e à impressão sensorial deixada pelo alimento na boca, porém a incorporação de 10% de farelo de arroz nestes biscoitos foi sensorialmente aceita em relação à característica da superfície, textura,

gosto e impressão deixada na boca, o mesmo ocorrendo com a substituição de 20% de farinha de trigo por farelo de trigo ou cevada e pela substituição por 30% de farelo de aveia. Biscoitos elaborados com 30% de substituição de farinha de trigo por farelo de arroz apresentaram textura endurecida (SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007).

A utilização de até 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca (máximo nível de substituição utilizado neste trabalho) em biscoitos tipo *cookie* foi aceita sensorialmente quanto à aparência, textura e sabor. A intenção de compra dos biscoitos elaborados neste trabalho por parte dos provadores variou entre 78,6-88,6%, sendo de 82,8% para o biscoito elaborado com 50% de substituição, confirmando a aceitabilidade dos biscoitos pelos provadores (Tabela 11). A utilização de farelo de arroz extrusado na elaboração dos biscoitos *cookie* avaliados neste trabalho pode ter contribuído para uma melhoria da aceitabilidade dos mesmos, uma vez que os atributos aparência, textura e sabor de todos os biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado não diferiram significativamente do biscoito controle, elaborado sem farelo de arroz. Provavelmente o farelo de arroz quando extrusado possui sabor mais suave que o tratado em estufa ou autoclavado, com menor conteúdo de compostos que provocam sabor residual.

5.3.2 Cor instrumental

Os parâmetros instrumentais de cor dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado pode ser visualizada na Tabela 12.

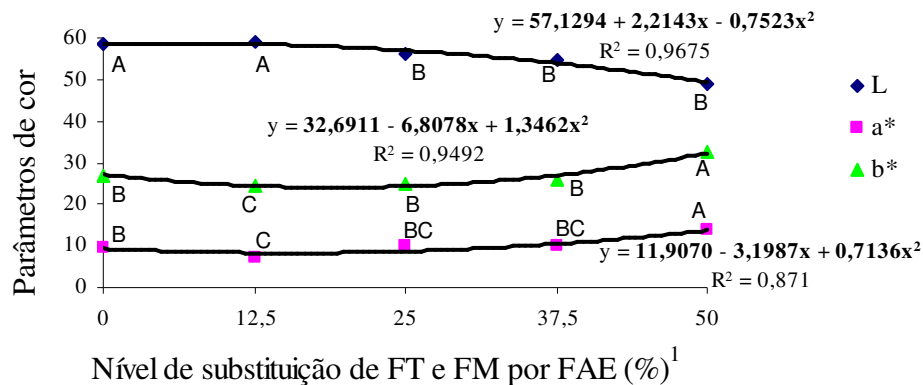
Tabela 12. Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação da luminosidade (L^*) e das coordenadas de cromaticidade (a^*) e (b^*) nos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

Parâmetros de cor	Nível de substituição de FT e FM por FAE (%)					C. V. ¹ (%)
	0	12,5	25	37,5	50	
L^2	58,51 ^A ± 1,03 (1,77)	59,05 ^A ± 1,49 (2,52)	55,99 ^B ± 1,62 (2,90)	54,78 ^B ± 1,42 (2,59)	49,14 ^C ± 2,86 (5,82)	3,26
a^*	9,71 ^B ± 0,89 (9,15)	7,38 ^C ± 0,43 (5,80)	9,91 ^B ± 0,51 (5,14)	9,94 ^B ± 1,17 (11,77)	13,85 ^A ± 2,16 (15,62)	12,02
b^*	27,01 ^B ± 0,81 (3,01)	24,64 ^C ± 0,72 (2,91)	25,13 ^{BC} ± 0,42 (1,67)	25,83 ^{BC} ± 0,81 (3,13)	32,77 ^A ± 5,30 (16,17)	8,80

¹ C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

² Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

O gráfico com as regressões para luminosidade e para as coordenadas de cromaticidade a^* e b^* dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado pode ser visualizado na Figura 13.



¹ Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

* Os termos em negrito são significativos a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Figura 13. Luminosidade L^* e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* dos biscoitos elaborados com diferentes teores de substituição da farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

A luminosidade (L^*), que mostra quão claro ou escuro é o produto (0 totalmente preto e 100 totalmente branco), tendeu à diminuição do valor ($P \leq 0,05$), ou seja, ao escurecimento com aumento do nível de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca pelo farelo de arroz extrusado, fato esperado devido ao farelo de arroz extrusado possuir cor mais escura que a farinha de trigo e a fécula de mandioca. O biscoito com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado apresentou valor menor para luminosidade ($P \leq 0,05$). O biscoito controle e o elaborado com 12,5% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado, assim como o com 25% e 37,5% de farelo, não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) entre si em relação a este parâmetro. A regressão apresentou coeficiente de determinação de 0,9675, coeficiente de variação de 3,26% e foi significativa para os efeitos linear ($P = 0,0011$) e quadrático ($P = 0,0001$), evidenciando que a quantidade de farelo de arroz extrusado adicionada à massa afetou a luminosidade dos biscoitos elaborados.

A utilização de 10%, 20%, 30% e 40% de farelos de trigo, arroz ou aveia em substituição à farinha de trigo na elaboração de biscoitos causou escurecimento proporcional à

quantidade de farelo adicionada (SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007). Carvalho, Cruz e Soares (1996) verificaram que o biscoito formulado com farelo de arroz tratado em estufa apresentou cor mais escura que os biscoitos elaborados com farelo de arroz cru ou autoclavado, sendo que este propiciou cor tendendo mais ao claro. Cereais matinais contendo farinha de milho e farelo de maracujá extrusados apresentaram valores para a luminosidade decrescentes à medida que a quantidade de farelo de maracujá era adicionada, resultando em produtos mais escuros e menos amarelos (LEORO, 2007), tendências semelhantes à observada neste trabalho, uma vez que a luminosidade apresentou valores decrescentes à medida que se adicionou teores crescente de farelo de arroz à massa do biscoito.

Os valores da coordenada a^* estão entre -60 a $+60$ e representam variação cromática entre verde e vermelho. O biscoito com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz apresentou o maior valor ($P \leq 0,05$) para este parâmetro. A regressão foi significada para a coordenada a^* com coeficiente de determinação de 0,9492 e coeficiente de variação de 12,02%, sendo que os efeitos lineares e quadráticos foram significativos ambos com $P = 0,0001$, conforme observado na Figura 13. Avaliando-se os biscoitos, observa-se que esta coordenada tendeu ao vermelho à medida que maior quantidade de farelo foi acrescida à massa.

Em relação à coordenada b^* , que varia entre -60 a $+60$, do azul ao amarelo, respectivamente, o biscoito elaborados com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado possuiu o maior ($P \leq 0,05$) valor e o com 12,5% de substituição o menor, sendo que os biscoitos elaborados com 12,5%, 25% e 37,5% apresentaram valores intermediários, não diferindo ($P > 0,05$) entre si. A regressão foi significativa, com coeficiente de determinação de 0,9492 e coeficiente de variação de 8,80% , sendo os efeitos lineares e quadráticos significativos (ambos com $P = 0,0001$). Observa-se, portanto, que a substituição gradual de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado proporciona tendência à coloração amarelada nos biscoitos.

Biscoitos tipo *cookie* formulados com aveia e β -glicana não diferiram significativamente em relação à luminosidade e a coordenada a^* , o que pode ter contribuído para a inexistência de diferença significativa em relação aos escores de aparência na análise sensorial destes biscoitos. Vários fatores podem afetar o desenvolvimento de cor em biscoitos, como os ingredientes utilizados, principalmente o teor de açúcar e o tempo e temperatura de assamento, devido à reações de Mailard e de caramelização (GUTKOSKI et al., 2007). Neste trabalho também não foi verificada diferença significativa na aceitabilidade dos biscoitos em

relação às diferentes concentrações de farelo de arroz extrusado utilizadas, apesar da existência de diferença significativa nos parâmetros de cor avaliados .

5.3.3 Composição centesimal e valor energético total

Na Tabela 13 estão apresentados os teores médios de umidade, proteínas, lipídios e cinzas dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado. A composição química de um alimento exprime, mesmo que de forma grosseira, seu valor nutritivo (VILAS BOAS, 1999).

Tabela 13. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação dos teores de umidade, proteínas, lipídios e cinzas dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

Componentes ¹ (g 100 g ⁻¹)	Nível de substituição de FT e FM por FAE ¹ (%)					C. V. ² (%)
	0 (controle)	12,5	25	37,5	50	
Umidade ³	2,39 ^B ± 0,05 (2,22)	2,53 ^B ± 0,11 (4,68)	3,42 ^A ± 0,13 (3,91)	1,94 ^C ± 0,04 (2,00)	1,86 ^C ± 0,11 (6,22)	4,50
Proteínas	6,36 ^C ± 0,11 (1,77)	6,74 ^{BC} ± 0,20 (3,03)	6,76 ^B ± 0,06 (0,92)	7,29 ^A ± 0,15 (2,00)	7,56 ^A ± 0,02 (0,26)	1,98
Lipídios	19,50 ^A ± 1,30 (6,65)	20,91 ^A ± 0,22 (1,05)	21,13 ^A ± 0,01 (0,05)	21,39 ^A ± 0,48 (2,24)	21,90 ^A ± 1,05 (4,81)	4,08
Cinzas	2,08 ^E ± 0,06 (2,95)	2,24 ^D ± 0,03 (1,41)	2,48 ^C ± 0,03 (1,18)	2,90 ^B ± 0,01 (0,48)	3,31 ^A ± 0,02 (0,55)	1,33

¹ Umidade em base úmida e demais nutrientes em base seca.

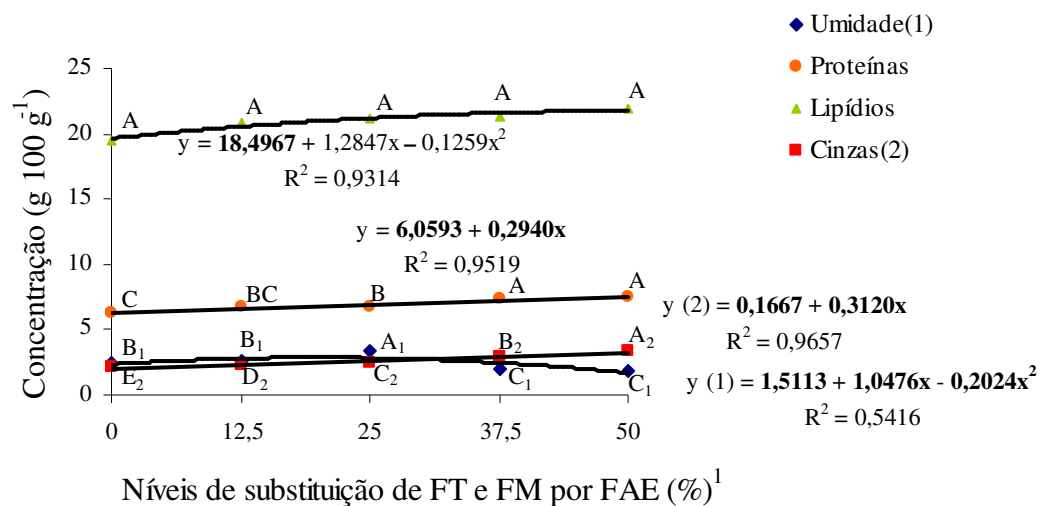
² C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

³ Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

A umidade de alimentos é uma medida importante, uma vez que está relacionada à estabilidade, à qualidade e à composição (CECCHI, 2001). Os teores de umidade variaram entre 1,86-3,42 g 100 g⁻¹. O controle e o tratamento 12,5% substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado não diferiram entre si ($P > 0,05$) quanto ao conteúdo de umidade, assim como os tratamentos com 37,5% e 50% de substituição. O teor de umidade do biscoito elaborado com 25% de farelo de arroz extrusado foi maior que dos demais ($P \leq 0,05$). Possivelmente a capacidade máxima de retenção de água pelas fibras do farelo de arroz nos biscoitos foi atingida quando utilizado 25% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo extrusado. A equação de regressão para umidade foi significativa com coeficiente de determinação de 54,16%, sendo significativos os efeitos

linear e quadrático (ambos com $P = 0,0001$) (Figura 14), indicando que o conteúdo de farelo de arroz extrusado adicionado à massa afetou a umidade dos biscoitos.

Biscoitos formulados com diferentes concentrações de farinha de banana, ingrediente rico em fibra, não apresentaram diferenças significativas no teor de umidade, apesar do biscoito elaborado com maior teor de farinha de banana ter apresentado 7,14% a menos de umidade que o biscoito controle (FASOLIN et al., 2007). *Cookies* elaborados com gérmen de trigo desengordurado apresentaram teores de umidade crescentes, variando entre 8,37-9,02 g 100 g⁻¹, à medida que maior quantidade de gérmen trigo (teor máximo de 25%) foi adicionado à massa (ARSHAD; ANJUM; ZAHOR, 2007), valores superiores aos verificados neste trabalho. Em pães elaborados com até 15% de farelo de arroz, estabilizado em tambor rotativo aquecido com vapor, em substituição à farinha de milho, o teor de umidade não diferiu entre os tratamentos (DELAHAYE; PENA, 2006).



Os termos da equação em negrito são significativos a 0,05 de probabilidade.

¹ Letras iguais na mesma linha não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Figura 14. Teores médios de umidade, proteínas, lipídios e cinzas dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

O maior conteúdo de proteínas ($P \leq 0,05$) foi encontrado no biscoito com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado e este não diferiu ($P > 0,05$) do biscoito com 37,5% de substituição. Os tratamentos elaborados com 12,5% e 25,0% de farelos de arroz extrusado obtiveram valores intermediários de proteínas e não diferiram ($P > 0,05$) entre si. A regressão para o teor de proteínas foi significativa, com coeficiente de determinação de 95,19%, coeficiente de variação de 1,98 e, somente o efeito linear foi significativo ($P = 0,0001$), conforme ilustrado na Figura 14.

O conteúdo de proteínas em biscoito elaborado com 20% farelo de arroz extrusado foi 7,65 g 100 g⁻¹, enquanto que no biscoito controle foi 6,55 g 100 g⁻¹ (SHARMA; CHAUHAN, 2002), valor próximo ao verificado neste trabalho para o biscoito controle e superior para o biscoito formulado com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por de farelo de arroz extrusado. Biscoitos elaborados com 20% de substituição de farinha de trigo por casca de aveia extrusada apresentaram 5,21 g 100 g⁻¹ de proteínas, valor inferior ao verificado neste trabalho para todos os biscoitos elaborados (GALDEANO; GROSSMANN, 2006). Arshad, Anjum e Zahoor (2007) verificaram variação protéica de 11,9-16,2 g 100 g⁻¹ em biscoitos elaborados com até 25% de gérmen de trigo desengordurado em substituição à farinha de trigo, valores superiores aos encontrados neste trabalho, porém, como também observado neste trabalho, crescentes à medida que maior quantidade de ingrediente alternativo foi adicionado à massa.

O teor de lipídios dos biscoitos formulados variou entre 19,5-21,9 g 100 g⁻¹, não diferindo (P > 0,05) entre os tratamentos, apesar do conteúdo considerável de lipídios do farelo de arroz extrusado. A regressão apresentou coeficiente de determinação de 93,14%, coeficiente de variação 4,08% e não foi significativa, com efeitos linear e quadrático de 0,1126 e 0,3216, respectivamente, indicando que a quantidade de farelo de arroz adicionado à massa não interferiu significativamente no teor lipídico do biscoito (Figura 14). O conteúdo lipídico de biscoitos elaborados com 20% de substituição de farinha de trigo por casca de aveia extrusada foi 15,65 g 100 g⁻¹ (GALDEANO; GROSSMANN, 2006), inferior ao verificado neste trabalho em relação a todos os biscoitos elaborados. Em *cookies* elaborados com café expresso, café solúvel e café torrado e moído, os valores de lipídios foram 20,80 g 100 g⁻¹, 20,90 g 100 g⁻¹ e 21,70 g 100 g⁻¹ respectivamente (RODRIGUES et al., 2007).

O conteúdo de cinzas nos biscoitos variou entre 2,08-3,31 g 100 g⁻¹, sendo diferente (P ≤ 0,05) entre todos os tratamentos. O tratamento elaborado com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado apresentou maior teor de cinzas, enquanto que o menor foi encontrado no biscoito controle. O modelo para cinzas foi significativo, com coeficiente de determinação de 96,57%, coeficiente de variação de 1,33%, sendo somente o efeito linear significativo (P = 0,0001). Portanto, com a elevação do farelo de arroz extrusado nos biscoitos houve aumento significativo no conteúdo de cinzas (Figura 14). Galdeano e Grossmann (2006) encontraram em biscoitos elaborados com 20% de casca de aveia extrusada teor de cinzas (3,15 g 100 g⁻¹) semelhante ao verificado no biscoito com 50% de farelo de arroz extrusado elaborado neste trabalho. O conteúdo de cinzas em biscoitos elaborados com 30% de farinha de banana em substituição à farinha de trigo (1,93 g 100 g⁻¹)

foi maior ($P > 0,05$) que o teor do biscoito controle ($1,93 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), como também verificado neste trabalho para todos os biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca (FASOLIN, 2007).

Somente os biscoitos controle e o elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado foram analisados quanto ao conteúdo de fibra alimentar total, devido o custo para realização desta análise, portanto, o carboidrato e valor energético total foram calculados apenas para estes dois tratamentos (Tabela 14).

O tratamento controle e o elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca não diferiram ($P > 0,05$) em relação ao valor calórico total, mas diferiram ($P \leq 0,05$) quanto ao teor de carboidratos e fibra alimentar.

Tabela 14. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação de carboidratos, fibra alimentar e valor energético total (VET) dos biscoitos controle e elaborado com 50% de substituição de farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

Componentes ¹	Nível de substituição de FT e FM por FAE ¹ (%)		C. V. ² (%)
	0 (controle)	50	
Carboidratos ³ (g 100g ⁻¹)	68,61 ^A ± 1,20 (1,75)	60,78 ^B ± 0,48 (0,79)	2,71
Fibra alimentar (g 100g ⁻¹)	1,65 ^B ± 0,61 (37,00)	5,17 ^A ± 1,54 (29,88)	17,34
VET (kcal 100g ⁻¹)	470,55 ^A ± 7,60 (1,62)	466,22 ^A ± 10,24 (2,20)	1,41

¹ Base seca.

² C. V.: coeficiente de variação obtido na análise de variância.

³ Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

O teor de carboidratos do biscoito elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado foi 11,4% menor ($P \leq 0,05$) que o biscoito controle. A adição de ingrediente fonte de fibra alimentar em produtos pode resultar na redução do teor de carboidratos do alimento. Em *cookies* elaborados com farinha de jatobá sem adição de açúcar, o conteúdo de carboidratos foi 56,9% (SILVA et al., 2001), inferior ao verificado neste trabalho para o biscoito elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado, no entanto, o biscoito elaborado neste trabalho teve adição de açúcar. Biscoitos salgados elaborados com 10%, 15% e 20% de farinha de berinjela em substituição à farinha de trigo possuíram valores de carboidratos de $62,31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, $59,40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ e $55,49 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente (PEREZ; GERMANI, 2007), sendo o teor de carboidratos do biscoito com 15% de farinha de berinjela próximo ao encontrado neste trabalho para o *cookie* elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado.

O teor de fibra alimentar encontrado no biscoito elaborado com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por de farelo de arroz extrusado foi 213,3% maior que o do biscoito controle. O teor de fibra alimentar de biscoitos elaborados com 20% de farelo de arroz extrusado foi 6,45 g 100 g⁻¹, enquanto que no biscoito controle foi 2,00 g 100 g⁻¹ (SHARMA; CHAUHAN, 2002), valores ligeiramente superiores aos verificados neste trabalho para o biscoito controle e para o biscoito elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado, ressaltando-se que o conteúdo de 6,45 g 100 g⁻¹ se refere a biscoito elaborado com apenas 20% de farelo de arroz extrusado, enquanto que o valor encontrado neste trabalho, 5,17 g 100 g⁻¹, foi referente ao elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado.

Biscoitos elaborados com 10% de farelo de arroz desengordurado apresentaram conteúdo de fibra alimentar de 3,5 g 100 g⁻¹, sendo 1,9 g 100 g⁻¹ de fibra solúvel e 1,6 g 100 g⁻¹ de fibra insolúvel, enquanto que biscoitos elaborados com 20% de farelo de trigo e 20% de farelo de cevada possuíram, respectivamente, 6,9 g 100 g⁻¹ e 9,3 g 100 g⁻¹ de fibra alimentar (SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007), valores proporcionalmente superiores aos verificados neste trabalho para os biscoitos elaborados com 50% de farelo de arroz extrusado.

Os conteúdos de fibra alimentar, assim como dos demais nutrientes, em farelo de arroz são influenciados por vários fatores como a cultivar, o grau de processamento e o conteúdo de amido no farelo de arroz (SLAVIN; LAMPE, 1992). Além disto, a extrusão pode interferir no conteúdo de fibra alimentar dos alimentos, pois além da grande variedade de análises para quantificação e caracterização de diferentes componentes da fibra, moléculas grandes podem ser rompidas durante a extrusão e serem caracterizadas como fibra solúvel, fragmentos podem se unir para formar complexos insolúveis, ou compostos da reação de Maillard podem ser computados como lignina (CAMIRE, 2001; GUALBERTO et al., 1997). Portanto, vários fatores podem estar associados ao teor de fibra alimentar no farelo de arroz extrusado ou em produtos elaborados com este farelo, o que pode justificar as diferenças encontradas neste trabalho em relação à literatura (SHARMA; CHAUHAN, 2002; SUDHA; VETRIMANI; LEELAVATHI, 2007).

A fibra alimentar tem sido amplamente reconhecida devido às suas propriedades relacionadas à promoção da saúde. Atualmente é classificada como alimento funcional por propiciar ações benéficas ao organismo como diminuição do colesterol sanguíneo, proteção contra câncer, aumento do trânsito intestinal, intervenção no metabolismo de lipídios e carboidratos e na fisiologia do trato gastrointestinal (COLLI; SARDINHA; FILISETTI, 2005; FRANK et al., 2004; COPPINI et al., 2004).

A “Ingestão Dietética de Referência” de fibra alimentar para adultos é 25-38 g dia⁻¹, sendo que homens devem ingerir maior quantidade de fibra que as mulheres (38 g dia⁻¹ e 25-26 g dia⁻¹, respectivamente) (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005). A Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (SBAN) recomenda que adultos jovens ingiram no mínimo 20 g dia⁻¹ de fibra (COLLI; SARDINHA; FILISETTI, 2005). Baseando-se na ingestão de fibra alimentar pela população brasileira, durante a década de setenta a ingestão estava próxima à recomendação, diminuindo para 80% e 62% nas décadas de oitenta e noventa, respectivamente (LAJOLO et al., 2001).

A adição de fibras em alimentos tem sido uma alternativa encontrada para compensar a deficiência existente na dieta. Devido ao aumento do interesse pela fibra, fabricantes de produtos alimentícios têm isolado fibra alimentar de diferentes fontes para adicioná-las a alimentos (IOM, 2001). A adição de farelo de arroz, produto rico em fibra, em biscoitos é uma opção para torná-los mais nutritivos, uma vez que, além do aumento do conteúdo de fibra alimentar este farelo contém compostos fitoquímicos como colina, inositol, tocoferóis, tocotrienóis e γ -orizanol (HOFFPAUER, 2005; SAUNDERS, 1990b; SOTOTUKA, 2001), que podem prevenir o efeito nocivo dos raios UV na pele, suprimir o crescimento de células cancerosas e diminuir o risco de doenças cardíacas (CARVALHO; BASSINELLO, 2006).

Chotimarkorn e Silalai (2008) observaram que a adição de farelo de arroz em massa para fritura elevou o conteúdo de tocoferóis, sendo a taxa de degradação dos tocoferóis no biscoito com farelo de arroz menor que a dos biscoitos elaborados sem farelo de arroz durante dez dias de estocagem. Verificaram também que a massa formulada com até 15% de farelo de arroz em substituição à farinha de arroz possuiu 187,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ de orizanol, composto não presente na massa frita que continha apenas farinha de arroz, evidenciando, desta forma, a presença deste composto em produtos elaborados com farelo de arroz, mesmo quando submetidos à temperatura elevada.

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), um alimento pode ser considerado como fonte de fibra quando possui um mínimo de 3 g 100 g⁻¹ de fibras para alimentos sólidos, portanto, o biscoito elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca pode ser considerado fonte de fibra alimentar.

Os biscoitos controle e com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado não diferiram ($P > 0,05$) em relação ao valor calórico total, possivelmente pelo balanceamento dos macronutrientes presentes. Bilgiçli, Ibanoglu e Herken (2007) verificaram que o valor calórico de biscoitos elaborados com ingredientes fonte de fibra alimentar é menor que o de biscoitos elaborados sem estes ingredientes. Uma

opção para maior redução do valor calórico dos biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado, formulados neste trabalho, é a diminuição na quantidade de margarina adicionada à massa, uma vez que o farelo de arroz extrusado possui elevado teor de lipídios.

5.3.4 Composição mineral do biscoito controle e do elaborado com farelo de arroz extrusado

Na Tabela 15 estão quantificados alguns minerais presentes no biscoito controle e no biscoito formulado com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.

Tabela 15. Média seguida pelo desvio-padrão e coeficiente de variação do teor de alguns minerais nos biscoitos controle e elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

Minerais ¹ (mg 100 g ⁻¹)	Nível de substituição de FT e FM por FAE (%)		C. V. ² (%)
	0 (controle)	50	
Cálcio ³	131,77 ^A ± 0,00 (0,00)	135,48 ^A ± 0,00 (0,00)	2,40
Magnésio	32,46 ^B ± 1,82 (5,62)	194,18 ^A ± 1,82 (0,94)	0,85
Potássio	173,55 ^B ± 0,00 (0,00)	503,20 ^A ± 0,00 (0,00)	1,90
Fósforo	281,83 ^B ± 0,00 (0,00)	614,32 ^A ± 0,00 (0,00)	5,38
Ferro	2,24 ^B ± 0,04 (1,63)	3,64 ^A ± 0,04 (1,00)	1,75
Zinco	0,69 ^B ± 0,04 (5,26)	1,88 ^A ± 0,04 (1,94)	0,01
Cobre	0,11 ^B ± 0,00 (0,00)	0,32 ^A ± 0,00 (0,00)	1,93
Manganês	0,69 ^B ± 0,15 (21,18)	3,39 ^A ± 0,15 (4,31)	5,31

¹ Médias em base seca

² C. V.: coeficiente de variação gerado na análise de variância.

³ Letras iguais na mesma linha não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Os teores de cálcio presentes no biscoito controle e no biscoito elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca não diferiram ($P > 0,05$). O biscoito elaborado com 50% de substituição possuiu, em relação ao biscoito controle, conteúdo significativamente maior ($P \leq 0,05$) de magnésio, potássio, fósforo, ferro, zinco, cobre e manganês.

Na Tabela 16 está ilustrada a contribuição de ingestão referente a 100 g e a uma porção de 40 g (BRASIL, 2001b), aproximadamente seis unidades (peso médio de 20 repetições: 6,80 g ± 0,51) de biscoito elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca.

Os biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado possuem alto teor de magnésio, fósforo, cobre, manganês, sendo fontes de ferro e zinco, conforme Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998), que define como alimentos com alto teor de minerais os que possuem no mínimo 30% da recomendação de ingestão diária em 100 g, e como fonte, os que possuem no mínimo 15% da recomendação diária em 100 g.

Tabela 16. Valor diário de referência para minerais em 100 g e em uma porção (40 g), aproximadamente seis unidades, de biscoito elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado.

Quantidade de biscoito	Categoria ¹	Valor diário de referência (%) ²							
		Ca ³	Mg ⁴	K ⁵	P ⁶	Fe ⁷	Zn ⁸	Cu ⁹	Mn ¹⁰
100 g	Homens	13,55	46,23	10,71	87,76	45,50	17,09	35,56	147,39
	Mulheres	13,55	62,64*	10,71	87,76	20,22	23,50	35,56	188,33
	Mulheres		60,68**						
40 g	Homens	5,42	18,49	4,28	35,10	18,20	6,84	14,22	58,96
	Mulheres	5,42	25,05*	4,28	35,10	8,09	9,40	14,22	75,33
	Mulheres		24,27**						

¹ Faixa etária de 19 a 50 anos de idade para homens e mulheres.

² Estimativa para ingestão do mineral considerando as referências nutricionais para população americana e canadense (IOM, 1997; IOM, 2000).

³ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens e mulheres 1.000 mg dia⁻¹.

⁴ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens 420 mg/dia e para mulheres, de 19-30* anos, 310 mg dia⁻¹, e de 31-50** anos, 320 mg dia⁻¹.

⁵ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens e mulheres 4.700 mg dia⁻¹.

⁶ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens e mulheres 700 mg dia⁻¹.

⁷ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens 8 mg dia⁻¹ e para mulheres 18 mg dia⁻¹.

⁸ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens 11 mg dia⁻¹ e para mulheres 8 mg dia⁻¹.

⁹ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens e mulheres 0,9 mg dia⁻¹.

¹⁰ RDA: doses recomendadas de nutrientes, para homens 2,3 mg dia⁻¹ e para mulheres 1,8 mg dia⁻¹.

Uma porção de 40 g de biscoito formulado com 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca fornece mais de 10% da recomendação diária de magnésio, fósforo, ferro (para homens), cobre e manganês em relação ao biscoito controle, formulado sem farelo de arroz. A contribuição quanto a ingestão de zinco pelas mulheres está próxima a 10% (IOM, 1997; IOM, 2000). Contribuições significativas, visto que a ingestão de magnésio, ferro e zinco por grande parte da população brasileira está abaixo da recomendação, e a de cobre, se encontra no limite (COZZOLINO, 2007). O consumo de biscoitos com 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado contribui para a adequação de ingestão de magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês.

5.3.5 Avaliação microbiológica dos biscoitos controle e elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado

O biscoito controle e o elaborado com 50% substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado apresentaram conformidade quanto aos padrões microbiológicos sanitários para alimentos exigidos pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001a) (Tabela 17).

Tabela 17. Avaliação microbiológica do biscoito controle e do elaborado com 50% de substituição da farinha de trigo (FT) e fécula de mandioca (FM) por farelo de arroz extrusado (FAE).

Nível de substituição de FT e FM por FAE	Coliformes a 45°C g ⁻¹ (UFC g ⁻¹)		Estafilococos coagulase positiva (UFC g ⁻¹)		<i>Salmonella</i> sp 25g ⁻¹ de farelo	
	Resultado encontrado	VMP ¹	Resultado encontrado	VMP ¹	Resultado encontrado	VMP ¹
0,0	< 10	1,0 x 10	< 100	5,0 x 10 ²	Ausência	Ausência
50,0	< 10	1,0 x 10	< 100	5,0 x 10 ²	Ausência	Ausência

¹ VMP: valor máximo permitido segundo Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001a).

A presença de coliformes e de Estafilococos coagulase representa falta de qualidade sanitária durante o processamento de alimentos. Estafilococos coagulase é uma bactéria presente em tecidos animais, sendo um maior número encontrado próximo a aberturas do corpo e superfícies da pele. As suas enterotoxinas podem provocar gastroenterite estafilocócica se ingerida, no entanto, esta bactéria é altamente vulnerável ao tratamento térmico (processo de cocção, forneamento, etc) e agentes sanitizantes. A *Salmonella* sp. é uma bactéria patogênica que habita primariamente o trato intestinal de animais, podendo ser transmitidas aos alimentos ou à água por insetos ou outro organismos (BENNETT; LANCETTE, 2001; FENG; WEAGANT; GRANT, 2002; JAY, 2000).

Baseando-se nos resultados encontrados para o biscoito elaborado com 50% de farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca, teor máximo de farelo utilizado, supõe-se que os demais biscoitos formulados (12,5%, 25,0% e 37,5% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado), com menores quantidades de farelo de arroz extrusado, também atendem a exigência da legislação. Portanto, todos os biscoitos analisados apresentaram conformidade quanto à Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001a).

5.4.6 Custo de ingredientes substituídos para produção de biscoitos

Com exceção da farinha de trigo, fécula de mandioca e farelo de arroz extrusado, a quantidade dos demais ingredientes utilizados na elaboração dos biscoitos foi constante. O custo relativo a um quilograma dos ingredientes variantes, obtido no comércio atacadista da cidade de Goiânia - GO no dia 29 de agosto de 2008 foi: R\$ 1,90 para a farinha de trigo, R\$ 1,40 para a fécula de mandioca e R\$ 0,40 para o farelo de arroz cru. O valor do farelo de arroz cru corresponde a 21,0% do preço da farinha de trigo e 28,6% do preço da fécula de mandioca.

Para elaboração de uma batelada de biscoito controle, que utilizou 1 kg de farinha de trigo e 0,5 kg de fécula de mandioca, o custo destes ingredientes foi de R\$ 2,60. O biscoito com 50% de substituição de farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz, utilizou 500 g de farinha de trigo, 250 g de fécula de mandioca e 750 g de farelo de arroz. Portanto, o custo destes ingredientes para a elaboração do biscoito com 50% de farelo de arroz foi R\$ 1,60, ou seja, 61,5% menor que o custo dos ingredientes variáveis utilizados no biscoito controle, percentual de redução bastante significativo quando se considera a escala industrial.

Todavia, este percentual de redução não considera o custo referente à extrusão do farelo de arroz cru (processo que demanda alto investimento inicial) e outros custos industriais, como os demais ingredientes, mão-de-obra, equipamentos e embalagens. Portanto, apesar da análise econômica parcial, supõe-se que a utilização de farelo de arroz em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca na elaboração de biscoitos tipo *cookie* reduz consideravelmente o custo de produção, beneficiando a indústria que pode ofertar um produto de menor custo agregado e de melhor qualidade sensorial, nutricional e microbiológica e, conseqüentemente, o consumidor.

6 CONCLUSÕES

Os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado possuem alto valor nutritivo, sendo fontes de proteínas, lipídios, fibra alimentar e minerais.

O farelo de arroz parboilizado possui maior conteúdo de proteínas, lipídios e fibra alimentar que os farelos de arroz cru e extrusado.

A extrusão aumenta o teor de ferro, enquanto a parboilização aumenta o teor de zinco nos farelos de arroz.

Os farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado, apresentam padrões microbiológicos aceitáveis quanto a coliformes a 45 °C, *Bacillus cereus* e *Salmonella* sp.

O processo de extrusão diminui o número de colônias de *Aspergillus* sp. no farelo de arroz.

A extrusão e a parboilização são eficientes para inativação da lipase, o que conseqüentemente causa uma menor concentração de ácidos graxos livres ao longo do armazenamento, sugerindo que estes tratamentos são efetivos para a prevenção da rancificação hidrolítica em farelos de arroz extrusado e parboilizado armazenados à temperatura ambiente.

A extrusão e parboilização favorecem a formação de peróxidos ao longo do período de armazenamento, uma vez que o tratamento térmico acelera a oxidação na presença de oxigênio.

A utilização de embalagem permeável ao oxigênio e à luz não é adequada para o armazenamento de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado à temperatura ambiente.

A embalagem de polietileno de baixa densidade, com 15 µm de espessura, não resiste ao ataque de insetos, sendo detectados ovos e larvas de insetos a partir de cento e vinte dias de armazenamento à temperatura ambiente.

O farelo de arroz extrusado embalado em filme de polietileno de baixa densidade (15 µm de espessura) e armazenado à temperatura ambiente por até noventa dias pode ser utilizado em *cookies* sem afetar o odor e gosto destes.

Cookies elaborados com até 50% de substituição da farinha de trigo e fécula de mandioca por farelo de arroz extrusado possuem boa aceitabilidade quanto à aparência, textura e sabor.

O consumo de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado pode garantir ao consumidor um alimento de qualidade sensorial, nutricional, funcional e microbiológica.

A utilização de farelo de arroz extrusado na elaboração de biscoitos é uma alternativa viável para diminuição de custos na indústria e oferta de alimentos mais acessível ao consumidor de baixa renda.

Novas pesquisas são necessárias para viabilizar ainda mais a utilização do farelo de arroz na alimentação humana, como aspectos relacionados à melhor conservação do farelo de arroz (embalagem, condições de obtenção e armazenamento) e avaliação biológica dos seus nutrientes e compostos funcionais.

REFERÊNCIAS

- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. APHA: Washington. 2001. 676 p.
- ABDUL-HAMID, A.; SULAIMAN, R. R. R.; OSMAN, A.; SAARI, N. Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions stabilized by microwave heating. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 7, p. 627-637, 2007.
- ABDUL-HAMID, A.; LUAN, Y. S. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry**, London, v. 68, n. 1, p. 15-19, 2000.
- ALENCAR, M. L. C. B. B.; ALVARENGA, M. G. Farelo de arroz: composição química e seu potencial como alimento. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 95-108, 1991.
- AMISSAH, J. G. N.; ELLES, W. O.; ODURO, I.; MANFUL, J. T. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana. **Food Control**, Guildford, v. 14, n. 1, p. 21-24, 2003.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC**. 16. ed. Washington: AOAC, 1995.
- AOAC INTERNATIONAL. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- AOCS. AMERICAN OIL OF CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of AOCS**. Champaign: AOCS, 1991.
- ARAÚJO, J. M. A. Oxidação de lipídios em alimentos. In: _____. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. cap. 1. p. 1-64.
- ARSHAD, M. U.; ANJUM, F. M.; ZAHOR, T. Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 1, p. 123-128, 2007.
- BARBOSA, C. O.; LOPES, I. B. M.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Conteúdo de minerais dos ingredientes e da multimistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 916-920, 2006.
- BASSINELLO, P. Z.; NAVES, M. M. V. Bioquímica e saúde humana. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 2. p. 31-51.
- BENNETT, R. W.; LANCETTE, G. A. *Staphylococcus aureus*. In: JACKSON, G. J.; MERKER, R. I.; BANDLER, R. **Bacteriological Analytical Manual Online**. 8. ed. cap. 12, 2001. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-12.html>>. Acesso em: 06 jul. 2008.

BHARDWAJ, K.; RAJU, A.; RAJASEKHARAN, R. Identification, purification, and characterization of a thermally stable lipase from rice bran: a new member of the (phospho) lipase family. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 127, n. 4, p. 1728-1738, 2001.

BHATTACHARYA, S. Kinetics on colour changes in rice due to parboiling. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 29, n. 1, p. 99-106, 1996.

BILGIÇLI, N.; IBANOGLU, S.; HERKEN, E. N. Effect of dietary addition on the selected nutritional properties of cookies. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 78, n. 1, p. 86-89, 2007.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOOTH, G. **Snack food**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. p. 3-70.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 01 de janeiro de 2001(a)**. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 39, de 21 de março de 2001(b)**. Aprova a tabela de valores de referência para porções de alimentos e bebidas embalados para fins de rotulagem nutricional. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=144>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005(a)**. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18829&word=>>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005(b)**. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constante do anexo desta resolução. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18822&word=>>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

CAMIRE, M. E. Extrusion and nutritional quality. In: GUY, R. **Extrusion cooking: technologies and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2001. cap. 6. p. 108-129.

CAMIRE, M. E.; ZHAO, J.; VIOLETTE, D. A. In vitro binding of bile acids by extruded potato peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 12, p. 2391-2394, 1993.

CARVALHO, J. L. V.; BASSINELLO, P. Z. Aproveitamento industrial. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 24. p. 1007-1042.

CARVALHO, C. W. P.; CRUZ, R.; SOARES, N. F. F. Efeito de farelo de arroz tratado termicamente na vida de prateleira de biscoitos tipo amanteigado. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 221-232, 1996.

CARVALHO, H. H.; JONG, E. V. **Alimentos: métodos físicos e químicos de análise**. Porto Alegre: UFRS, 2002. 184 p.

CHAVAN, J. K.; KADAN, S. S. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with nonwheat flours. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 33, n. 3, p. 189-226, 1993.

CHANG, Y. K.; SILVA, M. R.; GUTKOSKI, L. C.; SEBIO, L.; SILVA, M. A. A. P. Development of extruded snacks using jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart) flour and cassava starch blends. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 78, n. 1, p. 59-66, 1998.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 1. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2001. 212 p.

CHOTIMARKORN, C.; SILALAI, N. Oxidative stability of fried dough from rice flour containing rice bran powder during storage. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 41, n. 4, p. 561-568, 2008.

COLLI, C.; SARDINHA, F.; FILISETTI, T. M. C. C. Alimentos funcionais. In.: CUPPARI, L. **Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto**. 2. ed. Barueri: Manole, 2005. cap. 5, p. 71-87.

COMARELLA, C. G.; BRUM, F. B.; PATIAS, L. D.; SILVA, L. P.; FAGUNDES, C. A. A. Composição mineral de cultivares de arroz submetidos a diferentes processos de beneficiamento. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO E XXVI REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Orium, 2005. p. 329-331.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: décimo levantamento - julho 2008**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2008.

COPPINI, L. Z.; WAITZBERG, D. L.; CAMPOS, F. G.; HABR-GAMA, A. Fibras alimentares e ácidos graxos de cadeia curta. In.: WAITZBERG, D. L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2004. v. 1, cap. 5, p. 79-94.

COULTATE, T. P. Lipídio. In:_____. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, cap. 4. p. 63-100.

COZZOLINO, S. M. F. Deficiências de minerais. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 60, p. 119-126, 2007.

DAS, M.; BANERJEE, R.; BAL, S. Evaluation of physicochemical properties of enzyme treated brown rice. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 41, n. 10, p. 2092-2096, 2008.

DELAHAYE, E. P.; JIMÉNEZ, P.; PÉREZ, E. Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. **Journal Food of Engineering**, Essex, v. 68, n. 1, p. 1-7, 2005.

DELAHAYE, E. P.; PENA, J. Efecto del salvado de arroz sobre parámetros químicos, físicos y sensoriales de arepas precocidas y congeladas. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v. 23, n. 2, p. 234-245, 2006.

DIAS, L. C. G. D.; REYES, F.; CAMARGO, J. L. V.; RODRIGUES, M. A. M. Conteúdo de celulose, hemicelulose e lignina no farelo de arroz fresco. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 62-70, 1994.

DILKIN, P.; MALLMANN, C. A.; SANTURIO, J. M.; HICKMANN, J. L. Macroscopic classification, identification of fungal microbiota and aflatoxins production in corn hybrids. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 137-141, 2000.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Boletim Eletrônico da Embrapa Arroz e Feijão**. Santo Antônio de Goiás, v. 3, n. 33, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/jornal/>>. Acesso em: 24 nov. 2006.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídios. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Rocca, 2005, cap. 3, p. 35-71.

FAO. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **International year of rice**. 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/rice2004/en/rice-us.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2006.

FAO. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Economic and Social Department: the statistic division**. 2005. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=es& item=27&year=2005>>. Acesso em: 14 jun. 2008.

FAOSTAT. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **Estatísticas sobre seguridad alimentaria – Brasil**. 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/es/ess/faostat/foodsecurity/Countries/SP/Brazil_s.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2008.

FARIAS, A. X.; ROBBS, C. F.; BITTENCOURT, A. M.; ANDERSEN, P. M.; CORREA, T. B. S. Contaminação endógena por *Aspergillus* spp. em milho pós-colheita no estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 617-621, 2000.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S., NETTO-OLIVEIRA, E. D. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 787-792, 2007.

FEDDERN, V.; FURLONG, E. B.; SOARES, L. A. S. Efeitos da fermentação nas propriedades físico-químicas e nutricionais do farelo de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 800-804, 2007.

FELLOWS, P. J. Propriedades dos alimentos e teoria do processamento. In: _____. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed. Porto alegre: Artmed, 2006. cap. 1. p. 25-74.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 1 ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1152p.

FENG, P.; WEAGANT, S. D.; GRANT, M. A. Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform Bacteria. JACKSON, G. J.; MERKER, R. I.; BANDLER, R. **Bacteriological analytical manual online**. 8. ed. cap. 4, 2002. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-4.html>>. Acesso em 06 jul. 2008.

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

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, E. Fauna prejudicial. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 14. p. 485-560.

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61 p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2003. 182 p.

FRANK, A. A.; SOARES, E. A.; FERNANDES, A. S.; SANTINOMI, E. Carboidratos e fibras alimentares In.: FRANK, A. A.; SOARES, E. A. **Nutrição no envelhecer**. São Paulo: Atheneu, 2004. cap. 3, p. 45-71.

GALDEANO, M. C.; GROSSMANN, M. V. E. Oat hulls treated with alkaline hydrogen peroxide associated with extrusion as fiber source in cookies. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 123-126, 2006.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Manual de Entomologia Agrícola. Agrônômica**. São Paulo: CERES, 1978a. p. 476.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B. **Manual de Entomologia Agrícola. Agrônômica**. São Paulo: CERES, 1978b. p. 488.

GIAMI, S. Y.; ACHINEWHU, S. C.; IBAAKEE, C. The quality and sensory attributes of cookies supplemented with fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis Hook*) seed flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, n. 40, v. 6, p. 613-620, 2005.

GLUSHENKOVA, A. I.; UL'CHENKO, N. T.; TALIPOVA, M.; MUKHAMEDOVA, KH. S.; BEKKER, N. P.; TOLIBAEV L. Lipids of rice bran. **Chemistry of Natural Compounds**, New York, v. 34, n. 3, p. 275-277, 1998.

GOFFMAN, F. D.; BERGMAN, C. Hydrolytic degradation of triacylglycerols and changes in fatty acid composition in rice bran during storage. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 80, n. 4, p. 459-461, 2003a.

GOFFMAN, F. D.; BERGMAN, C. Relationship between hydrolytic rancidity, oil concentration, and esterase activity in rice bran. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 80, n. 6, p. 689-692, 2003b.

GUALBERTO, D. G.; BERGMAN, C. J.; KAZEMZADEH, M.; WEBER, C. W. Effects of extrusion processing on the soluble and insoluble, and phytic acid contents of cereal brans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 51, n. 3, p. 187-198, 1997.

GUTKOSKI, L. C.; EL-DASH, A. A. Efeito do cozimento por extrusão na estabilidade oxidativa de produtos de moagem de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 119-127, 1999.

GUTKOSKI, L. C.; IANISKI F.; DAMO, T. V.; PEDÓ, I. Biscoitos de aveia tipo cookie enriquecidos com concentrado de β -glicanas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 104-110, 2007.

HAMILTON, R. J. The chemistry of rancidity in foods. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in foods**. 3. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1994. cap. 1, p. 1-21.

HAMMOND, N. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. **American Cereal Chemists**, Saint Paul, v. 39, n. 10, p. 752-754, 1994.

HARPER, J. M. Food extrusion. **Critical Review in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 11, n. 2, p. 155-215, 1979.

HOFFPAUER, D. W. New applications for whole rice bran. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 50, n. 4, p. 173-174, 2005.

HUDSON, B. J. F.; GORDON, M. H. Evaluation of oxidative rancidity techniques. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in foods**. 3. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1994. cap. 3, p. 54-67.

INFO COMM (a). **Market information in the commodities areas**. Disponível em: <<http://r0.unctad.org/infocomm/anglais/rice/characteristics.htm>>. Acesso: 14 jun. 2008.

INFO COMM (b). **Información de mercado sobre productos básicos**. Disponível em: <<http://r0.unctad.org/infocomm/espanol/arroz/descripc.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2008.

INMET. Instituto Nacional de Metrologia. **Climanálise Boletim**. Brasília, v. 21, n. 8, 2006. Disponível em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/index0806.shtml>. Acesso em 10 ago 2008.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D, and fluoride**. Washington: National Academy Press, 1997. 448 p.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc**. Washington: National Academy Press, 2000. 800 p.

IOM. INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: proposed definition of dietary fiber**. Washington: National Academy Press, 2001. 74 p.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. 711 p.

JOSAPAR, 2004. Disponível em: <http://www.josapar.com.br/>. Acesso: 30 jul 2008.

KWON, D. Y.; RHEE, J. S. A simple and rapid colorimetric method for determination of free fatty acids for lipase assay. **Journal American Oil Chemistry Society**, Chicago, v. 63, p. 89-92, 1986.

LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnologia y salud**. Varela: São Paulo, 2001, 469p.

LANNA, A. C.; FERREIRA, C. M.; BARRIGOSI, J. A. F. **Impacto ambiental e econômico da cultura de arroz de terras altas: caso da cultivar BRS Primavera**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2003. (Comunicado Técnico, 58). 4p. Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/comunicadotec/comt_58.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2008.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATURO, R. A.; 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. 459-464, 2006.

LEORO, M. G. V. **Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. 2003. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 2007.

LESS, R. **Manual de análise de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1979. 326p.

LIAVONCHANKA, A.; FEUSSNER, I. Lipoxygenases: occurrence, functions and catalysis. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 163, n. 3, p. 348-357, 2006.

LIMA, C. A. P.; ORSI, R. B.; DILKIN, P.; CORRÊA, B. Mycoflora and aflatoxigenic species in derivatives of milled rice. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 37-39, 2000.

LLOYD, B. J.; SIEBENMORGEN, T. J.; BEERS, K. W. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 77, n. 5, p. 551-555, 2000.

LUH, B. S.; BARBER, S.; BARBER, C. B. Rice bran: chemistry and technology. In: LUH, B. S. **Rice: utilization**. 2. ed. New York, 1991. cap. 14. p. 314-362.

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

MALEKIAN, F.; RAO, R. M.; PRINYAWIWATKUL, W.; MARSHALL, W. E.; WINDHAUSER, M.; AHMEDNA, M. Lipase and lipoxygenase activity, functionality, and nutrient losses in rice bran during storage. **Bulletin of the Louisiana Agricultural Experiment Station**, Baton Rouge, n. 870, 2000, 69 p.

MÁRCIA, B. A.; LÁZZARI, F. A. Monitoramento de fungos em milho em grão, grits e fubá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 363-367, 1998.

MEILGAAR, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1999. 387 p.

MENDES, M. T. **União de chapas galvanizadas através de brasagem por processo “migrating”**. 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MICROSOFT EXCEL FOR WINDOWS (Release 7.0). Microsoft, Inc. Cary, NC, USA, 2003.

MINOTO, E.; BERNARDI, E.; DONINI, L. P.; NASCIMENTO, J. S. Fungos associados a rações destinadas à alimentação de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) em criatório experimental da Embrapa Terras Baixas, Pelotas, RS. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 103-108, 2008.

NUNES, G. S.; GOMES, J. C.; CRUZ, R.; COELHO, D. T. Estabilização do farelo de arroz por tratamento térmico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 3 e 4, p. 583-591, 1991.

OLIVEIRA, M. G. C.; RINALDI, M. M.; BASSINELLO, P. Z. Viabilização do farelo de arroz como ingrediente nutricional de produtos alimentícios. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEG, 4., 2006, Anápolis. **Anais...** Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2006. p. 172-177. Disponível em: <http://www.prp.ueg.br/06v1/ctd/pesq/inic_cien/eventos/sic2006/arquivos/agrarias/viabilizac_ao_farelo.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2008.

PALOMAR, L. S.; GALVEZ, F. C. F.; RESURRECCION, A. V. A.; BEUCHAT, L. R. Optimization of a peanut-sweet potato cookie formulation. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 27, n. 4, p. 314-318, 1994.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2007.

QURESHI, A. A.; SAMI, S. A.; KHAN, F. A. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus type I e II. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v. 13, n. 3, p 175-187, 2002.

RAMEZANZADEH, F. M.; RAO, R. M.; WINDHAUSER, M.; PRINYAWIWATKUL, W.; MARSHALL, W. E. Prevention of oxidative rancidity in rice bran during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 8, p. 2997-3000, 1999.

RHODEHAMEL, E. J.; HARMON, S. M. *Bacillus cereus*. In: JACKSON, G. J.; MERKER, R. I.; BANDLER, R. **Bacteriological analytical manual online**. 8. ed. cap. 14, 2001. Disponível em: <<http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-14.html#authors>>. Acesso em: 06 jul. 2008.

RIAZ, M. N. Introduction to extruders and their principles. In:____. **Extruders in food applications**. Boca Raton: CRC Press, 1994. cap. 1. p. 1-23.

ROBINSON, D. S.; WU, Z.; DOMONEY, C.; CASEY, R. Lipoxygenases and the quality of foods. **Food Chemistry**, London, v. 54, n. 1, p. 33-43, 1995.

RODRIGUES, M. A. A.; LOPES, G. S.; FRANÇA, A. S.; MOTTA, S. Desenvolvimento de formulações de biscoitos tipo *cookie* contendo café. **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 162-169, 2007.

ROKEY, G. J. Single-screw extruders. In: RIAZ, M. N. **Extruders in food applications**. Boca Raton: CRC Press, 1994. cap. 2. p. 25-50.

ROSSELL, J. B. Measurement of rancidity. In: ALLEN, J. C.; HAMILTON, R. J. **Rancidity in foods**. 3. ed. London: Blackie Academic & Professional, 1994. cap. 2, p. 22-53.

RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARINI, L. J.; ELIAS, M. C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1715-1722, 2004.

SANT'ANA, L. F. R.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; GOMES, M. R. A. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 129-135, 2000.

SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System. Sistem for Windows 8.0 – Release 9.1.3. **SAS Institute, Inc.** Cary, 2002.

- SAUNDERS, R. M. Rice bran: composition and potential food uses. **Food Reviews International**, New York, v. 3, n. 1, p. 465-495, 1985-86.
- SAUNDERS, R. M. Stabilized rice bran: a new world food resource. **Newsletter / International Rice Commission**, Roma, v. 39, p. 179-183, 1990a.
- SAUNDERS, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 35, n. 7, p. 632-636, 1990b.
- SHARMA, H. R.; CHAUHAN, G. S. Effects of stabilized rice bran – fenugreek blends on the quality of breads and cookies. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 39, n. 3, p. 225-233, 2002.
- SILVA, J. A. **Tópicos da Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000. 227 p.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2.ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 317 p.
- SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.
- SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 75, n. 4, p. 487-491, 2006.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. S. MARTINS, K. A.; BORGES, S. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 176-182, 2001.
- SLAVIN, J. L.; LAMPE, J. W. Health benefits of rice bran in human nutrition. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 37, n. 10, p. 760-763, 1992.
- SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; TORRES, M. C. L.; ROSÂNGELA VERA, R.; TEIXEIRA, J. S.; ALVES, L. C. Qualidade de biscoitos formulados com diferentes teores de farinha de amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 51-56, 2007.
- SOTOTUKA, C. M. K. **Farelo de arroz como fonte de antioxidantes**. 2001. 39f. Monografia (Especialização em Terapia Ortomolecular, Nutrição Celular e Longevidade) – Instituto Brasileiro de Estudos Homeopáticos, Faculdade de Ciências da Saúde de São Paulo, São Paulo, 2001.
- SUDHA; M. L.; VETRIMANI, R.; LEELAVATHI, K. Influence of fiber from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 4, p. 1365-1370, 2007.

TUROWSKI, M.; DESHMUKH, B.; HARFMANN, R.; CONKLIN, J.; LYNC, S. A method for determination of soluble dietary fiber in methylcellulose and hydroxypropyl methylcellulose food gums. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p. 420–429, 2007.

VIEIRA, N. R. A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade Tecnológica. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT´ANA, E. P. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. cap. 21, p. 582-604.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. cap. 23. p. 869-900.

VILAS BOAS, E. V. B. **Alimentos e Nutrientes**. Lavras: UFLA, FAEPE, 1999. 74p.