

**GERSON LUIS FACCIN**

**ESTABILIDADE E PROPRIEDADES SENSORIAIS DA  
BEBIDA DE FARELO DE ARROZ PARBOLIZADO  
ORGÂNICO E OS EFEITOS DE SEU  
CONSUMO EM RATOS**

**FLORIANÓPOLIS, SC**

**2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS**

**Gerson Luis Faccin**

**ESTABILIDADE E PROPRIEDADES SENSORIAIS DA  
BEBIDA DE FARELO DE ARROZ PARBOLIZADO  
ORGÂNICO E OS EFEITOS DE SEU  
CONSUMO EM RATOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência dos Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito final  
à obtenção do título de Doutor em Ciência dos Alimentos.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Edna Regina Amante

Florianópolis - SC

2009

## **AGRADECIMENTOS**

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto de pesquisa e de vida, e em especial:

À minha orientadora professora Edna Regina Amante, pelos anos de sofrimento e alegrias, de dedicação e de eterno incentivo para que essa Tese se tornasse realidade;

À professora Vera Tramonte que foi a grande responsável pelo início deste objetivo de realização pessoal e profissional, colaborando de todas as formas possíveis;

Às professoras do Departamento de Nutrição, Sandra e Beth, por valiosos momentos de auxílio e co-orientação.

À minha esposa Márcia pelo carinho, paciência e dedicação de esposa e mulher, durante todos esses anos de minha quase ausência;

À minha filhinha Nativa que sempre esteve presente de todas as formas, ou pessoalmente ou em pensamento me dando muita energia para continuar;

Aos familiares, Pai, Mãe, Irmãos, Sogros, pelo apoio e carinho oferecidos;

À COOPERSULCA pelo fornecimento das amostras de farelo de arroz utilizadas nesta pesquisa;

FACCIN, G. L. **Estabilidade e propriedades sensoriais da bebida de farelo de arroz parbolizado orgânico e os efeitos de seu consumo em ratos**. 2009. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

O farelo de arroz estabilizado é um subproduto do beneficiamento dos grãos de arroz. O uso deste farelo vem crescendo no País devido ao seu valor nutricional e benefícios à saúde. Com o objetivo de oferecer alternativas para o consumo do farelo de arroz, foi elaborada uma bebida de extrato deste farelo em dois diferentes sabores. A bebida foi tratada termicamente e avaliada quanto à composição química, estabilidade e propriedades sensoriais, parâmetros de qualidade pertinentes ao novo produto. Os parâmetros para avaliar a vida de prateleira foram acidez titulável, pH e reologia. Foi realizado um ensaio biológico com ratos, para avaliar os efeitos do seu consumo no colesterol total e glicose e outro ensaio biológico para determinar o comportamento de ratos no nado forçado e no labirinto em cruz elevado com determinação de ACTH plasmático, além do efeito desta bebida na absorção de cálcio em ratos. A análise da composição nutricional mostrou um produto rico em ácidos graxos insaturados e minerais, especialmente, fósforo, potássio, manganês e magnésio. A reologia mostrou que a bebida obtida com este farelo estabilizado conservou-se por 20 dias sob refrigeração. A análise sensorial indicou que a bebida de farelo de arroz foi aceita dentro das formulações estabelecidas. Foi verificado que, em ratos, a bebida de farelo de arroz não apresentou efeito significativo ( $p > 0,05$ ) sobre o colesterol, mas apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) na redução da glicose sanguínea. Os animais que consumiram a bebida apresentaram um perfil de efeito ansiolítico e os valores de ACTH não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). Não houve efeito negativo na absorção de cálcio.

Palavras chave: arroz, bebida, composição, farelo de arroz, reologia, sensorial.

FACCIN, G. L. **Stability and sensorial properties of the parboiled organic rice bran beverage and the effects of the consume on rats.** 2009.

### **ABSTRACT**

The stabilized rice bran is a byproduct of processing grain of rice. Use of this meal is growing in the country because of its nutritional value and health benefits. Aiming to offer alternatives to the consumption of rice bran, was prepared for a drink of this bran extract in two different flavors. The drink was treated and evaluated as to the chemical composition, stability and sensory properties, the quality parameters relevant to the new product. The parameters to evaluate the shelf-life were acidity, pH and rheology. An assay was conducted with rats to evaluate the effects of its consumption in total cholesterol and glucose and other biological test to determine the behavior of rats in the forced swim and in the plus maze with determination of plasma ACTH, in addition to the effect of this drink in the absorption of calcium in rats. The analysis of the nutritional composition showed a product rich in unsaturated fatty acids and minerals, especially phosphorus, potassium, manganese and magnesium. The rheology showed that the drinks with the meal stabilized lasted 20 days under refrigeration. The sensory analysis indicated that the drink of rice bran was accepted into the formulations established. It was found that in rats, the drink of rice bran showed no significant effect ( $p > 0.05$ ) on cholesterol, but significant effect ( $p < 0.05$ ) in reducing blood glucose. The animals that consumed the drink had a profile of anxiolytic effect and the values of ACTH showed no significant differences ( $p > 0.05$ ). There was no negative effect on the absorption of calcium.

Key words: rice, beverage, composition, rice bran, rheology, sensory.

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO DA LITERATURA

**Figura 1** Moeda japonesa de cinco *yens*. 17

### CAPÍTULO 1

**Figura 1** Bebida de farelo de arroz sabor chocolate e morango. 85

**Figura 2** pH e acidez titulável durante o armazenamento refrigerado da bebida de farelo de arroz sabor morango sem tratamento térmico (Mo0), tratada termicamente por quinze minutos (Mo15) e por trinta minutos (Mo30). 97

**Figura 3** pH e acidez titulável durante o armazenamento refrigerado da bebida de farelo de arroz sabor chocolate sem tratamento térmico (Cho0), tratada termicamente por quinze minutos (Cho15) e por trinta minutos (Cho30) 98

**Figura 4** Mudanças na viscosidade da bebida de farelo de arroz durante o aquecimento. 99

**Figura 5** Viscosidade da bebida de farelo de arroz durante o resfriamento. 100

**Figura 6** Comportamento Newtoniano da bebida de farelo de arroz tratada termicamente. 101

**Figura 7** Viscosidade durante o armazenamento sob refrigeração (4° C) para as bebidas de farelo de arroz sabores morango e chocolate, sem tratamento térmico (Mo0 e Cho0); tratadas termicamente por quinze minutos (Mo15, Cho15); tratadas termicamente por trinta minutos (Mo30, Cho 30). 102

**Figura 8** Teste de preferência da bebida de farelo de arroz sabor chocolate. 105

**Figura 9** Teste de preferência da bebida de farelo de arroz sabor morango. 105

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 1</b> Consumo médio semanal de ração (gramas) e água (mililitros) nos grupos controle e bebida de farelo de arroz (média ± dp).	123
<b>Figura 2</b> Variação média de peso semanal dos animais dos grupos controle e bebida de farelo de arroz durante 28 dias.	124
<b>Figura 3</b> Valores médios de colesterol e glicose iniciais e finais em mg/dL no sangue dos animais.	125
<b>Figura 4</b> Valores médios do peso dos fêmures direito dos ratos dos Grupos controle e farelo em miligramas, ao término do experimento.	128
<b>Figura 5</b> Concentração média de cálcio nos fêmures direito dos ratos controle e farelo, em miligramas, ao término do experimento.	128
 <b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>Figura 1</b> Labirinto em cruz elevado – LCE / Plus-Maze.	147
<b>Figura 2</b> Tempo médio de permanência dos ratos nos braços abertos do LCE em relação ao tempo total, em percentagem.	149
<b>Figura 3</b> Frequência de permanência dos ratos nos braços abertos do LCE em relação à frequência total, em percentagem.	150
<b>Figura 4</b> Número médio de entrada dos ratos nos braços fechados do LCE.	150
<b>Figura 5</b> Tempo médio, em segundos, de imobilidade dos ratos dos diferentes grupos, durante os 5 minutos de nado forçado.	150

## LISTA DE TABELAS

### REVISÃO DA LITERATURA

<b>Tabela 1</b> Composição química e valores de energia do subproduto do beneficiamento do arroz – farelo	22
---	----

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1</b> Características das amostras de bebida de farelo de arroz sabor morango e chocolate	85
<b>Tabela 2</b> Composição centesimal da bebida de farelo de arroz	90
<b>Tabela 3</b> Comparação nutricional básica entre várias bebidas nutritivas e as bebidas de farelo de arroz sabores chocolate e morango	92
<b>Tabela 4</b> Ácidos graxos no farelo e na bebida de farelo de arroz	93
<b>Tabela 5</b> Aminoácidos no farelo de arroz e na bebida de farelo de arroz	94
<b>Tabela 6</b> Contagem de bactérias aeróbicas mesofílicas, fungos e leveduras na bebida de farelo de arroz sabores chocolate e morango, nos tempos inicial e final de armazenamento, tratada termicamente e não tratada termicamente	96

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1</b> Conteúdo mineral no farelo e na bebida de farelo de arroz e Ingestão Diária Recomendada (IDR) para homens e mulheres com idade de 30 anos	122
<b>Tabela 2</b> Consumo médio semanal da bebida de farelo de arroz em mililitros (média±dp)	124

### CAPÍTULO 3

<b>Tabela 1</b> Consumo médio semanal de ração (gramas) dos grupos controle, bebida de farelo de arroz sabor morango e sabor chocolate, durante as 4 semanas do ensaio experimental	148
<b>Tabela 2</b> Variação média de peso (gramas) dos ratos dos grupos controle, bebida de farelo de arroz sabor morango e sabor chocolate, durante as 4 semanas do ensaio experimental	148

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 Farelo de arroz.....	16
2.2 Efeitos fisiológicos do consumo do farelo de arroz.....	24
2.2.1 Ação antioxidante do farelo de arroz.....	29
2.2.2 Ação do farelo de arroz no sistema imune sobre o câncer.....	33
2.3 Ácido fítico.....	37
2.4 Análise sensorial.....	39
2.5 Vida de prateleira.....	41
2.6 Alimentos funcionais.....	44
2.7 Farelo de arroz e possíveis efeitos no estresse.....	52
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
CAPÍTULO 1.....	77
Propriedades nutricionais, sensoriais e reológicas de uma nova bebida.....	77
de farelo de arroz orgânico.....	77
RESUMO.....	78
ABSTRACT.....	79
1 INTRODUÇÃO.....	80
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	84
2.1 Farelo de arroz.....	84
2.2 Preparo da bebida.....	84
2.3 Acidez e viscosidade no produto durante a estocagem sob refrigeração.....	86
2.4 Avaliação microbiológica.....	86
2.5 Determinação da composição centesimal.....	87
2.6 Análises de aminoácidos e ácidos graxos.....	88
2.7 Análise sensorial.....	88
2.8 Análise estatística.....	89
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
3.1 Composição da bebida de farelo de arroz.....	90
3.2 Efeito do tratamento térmico na bebida de farelo de arroz.....	95
3.3 Preferência sensorial da bebida de farelo de arroz.....	104
4 CONCLUSÕES.....	107
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
CAPÍTULO 2.....	113
Efeito do consumo da bebida de farelo de arroz no colesterol e glicose sanguíneos de animais e na biodisponibilidade de cálcio.....	113

RESUMO.....	114
ABSTRACT .....	115
1 INTRODUÇÃO.....	116
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	119
2.1 Material.....	119
2.2 Determinação de minerais .....	119
2.3 Determinação de cálcio no fêmur animal .....	120
2.4 Determinação de ácido fólico.....	120
2.5 Ensaio biológico.....	120
2.6 Análise estatística .....	121
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	122
4 CONCLUSÃO .....	130
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
CAPÍTULO 3.....	136
Efeito da ingestão da bebida de farelo de arroz orgânico em ratos submetidos ao nado forçado e ao labirinto em cruz elevado (plus-maze). .....	136
RESUMO.....	137
ABSTRACT .....	138
1 INTRODUÇÃO.....	139
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	142
2.1 Elaboração da bebida de farelo do arroz.....	142
2.2 Delineamento experimental.....	142
2.3 Ensaio biológico.....	144
2.3.1 Animais .....	144
2.3.2 Grupos .....	144
2.4 Determinação de vitaminas B1 e B3 no farelo e na bebida de farelo de arroz.....	145
2.5 Teste do nado forçado .....	145
2.6 Teste do labirinto em cruz elevado (LCE) “Plus-Maze” .....	146
2.7 Dosagem de ACTH no plasma dos ratos .....	147
2.8 Análise estatística .....	147
3 RESULTADOS .....	148
4 DISCUSSÃO.....	152
5 CONCLUSÃO .....	154
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	160
ANEXOS.....	161

## 1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de arroz na década de 90 ultrapassava os 500 milhões de toneladas, sendo os países como a China, Índia, Indonésia, Bangladesh e Tailândia os cinco maiores produtores. Atualmente, a produção anual já se encontra além dos 600 milhões de toneladas e o Brasil se encontra entre os dez maiores produtores mundiais (FAO, 2008). Santa Catarina é o segundo maior produtor de arroz do país, com uma produção estimada em 1,042 milhões de toneladas na safra 2008/2009, segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento).

O arroz e outros produtos agrícolas antes e após a colheita estão susceptíveis a contaminação por fungos. As condições ambientais, temperatura e umidade, e as condições de processamento e estocagem são potencialmente determinantes para o desenvolvimento de micotoxinas como as aflatoxinas, e o risco de exposição a essas toxinas pode ser facilmente controlado através de cuidados na pós-colheita e no armazenamento (SALES; YOSHIZAWA, 2005).

Mais da metade da população mundial consome o arroz na forma polida e parbolizado. Desse processo obtém-se o farelo que contém lipase, a qual degrada rapidamente os lípidos do farelo em ácidos graxos e glicerol, tornando-o impalatável. A estabilização do farelo foi alcançada com a inativação dessa enzima pelo calor, por um tempo estimado de seis meses. O processo de parbolização também estabiliza o farelo de arroz pela inativação da lipase, porém, destrói muitos antioxidantes presentes (KAHLON, 2001).

O farelo de arroz integral é o produto originário do polimento realizado no beneficiamento do grão de arroz sem casca. Consiste do pericarpo e/ou película que cobre o grão, estando presente o germe, fragmentos de arroz (quirera fina) e

pequenas quantidades de casca que tem granulometria similar à de farelos de outros cereais (PARRADO et al., 2006).

Para obtenção do farelo estabilizado, ocorre inicialmente a extração do óleo do farelo por prensa mecânica, com o subsequente aquecimento do farelo para obtenção da sua forma estabilizada, que é um novo subproduto. O processo de estabilização, então, compreende a inativação enzimática e o desengorduramento simultâneos, com aplicação de vapor e prensagem. Alguns autores têm sugerido a possibilidade de ocorrer desfosforilação parcial dos ésteres de inositol durante o mesmo (TANGENDJAJA; BUCKLE; WOOTON, 1981; PHILLIPPY; JOHNSTON; TAO; FOX, 1988; LEHRFELD, 1989), embora Domene (1996) tenha demonstrado que o processo de estabilização não altera o conteúdo total de fitato.

Durante os anos que antecederam a década de 1980, estava reservada ao farelo do arroz a visão negativa de que seus ácidos orgânicos seriam capazes de promover a quelação, seqüestrando importantes minerais. Assim, a preocupação era mantê-lo o mais longe possível de crianças, devido à sua fase de crescimento e formação, e dos indivíduos pertencentes à terceira idade, mais precisamente das mulheres, devido ao risco de osteoporose. O fundamento está na presença de fitatos, pela reação do ácido fítico com minerais, que interfere na absorção do cálcio. Com o surgimento de novos conhecimentos, este conceito, embora verdadeiro, recebeu uma avaliação mais dinâmica (AMATO, 2006).

Devido ao seu valor nutricional, o uso do farelo de arroz vem crescendo no País, por conter fibras, sais minerais, proteínas, vitaminas, lipídeos e compostos químicos de comprovada ação hipocolesterolêmica. Tem sido referido que tanto o farelo desengordurado quanto o seu óleo auxiliam no tratamento de doenças cardiovasculares diminuindo a ocorrência da aterosclerose, diabetes e câncer de cólon. Os principais compostos com propriedades funcionais no farelo de arroz são

os tocóis e os orizanóis. Além disso, o farelo de arroz se apresenta como um potente agente contra o HIV devido à presença do MGN-3, um arabinosilano extraído do farelo de arroz e modificado enzimaticamente, que atua inibindo a replicação do vírus, aumentando a resposta mitogênica nas células T e B no organismo (GHONEUM, 1998).

O farelo de arroz é considerado importante fonte de fitosterol (KANAYA et al., 2004), que é um esterol, componente essencial das membranas celulares presentes nos óleos vegetais (LAW, 2000). Também presente no óleo de arroz, o fitosterol tem sido considerado importante na saúde humana devido a sua propriedade de diminuir as concentrações de colesterol sanguíneo, estendendo seus efeitos ao tratamento de aterosclerose (WILSON et al., 2002).

O farelo do arroz apresenta uma alta concentração de fitinas, variando de 9,5 a 14,5%. Trata-se de matéria-prima fundamental para a obtenção de ácido fólico (JULIANO, 1994). Também constitui importante fonte de  $\gamma$ -orizanol, cuja denominação ressalta sua origem a partir do arroz (*Oryza sativa*) (LUO et al., 2005).

O óleo de farelo de arroz é um importante derivado da indústria do arroz. Anteriormente as pesquisas atuais e em razão da associação com outros alimentos de qualidade inferior, foi deixado de lado a expressão “óleo de farelo de arroz” em favor de “óleo de arroz”. Pela razão inversa, gradualmente estão substituindo a expressão “subproduto”, de conotação negativa, denominando o farelo como um “derivado do arroz” (DANIELSKI et al., 2005; RODRIGUES; ONOYAMA; MEIRELLES, 2006).

Com a intenção de valorizar o farelo de arroz como matéria-prima, foi desenvolvido um extrato base de farelo de arroz (AMANTE, 2001), denominado extrato de gérmen de arroz, que viabiliza sua utilização em diferentes formulações alimentícias, dentre elas, bebidas funcionais.

Muitas bebidas estão sendo elaboradas a partir de produtos até então desconhecidos ou não imagináveis, utilizados como matérias-primas com a finalidade de inovação e também de utilização como alimento funcional. Estas bebidas podem apresentar diferentes propriedades, tais como, ações estimulantes, nutritivas, energéticas, refrescantes, entre outras. Novas bebidas vêm sendo desenvolvidas, visando atender a demanda de consumidores com restrição a proteínas de origem animal ou atendendo às expectativas de proteção à saúde (HAMED et al., 2007).

Foi demonstrado que a ação do extrato de farelo de arroz fermentado por *Saccharomyces cerevisiae* em modelos animais apresentou alguns efeitos antiestresse e antifadiga (KIM et al., 2001).

No desenvolvimento de novos produtos, um ponto chave é a determinação da vida de prateleira, sendo que esta pode ser definida como o tempo decorrido entre a produção e a embalagem do produto até o ponto em que este se torna inaceitável ao consumo (ELLIS, 1996). Inicialmente identificam-se as características dos ingredientes, as condições de processamento e de estocagem que poderão influenciar na vida de prateleira do produto estudado. Em seguida, monitorando-se e controlando-se os parâmetros de processo, pode-se determinar exatamente o final do tempo de vida de prateleira, ou seja, o momento em que o produto não é mais seguro para o consumo (LEWIS; DALE, 1996).

Visando oferecer alternativas para o consumo do farelo de arroz, através do trabalho proposto, foi elaborada uma bebida deste farelo em dois diferentes sabores, tratada termicamente e avaliada sua vida de prateleira e demais parâmetros de qualidade pertinentes ao produto, reunindo subsídios para propor a utilização deste novo produto. Além disso, foram analisados seus possíveis efeitos em modelos

animais e em alguns parâmetros bioquímicos além do efeito do fitato na absorção de cálcio em ratos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Farelo de arroz

A resolução da ANVISA que regulamenta a utilização de produtos cereais e farelos estabelece que: 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 e, que esses produtos devem ser obtidos, processados, embalados, armazenados, transportados e conservados em condições que não produzam, desenvolvam e ou agreguem substâncias físicas, químicas ou biológicas que coloquem em risco a saúde do consumidor (BRASIL, 2005).

A utilização de espécie vegetal, uma parte de vegetal ou de produto que não são usados tradicionalmente como alimento, pode ser autorizada desde que seja comprovada sua segurança de uso (BRASIL, 2005).

Segundo Barber (1983), algumas teorias sobre o farelo de arroz sofreram modificações, por isso foi reavaliado o fato de que este subproduto deveria ser evitado entre crianças em crescimento e idosos, por ser um quelante e inibir a absorção de certos minerais importantes.

Dentre as propriedades do farelo de arroz, a fibra dietética abundante neste produto está sendo explorada como um ingrediente importante de alimentos funcionais. Considera-se também que o óleo de farelo de arroz seja superior aos outros óleos comestíveis por causa de sua composição de ácidos graxos (C14:0; C16:0; C18:0; C18:1; C18:2; C18:3; C20:0) (GOPALA; HEMAKUMAR; KHAYOON, 2006). O farelo de arroz também pode reduzir o colesterol sanguíneo e o risco de doença do coração (GERHARDT; GALLO, 1998).

De acordo com dados da FAO (2005), o maior produtor mundial de arroz é a China, sendo o Brasil o maior produtor deste cereal no ocidente.

Alguns países que cultivam o cereal colocam-no como matéria-prima importante no seu dia a dia, por exemplo, o arroz estampado na moeda de cinco *yens* (Figura 1), demonstrando a importância deste grão para o povo japonês (FREE WEB ENCYCLOPEDIA, 2005).



Figura 1. Moeda japonesa de cinco *yens*  
Fonte: FREE WEB ENCYCLOPEDIA, 2005.

O farelo de arroz é rico em proteínas (14-16%). Seu PER (Quociente de Eficiência Protéica) está entre 1,6 e 1,9. Os seus principais carboidratos são hemicelulose (8,7-11,4%), celulose (9-12,8%), amido e  $\beta$ -glucana (1%). O óleo cru contém entre 3 e 4% de cera e aproximadamente 4% de lipídeos insaponificáveis. O farelo é rico em vitaminas do complexo B e sua composição mineral depende da disponibilidade dos nutrientes no solo. Contém também ferro, alumínio, cálcio, cloro, sódio, potássio, magnésio, manganês, fósforo, silício e zinco. No grão de arroz, 80% do ferro existente está concentrado no seu farelo (RAMEZANZADEH et al., 2000).

O farelo de arroz apresenta uma grande quantidade de lipídeos quando comparado ao farelo de outros cereais. Porém, seus teores de proteínas, sais minerais, vitaminas do complexo B e fibras são comparáveis aos demais. Seu conteúdo de cinzas é elevado, bem como o percentual de fósforo dos quais

aproximadamente 90% se apresentam como fitato de fósforo. Quanto ao conteúdo de aminoácidos, o farelo de arroz se destaca dos demais farelos de cereais, principalmente pela concentração de lisina, superior a de outros grãos (SHARMA; CHAUHAN; AGRAWAL, 2004).

Basicamente o farelo é composto de fibras alimentares, ácidos graxos saturados, mono e poliinsaturados e proteína com valor nutricional e boa digestibilidade (KAHLON, 2001).

O óleo de farelo de arroz ou “óleo de arroz” representa 20% do farelo. Ele contém 38,4% de ácido oléico, 34,4% de ácido linoléico e 2,2% de ácido linolênico como ácidos graxos insaturados e os restantes 25% são de ácidos graxos saturados. Este óleo demonstrou diminuir as concentrações de colesterol e triglicérides em ratos e primatas hiperlipêmicos, provavelmente devido ao seu conteúdo em cicloartenol (álcool presente no óleo de arroz, constituinte do  $\gamma$ -orizanol). O acúmulo desse composto no fígado inibe a atividade da enzima colesterol esterase, reduzindo as concentrações de colesterol circulante, devido suas substâncias insaponificáveis (RUKMINI; RAGHURAM, 1991).

Também presente no óleo de farelo de arroz, o  $\alpha$ -tocotrienol é um potente inibidor de colesterol dentre os tocotrienóis, os quais inibem a enzima HMG-CoA redutase (presente no fígado e atua na síntese do colesterol), embora o  $\alpha$ -tocoferol atue também na atividade dessa enzima sem afetar a concentração de colesterol no soro (QURESHI et al., 2000).

É importante ressaltar a ação da fração lipídica na diminuição do risco de ulcerações duodenais devido ao seu efeito antioxidante diminuindo a ação tóxica dos radicais livres produzidos intra e extracelularmente em modelos animais (JAYARAJ et al., 2000).

Das vitaminas presentes no farelo de arroz, as do complexo B (B<sub>1</sub> e B<sub>3</sub>), tiamina e niacina, respectivamente, apresentam atividades sobre o sistema nervoso central como antidepressivo e calmante natural, atuando também na neuralgia e cansaço (KIM, et al., 2001).

MGN-3, um arabinosilano do farelo de arroz que tem sido modificado enzimaticamente com extrato de cogumelo *Hyphomycetes mycelia*, foi testado para atividade anti-HIV *in vitro*. Foi concluído que o MGN-3 possui uma potente atividade anti-HIV, inibindo a replicação do vírus HIV-1, demonstrando-se promissor como um agente para o tratamento de pacientes com AIDS (GHONEUM, 1998).

Hamada (1997) realizou a extração de lipídeos do farelo por butanol e éter e encontrou uma concentração média de proteína no resíduo final de 13,4%, 16,1% e 17,0% em média, de proteína de três diferentes cultivares de arroz. A quantidade de proteína do endosperma do arroz foi baixa (7%), mas o conteúdo no farelo foi consideravelmente maior variando de 12% a 16% de proteína. As proteínas do farelo desengordurado foram classificadas em proteínas solúveis e resíduos de proteína, representando 65,5% e 34,5% do total de proteínas, respectivamente. A extração alcalina é o meio de fracionamento mais comum das proteínas do farelo de arroz. O tratamento com alta temperatura e alta concentração da solução alcalina solubilizou mais de 98% do total de proteínas do arroz.

Proteínas de cereais são muitas vezes classificadas com base na sua solubilidade em água, sal, soluções alcoólicas e em ácidos. As frações solúveis são: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas, respectivamente. Existe uma quantidade substancial de proteínas não extraídas (fração não solúvel nesses solventes) e em alguns grãos esses resíduos podem representar de 1/4 até 1/3 do total da proteína. Essa fração é insolúvel devido a sua alta quantidade da fração glutelina, devido à forte propriedade de agregação através de interações

hidrofóbicas. A baixa solubilidade das proteínas do arroz se deve, portanto, à presença de uma quantidade substancial de polipeptídeos de glutelina insolúveis, podendo chegar a 51% no farelo e 83% no arroz moído do total de proteínas, as quais são usualmente solubilizadas com altas concentrações alcalinas. O tratamento alcalino pode causar mudanças químicas, redução do valor nutricional e formação de compostos tóxicos como as lisinoalaninas as quais têm sido implicadas com doenças renais em ratos. (HAMADA, 1997).

Alta concentração de álcali pode causar racemização de alguns aminoácidos e, combinado com calor, pode causar grave degradação da proteína e sabor indesejável no farelo. Grandes porções de proteína do farelo não podem ser solubilizadas por solventes simples como água, sal, álcool e ácidos fracos. Essas frações de glutelinas insolúveis são compostas de polipeptídeos de alto peso molecular que estão fortemente agregadas ou em ligações cruzadas por pontes dissulfeto. Métodos eficientes podem ser desenvolvidos utilizando as proteases para solubilização e isolamento de proteínas do farelo de arroz para uso alimentar (HAMADA, 1997).

Tang (2002) avaliou processos físicos com ou sem tratamento enzimático na extração de proteína de farelo de arroz desengordurado estabilizado termicamente, e demonstrou que processos combinando tratamento físico enzimático podem ser muito efetivos na extração de proteína do farelo de arroz. Embora o potencial nutracêutico do farelo seja reconhecido, o concentrado protéico e sua proteína isolada não são comercialmente produzidos devido às perdas dessa proteína pelos métodos de extração disponíveis. Proteínas do farelo de arroz contêm 37% de albumina, 36% de globulina, 22% de glutelina e 5% de prolamina, além disso, o farelo de arroz contém 1,7% de ácido fítico e 12% de fibras, as quais estão ligadas às proteínas o que torna difícil a separação desses componentes. A estabilização

pelo calor para inativar a lipase e as lipoxigenases aumenta as ligações da proteína aos carboidratos e outros componentes, dificultando assim sua extração. Processos físicos podem romper a rede celular e facilitar a catálise enzimática ou aumentar a solubilidade da proteína. Ultrassom, congelamento-descongelamento, alta pressão e mistura a alta velocidade são os métodos mais comuns usados, porém não há na literatura informações sobre o uso dessas técnicas para extração da proteína do farelo do arroz. O acréscimo de  $\alpha$ -amilase e protease-P aumenta significativamente a quantidade de proteína extraída.

Qureshi et al. (2000) isolou dois novos tocotrienóis do farelo estabilizado termicamente a partir dos tocoferóis e tocotrienóis denominados como: *d-P21-T3* = [3,4-dihidro-2-metil-2-(4,8,12-trimetiltrideca-3'(E),7' (E), 11'-trienil)-2H-1-benzopiran-6-ol] e *d-P25-T3* = [3,4-dihidro-2-(4,8,12-trimetiltrideca-3'(E), 7'(E),11'-trienil)-2H-1-benzopiran-6-ol]. Esses compostos demonstraram redução significativa dos níveis de LDL e colesterol total e inibição da atividade da HMG-CoA redutase, em frangos. Este autor concluiu que o número e a posição do radical metil substituinte nos tocotrienóis afetam suas propriedades hipocolesterolêmica, antioxidante e antitumor.

Vários estudos (QURESHI; QURESHI, 1993; PACKER, 1995; KHOR, 1999) demonstram que o  $\alpha$ -tocotrienol é pelo menos três vezes mais eficiente como carreador de radical peroxil do que o  $\alpha$ -tocoferol. A liberação desses compostos, *d-P21-T3*, *d-P25-T3* e outros tocóis, por aquecimento do farelo de arroz, demonstra que tocotrienóis e compostos ligados ao tocotrienol estão relacionados a componentes celulares insolúveis. O *d-P25-T3* é o mais potente homólogo de tocol entre todas as formas de vitamina E testadas. Esses novos compostos são agentes hipocolesterolêmicos, antioxidantes e antitumorais extremamente potentes quando comparados aos tocotrienóis conhecidos (QURESHI; et al., 2000).

Em seguida, na Tabela 1, aparece a composição química e valores energéticos do farelo de arroz integral, desengordurado e integral com quirera.

**Tabela 1** Composição química e valores de energia do farelo de arroz.

Parâmetros	Farelo de arroz integral	Farelo de arroz desengordurado	Farelo de arroz integral com quirera
Matéria seca (%)	87,24	90,68	86,14
Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (%)	61,52	56,93	83,82
Proteína bruta (%)	11,54	15,33	7,40
Extrato etéreo (%)	15,30	0,96	3,18
Fibra bruta (%)	10,98	9,82	4,84
Cinza (%)	8,96	10,43	2,52
Ca (%)	0,03	0,11	0,03
P total (%)	1,87	1,93	0,34
Cu (mg/kg)	4,19	20,18	2,46
Fe (mg/kg)	82,65	286,87	93,35
Mn (mg/kg)	103,46	ND	36,58
Zn (mg/kg)	53,89	73,74	35,42
Energia (kcal/kg)			
Bruta	4425	3356	3664
Digestível	3040	2243	2969
Metabolizável	2989	2199	2942

Fonte: Lima et al. (2000).

ND = não determinado.

No Brasil o farelo de arroz é subaproveitado em mais de um milhão de toneladas, enquanto já existem no mercado internacional, diversos produtos, a exemplo daqueles comercializados com sucesso por empresas japonesas. O farelo de arroz tem como componentes: o óleo, fitatos, fitosterol, inositol,  $\gamma$ -orizanol e ácido ferúlico (WARREN; FARREL, 1990).

Ramezanzadeh et al. (2000) analisaram o efeito do aquecimento por micro-ondas, métodos de embalagem e temperaturas de armazenamento na composição de ácido graxo do farelo de arroz durante dezesseis semanas. Proteína, lipídeo, ácidos linoléico e linolênico não mudaram significativamente em todas as amostras, natural e aquecida em micro-ondas por 3 minutos em potência alta, durante todo o

período de armazenamento de 16 semanas, entre 4 e 5°C sem efeitos adversos na composição de ácidos graxos. Demonstraram que a deterioração do farelo pode ser efetivamente reduzida por um tratamento inicial de aquecimento em micro-ondas seguido de acondicionamento e armazenamento de 4 a 5°C. O conteúdo de ácidos oléico, linoléico e palmítico foram os dominantes tanto no farelo cru quanto no aquecido. A composição dos ácidos graxos também não mudou após estocagem tanto na amostra crua quanto na aquecida no forno micro-ondas indicando que sua estabilização por este método pode ser aplicada sem causar alterações na concentração de nutrientes do farelo.

A utilização de aquecimento ôhmico para estabilizar o farelo de arroz e melhorar a extração de seu óleo foi comprovada ser mais eficiente do que os processos que utilizam o aquecimento no forno micro-ondas e outros processos não térmicos de estabilização (LAKKAKULA et al., 2004).

Novos métodos para a quantificação dos compostos fitoquímicos com atividade antioxidante e com alto potencial benéfico para a saúde como é o caso dos tocoferóis, tocotrienóis e  $\gamma$ -orizanol presentes no farelo de arroz estão sendo desenvolvidos. O método desenvolvido por Chen e Bergman (2005) apresenta entre outras vantagens, a velocidade de extração desses compostos, nenhuma instrumentação especial e a utilização do metanol que é compatível para sua quantificação por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

Segundo Cuneo, Amaya-Farfan e Carraro (2000) o ácido fítico ou hexafosfato de inositol ( $IP_6$ ) é um componente natural de toda semente, constituindo de 1 a 3% do peso nas leguminosas e cereais, o que responde por 60 a 90% do fósforo total. 85% do ácido fítico do arroz localiza-se no pericarpo, 13% no gérmen e 2% no endosperma, sendo o ácido fítico naturalmente presente no farelo de arroz e representa de 85 a 92% dos fitatos totais.

Os fitatos e o IP<sub>6</sub> têm função de quelação de metais, porém atuam na fixação de ferro. São encontrados naturalmente em plantas e grãos, misturados com sais de cálcio e magnésio (fitinas), esta última em uma concentração entre 9 e 14% no farelo de arroz, fonte fundamental de IP<sub>6</sub>. O tipo de processamento pode interferir em sua composição. Pesquisa realizada com diferentes tamanhos de frações do farelo e tempos de moagem apresentou níveis variáveis de tocotrienóis, tocoferóis e orizanóis (ROHRER; SIEBENMORGEN, 2004).

## **2.2 Efeitos fisiológicos do consumo do farelo de arroz**

Além das fibras presentes no farelo de arroz (hemicelulose, celulose, lignina e pectina) (SHIBUTA et al, 1985) auxiliarem na diminuição do colesterol tanto em modelos humanos como animais, os tocóis e os trienóis presentes no óleo do farelo atuam inibindo a síntese do colesterol, contribuindo para sua redução. Vários outros mecanismos podem estar envolvidos simultaneamente na redução do colesterol, porém o farelo de arroz estabilizado por processos que mantenham inalteradas suas qualidades parece ser o mais efetivo (KAHLON; CHOW, 2001).

Um grande atributo nutricional do óleo de farelo de arroz está na presença de substâncias insaponificáveis. O resultado na saúde humana é a desejável redução do colesterol, mas os efeitos podem ser ainda otimizados. Sendo o óleo de farelo de arroz carente em ácido linolênico, uma importante solução é a associação deste com o óleo de girassol, na proporção de 70:30. Esta mistura reúne as vantagens da insaturação do óleo de farelo de arroz com o importante ácido  $\alpha$ -linolênico (poliinsaturado) do girassol. Além disso, tem sido comprovada uma ação sinérgica, potencializadora, pois a mistura resulta ser mais benéfica para a saúde do

que a simples soma das propriedades dos constituintes (McCASKILL; ZHANG, 1999).

O óleo de farelo de arroz em comparação com os demais óleos: contém importantes micronutrientes (P, Ca, Mg, K, Si, S, Al, Cl, Co, Fe, Mn, Na, Zn) que permanecem praticamente inalterados no óleo até sua purificação final; apresenta baixa taxa de peróxidos; resiste à oxidação ao cozinhar, deixando de agregar o sabor enjoativo das frituras, conhecido internacionalmente como “*oil sickness*”. Este atributo o recomenda a participar de misturas de óleos para frituras; é ótimo para salada, por seu sabor mais neutro; pelas suas propriedades nutricionais têm características de produto diferenciado, comparando-se com os óleos de gergelim e oliva.

O óleo de arroz tem como vantagens, micronutrientes que não se alteram até sua purificação final; baixa taxa de peróxidos; no cozimento não ocorre oxidação e nem o aparecimento do gosto enjoativo de rancificação na fritura e possui sabor neutro para saladas; suas propriedades lhe conferem alta qualidade nutricional, semelhante ao óleo de oliva ou gergelim, porém com a desvantagem do alto custo de refinamento (SANTOS et al., 2005).

Como desvantagem encontra-se o custo mais alto quando comparado a óleos como o de soja, devido à maior complexidade no refino. Embora subutilizado, historicamente, a alta concentração de vitaminas do grupo B no farelo de arroz tem contribuído com boa parte dos avanços nas áreas de nutrição, medicina e química. O consumo de arroz integral no lugar de arroz polido previne a incidência de beribéri. O extrato de farelo (tikitiki) usado nas Filipinas é altamente efetivo no tratamento do beribéri infantil. Farelo e germe são matérias-primas adequadas para obtenção de vitaminas do complexo B e outros produtos farmacêuticos como o esqualeno e o orizanol (ZIEMER; GIBSON, 1998). O esqualeno (C<sub>30</sub>H<sub>50</sub>) que é um composto

orgânico produzido por todos os organismos superiores, possui entre várias propriedades, capacidade antioxidante, destoxicante, hipocolesterolêmica e anti-carcinogênica/ quimiopreventiva.

As proteínas, óleos e carboidratos do farelo de arroz são excelentes fontes de nutrientes para alimentação humana. O orizanol é facilmente extraído do farelo de arroz na forma cristalina; dele, um remédio conhecido como OZ<sup>®</sup> tem sido desenvolvido no Japão, possui também um efeito similar ao da vitamina E na aceleração do crescimento humano, facilitando a circulação do sangue e estimulando a secreção hormonal de testosterona e insulina. O extrato de farelo em água quente é usado na forma líquida, ou em pó para a profilaxia dental, sendo rico em minerais, incluindo flúor (33 pg/g) e ácido beta-glucurônico (HIGASHI-OKAI et al., 2004).

Farelo com teor de fibra igual ou inferior a 3,5% permite seu uso em muitos produtos como massas, pães, bolachas, sopas, cremes, pudins, alimentos matinais, etc. Das frações extraídas é possível a obtenção de óleo de arroz bruto, refinado e ainda a utilização de vitaminas para uso em medicamentos ou complementos nutricionais.

O farelo pode ser fracionado e apresentar um concentrado protéico com índices de proteínas superiores a 50% podendo ser utilizado diretamente em rações para animais ou purificado (descolorido e desodorizado) para uso humano, em especial para atletas ou pessoas que necessitem de proteínas de boa qualidade e fácil digestão. O concentrado de suas fibras pode ser utilizado para nutrição especial, também como laxante, ou ainda para a fabricação de alimentos ricos em fibras como flocos, barras energéticas, biscoitos e outros (TANG; HETTIARACHCHY; SHELLHAMMER, 2002).

O farelo de arroz também é fonte de fitosterol, com a característica de hipocolesterolêmico, tem ação emulsificante, é amplamente aceito na indústria cosmética (xampus e cremes emolientes), dele também se obtém o estanol (pela modificação química do fitosterol) atuante também na diminuição do colesterol sanguíneo (WILSON et al., 2002).

O Inositol que pode ser encontrado no farelo de arroz, nas formas de fitato de cálcio ou sal misto de magnésio (fitina) (KUNO et al., 2004) é um composto natural primeiramente descoberto por Scherer em 1850, que o isolou do músculo cardíaco. Atua na prevenção da aterosclerose e contribui na aceleração da absorção de cálcio. É encontrado também no leite de vaca, sendo mais concentrado no colostro humano. Classificado como vitamina (B7) e está relacionado ao crescimento (AMATO, 2006).

Destaca-se como aditivo em produtos lácteos infantis, em bebidas de atletas e também em rações especiais para peixes (PERERA et al., 2006).

Estudos com hamsters mostraram que o farelo de arroz reduziu as concentrações de colesterol plasmático e o desenvolvimento de aterosclerose aórtica, semelhante ao farelo de aveia (WILSON et al., 2002).

Os minerais, principalmente potássio, magnésio, fósforo e silício também estão presentes no farelo. Sua biodisponibilidade é afetada pelo alto teor de fibras, pela presença de fitatos e pequenas quantidades de taninos e, segundo Juliano (1994), 90% do fósforo total do farelo está presente como fitina, considerado um fator antinutricional.

O farelo de arroz apresenta mecanismos de ação semelhantes ao do fosfato de celulose, promovendo redução significativa na absorção de cálcio, provavelmente pela presença de fitina, quelando o cálcio ao nível da luz intestinal. A hipercalcúria presente em pacientes portadores de calculose urinária é tratada com a utilização de

fosfato de celulose, uma substância que se liga ao cálcio na luz intestinal e impede sua absorção. (NORONHA et al., 1989).

Propriedades funcionais do farelo de arroz tais como capacidade de ligação à água, capacidade de emulsificação e viscosidade, foram determinadas e comparadas com outros produtos comerciais na confecção de produtos de panificação, apresentando um grande potencial na aplicabilidade em alimentos, principalmente no desenvolvimento de alimentos funcionais (ABDUL-HAMID; LUAN, 2000).

Diferentes tratamentos na estabilização do farelo do arroz podem ser realizados para comparar a atividade de seus compostos bioativos. Frações de fibras de farelo de arroz solúveis em água e concentrados de fibras desse farelo tiveram efeito comprovado no controle do diabetes tipos I e II em humanos diabéticos (QURESHI et al., 2002).

A deterioração do farelo de arroz ocorre de forma rápida e irreversível. Quando camadas de farelo são removidas do endosperma, durante o processo de beneficiamento, as células individuais são rompidas e os lipídeos do farelo de arroz entram em contato com as enzimas lipases altamente reagentes. Estas enzimas que estão presentes naturalmente no farelo de arroz iniciam a deterioração (rancificação) do óleo contido neste farelo. Assim, o farelo de arroz, que poderia ser uma fonte potencial de alimento humano, infelizmente é subutilizado ou descartado, necessitando de um tratamento para sua estabilização (JULIANO, 1994; RODRIGUES; ONOYAMA; MEIRELLES, 2006).

Como mencionado anteriormente, o farelo do arroz recém beneficiado tem uma vida útil curta devido à decomposição dos lipídeos em ácidos graxos livres (AGL) pelas enzimas lipases, tornando-o inadequado para consumo humano ou para a extração econômica de óleo comestível. Porém, se o farelo é submetido a um

tratamento térmico a alta temperatura por curto tempo, imediatamente após o beneficiamento, a lipase é inativada e se obtém farelo de arroz estabilizado (JULIANO, 1994; RAMEZANZADEH et al., 2000).

### **2.2.1 Ação antioxidante do farelo de arroz**

O estresse oxidativo é considerado um fator chave no desenvolvimento do diabetes mellitus e suas complicações, entre outras doenças. Um extrato de farelo de arroz lipofílico contendo  $\alpha$ -tocoferol, tocotrienol e fitosterol apresentou um efeito protetor de membranas contra danos oxidativos (lesões celulares) decorrentes do diabetes mellitus em camundongos diabéticos obesos (KANAYA, 2004).

O farelo de arroz e seus ácidos orgânicos possuem atividades e funções importantes do ponto de vista nutricional. Segundo Carvalho (1999) que revisou a ação antioxidante desse farelo em humanos, apresentou que a ingestão de 50mg/mL de farelo de arroz, eliminou 99% os radicais hidroxila e superóxido, aumentou o número de leucócitos, com atividades antitumorais, diminuiu a excreção renal de cálcio e aumentou a excreção de ácidos biliares.

Xu (2001) encontrou uma potente atividade antioxidante em vários componentes do  $\gamma$ -orizanol, o 24-metilenecicloartanil ferulato e outros três componentes. A atividade antioxidante do  $\gamma$ -orizanol é maior que da vitamina E pois, no farelo de arroz, esse composto se encontra em quantidade superior a 10 vezes, e pode ser o antioxidante mais importante do farelo de arroz na redução da oxidação do colesterol do que a vitamina E. O farelo de arroz contém mais de 300mg de vitamina E por quilo de farelo, e também possui aproximadamente 3000mg/kg de  $\gamma$ -orizanol o qual é uma mistura de 10 ésteres do ácido ferúlico de esterol e álcool

triterpênico. Os componentes do  $\gamma$ -orizanol podem ter funções antioxidantes devido possuírem ácido ferúlico em sua estrutura. Os componentes do  $\gamma$ -orizanol apresentaram atividade antioxidante significativamente maior do que os componentes da vitamina E, e isso pode ser devido as suas estruturas que são similares à do colesterol. Entre os componentes do  $\gamma$ -orizanol, o 24-metilenocicloartanil ferulato apresentou uma maior atividade antioxidante, indicando que diferenças na estrutura dos componentes afetam suas atividades antioxidantes, nesse caso, a presença de um grupo metileno no carbono 24.

O ácido ferúlico fornece hidrogênio para a neutralização dos radicais livres, compostos estes relacionados com o envelhecimento celular. Tem efeito semelhante à lecitina (soja). Recebe a mesma classificação do  $\gamma$ -orizanol, além de seus usos serem semelhantes (XU; HUA; GODBER, 2001). Classificado como um importante antioxidante, anti-radical livre e antienvelhecimento. Seus componentes ainda podem atuar como inibidor de melanina (PRASAD et al., 2007).

O componente  $\gamma$ -orizanol tem ação antioxidante, classificado como inibidor da oxidação. Atua tanto em cosméticos de pele, fator de proteção solar e produtos antienvelhecimento, e como medicamento em algumas doenças: cefálicas e cervicais, sintomas da menopausa, anemia, úlceras por estresse e doenças circulatórias. Por ter efeito similar aos esteróides é utilizado no preparo de ração para cavalos de corrida, sendo legalmente permitido. Sua denominação está relacionada com esse cereal (*Oryza sativa*) (AGUILAR-GARCIA et al., 2007; WILSON et al., 2007).

Kanaya et al. (2004) elaborou um extrato de farelo de arroz lipofílico, Ricetrienol®, o qual contém  $\alpha$ -tocoferol, tocotrienol e fitosterol. Este extrato foi testado em camundongos diabéticos e comprovado o efeito protetor contra lesão oxidativa associada ao diabetes mellitus. Na dieta dos animais foi acrescentado

0,1% do Ricetrienol®. O estresse oxidativo foi demonstrado pelo aumento de 8-isoprastane e 8-hidroxideoxiguanosina (8OHdG) (marcador da lesão oxidativa do DNA) na urina promovido pelo desenvolvimento do diabetes. A administração do extrato de farelo de arroz foi capaz de suprimir a elevação do peroxilipídeo (MDA) significativamente, resultando na diminuição desse composto da urina. Ricetrienol® diminuiu a expressão do mRNA e da glutathiona peroxidase (GPx) no rim dos animais quando comparados ao grupo controle. Segundo o autor, Ricetrienol® pode ser mais benéfico para a saúde humana do que o  $\alpha$ -tocoferol apenas.

Vitamina E é o termo genérico para todos os tocoferóis e seus derivados tendo a atividade biológica do RRR- $\alpha$ -tocoferol. Na natureza existem oito substâncias com atividade de vitamina E:  $\delta$ - $\beta$ - $\gamma$  e  $\alpha$ -tocoferol,  $\delta$ - $\beta$ - $\gamma$  e  $\alpha$ -tocotrienol. Os  $\alpha$ -tocotrienóis possuem propriedades antioxidante, anticâncer e redutora de colesterol muito potentes. O  $\alpha$ -tocotrienol é mais potente do que o  $\alpha$ -tocoferol na proteção de células HT4 e de células neuronais primárias contra toxicidade induzida pela glutathiona assim como de várias outras toxinas (SEN; KHANNA; ROY, 2004).

O principal alvo de ataque do oxigênio é o lipídeo insaturado, tornando a peroxidação lipídica autocatalítica. Durante esta reação, vários hidroperóxidos de lipídeos se tornam reativos, os quais estão envolvidos na causa e progressão de várias doenças crônicas como câncer, aterosclerose e outras doenças cardiovasculares (HIGASHI-OKAI et al., 2004).

Antioxidantes do extrato de farelo de arroz solúveis em água têm sido pouco analisados. Neste trabalho, o pesquisador Higashi-Okai et al. (2004) detectou uma forte atividade antioxidante e antígeno-tóxica no extrato aquoso do farelo de arroz japonês, sendo a atividade da peroxidase identificada como possível atividade principal. Os resultados indicaram que a maior atividade antioxidante contra geração de hidroperóxidos encontra-se na fração EP (Etanol-Precipitado) do extrato aquoso

do farelo de arroz. Essa fração EP foi resistente ao aquecimento de 60 a 80°C/10 minutos, porém o aquecimento a 100°C/10 minutos causou uma significativa redução na atividade antioxidante. Os resultados sugerem que a maior atividade antioxidante e antigenotóxica na fração EP são de responsabilidade de substâncias protéicas com peso molecular maiores do que 30 kDa. Também sugere que a maior atividade antioxidante e antigenotóxica na EP do farelo está associada com a atividade da peroxidase endógena nesta fração. Existe a possibilidade de que a peroxidase endógena no extrato aquoso do farelo de arroz pode funcionar como preventiva de doenças crônicas relacionadas ao radical oxigênio.

O cérebro contém altas quantidades de ácidos graxos poliinsaturados (C20:4 e C22:6) araquidônico e docosahexaenóico (DHA) respectivamente, que são susceptíveis à peroxidação lipídica, pois recebem uma grande percentagem de oxigênio e são relativamente deficientes em enzimas antioxidantes. Numerosas condições patofisiológicas têm sido associadas com o aumento dos índices de estresse oxidativo. A vitamina E possui um papel central na manutenção da estrutura e função neurológica. Tocotrienóis apresentam entre outras, propriedades antioxidantes, anticancerígenas, hipocolesterolêmica, com atividade mais potente que os tocoferóis. A cadeia lateral insaturada dos tocotrienóis proporciona uma penetração mais eficiente em tecidos como o cérebro e o fígado. Os efeitos dos tocotrienóis parecem ser superiores aos dos tocoferóis, devido a sua melhor distribuição nas camadas lipídicas das membranas das células. A primeira evidência de que o tocotrienol proveniente da dieta alcança o cérebro, aumentando o conteúdo de  $\alpha$ -tocotrienol em mais de 20 vezes no cérebro fetal de ratos foi confirmada na pesquisa de Sen et al. (2004).

Quantidades micromolares dos tocotrienóis têm mostrado suprimir a atividade da HMG-CoA redutase, a enzima hepática responsável pela síntese do

colesterol. A propriedade neuroprotetora do tocotrienol, atuando nas membranas celulares, foi claramente observada à concentração de 50nmol/L e a completa proteção foi conseguida com 100nmol/L. Estes resultados ofereceram a primeira evidência de que uma vitamina antioxidante pode ter propriedade regulatória potente na célula em concentrações nanomolares (SEN et al., 2004).

Resultados encontrados por Sen et al. (2004) indicam que a inibição da enzima pp60c-Src quinase representa um mecanismo chave pelo qual, concentrações nanomolares de tocotrienol protegem as células HT4 da privação de glutamato. Diminuição da concentração de GSH (glutathiona) e elevação da peroxidação lipídica representam um dos primeiros eventos após privação do glutamato. A redução da glutathiona é um fator chave para a sobrevivência de células do sistema nervoso, e a diminuição da concentração de GSH é um dos primeiros marcadores de neurotoxicidade induzida por uma variedade de agonistas, sendo que sua diminuição não é letal por si, mas que isto pode servir como sinal para ativar mecanismos que levam à morte. A diminuição do GSH dispara a ativação da 12-lipo-oxigenase (12-LOX) a qual ocasiona a produção de peróxidos e leva à morte celular.

### **2.2.2 Ação do farelo de arroz no sistema imune sobre o câncer**

Fumar, mascar fumo, consumir álcool, sal, alimentos curados e mofados, os quais contêm N-nitrosamina (carcinogênico) como contaminante, têm sido reconhecidos como fatores de risco para o desenvolvimento de câncer esofageal. Esse carcinoma também é influenciado por dietas deficientes em frutas e vegetais frescos. No arroz, o ácido ferúlico, ácido fítico, tocoferóis e orizanóis funcionam como antioxidantes e entre esses, as fibras e o ácido ferúlico tem apresentado

prevenção da indução química de carcinogênese do trato aero-digestivo em animais. O arroz e farelo fermentado com *Aspergillus oryzae* possuem efeitos inibitórios da carcinogênese do cólon e fígado em animais. Atuam como potentes sequestradores de radicais livres. Kuno (2004) estudou esse efeito do arroz integral e do farelo do arroz fermentado por *Aspergillus oryzae* durante diferentes fases da indução de tumor esofageal por NMBA (Nitrosometilbenzilamina, um carcinogênico). Pela primeira vez observou-se que arroz fermentado por *Aspergillus oryzae* inibiu esse tipo de tumor induzido por NMBA desenvolvido em ratos, possivelmente pela inibição da proliferação celular na fase pós-inicial e sugere que esse fermentado é um agente quimiopreventivo promissor contra a ocorrência de câncer esofageal em humanos.

O  $\gamma$ -orizanol que é um componente característico do óleo de farelo de arroz, o qual contém uma mescla de álcool triterpênico e ésteres do ácido ferúlico, promove inibição de tumor, redução dos níveis de colesterol e podem também ser utilizados para tratar desordens da menopausa. Não há dados publicados da atividade biológica dos ferulatos de álcool triterpênico hidroxilado do  $\gamma$ -orizanol, que possam explicar sua bioatividade. A atividade anti-câncer dos componentes do  $\gamma$ -orizanol foram avaliadas e demonstraram moderada citotoxicidade contra MCF-7 (células de câncer de mama humana estrogênio-dependente) (LUO et al., 2005).

Akihisa et al. (2000) isolou seis novos ésteres ferúlicos de esteróis e álcool triterpênico de um extrato metanólico de farelo de arroz. Estudos recentes mostraram que compostos como trans-CAR, trans-24-MCA, trans-24-MCO e trans-SITO isolados desse extrato e o  $\gamma$ -orizanol destacadamente inibiram o TPA (12-*O*-tetradecanoilforbol-13-acetato), um indutor de inflamação em camundongos. O  $\gamma$ -orizanol tem sido relacionado com diversos efeitos fisiológicos incluindo diminuição dos lipídeos sanguíneos, promoção do crescimento, ação gonadotrófica e estímulo

do hipotálamo. Trans-CAR (cicloartenol) apresentou forte inibição da atividade do TPA na promoção de tumores nesses animais e, é muito provável que os ferulatos de 4- $\alpha$ -metil-esteróis e esteróis descritos neste artigo também sejam efetivos como promotores antitumor. O farelo de arroz que contém vários álcoois triterpênicos e ésteres do ácido ferúlico pode apresentar potencial para a quimioprevenção do câncer.

Sierra (2005) descobriu que o óleo do farelo de arroz modulou o sistema imune pelo aumento da proliferação de linfócitos-B. A redução encontrada nos níveis de Th2 (Th1 e Th2 são importantes estágios heterogêneos da diferenciação dos linfócitos) e IgE sugerem que esse óleo pode ter propriedades antialergênicas. Embora o  $\gamma$ -orizanol possa modular o sistema imune, ele não foi o responsável pelo efeito imuno-estimulante geral observado com o óleo de farelo de arroz. O aumento da taxa de proliferação de Linfócitos T e B, em camundongos alimentados com óleo de farelo de arroz foi significativo, o que se refletiu no aumento do número de esplenócitos por camundongo. Citoquinas Th1 aumentaram no grupo com óleo de farelo de arroz, porém Th2 diminuíram e, devido a essa redução, diminuiu também a quantidade de imunoglobulinas relacionadas à alergia em camundongos, como as IgE e IgG1, observando-se também a redução dos níveis plasmáticos de histamina. A resposta imune dos macrófagos primários esteve significativamente elevada no grupo óleo de farelo de arroz. A composição de ácidos graxos da dieta a base de óleo de farelo de arroz, sem a fração insaponificável, foi a principal responsável pela imunomodulação observada com esses tipos de dietas baseadas neste óleo.

O óleo pode ter propriedades antibacterianas e antialergênicas indiretas podendo ser incluído na dieta para obter fortificação das defesas do organismo, pode ser uma alternativa para algumas condições fisiológicas onde o estímulo do sistema imune for necessário. Durante atividade física intensa, as defesas do

organismo também são alteradas e é suposto que o óleo de farelo de arroz possa ajudar com a restauração dos parâmetros imunes normais (SIERRA et al., 2005).

### 2.3 Ácido fítico

O ácido fítico também denominado mio-inositol hexafosfato, apresenta a composição química ( $C_6H_{18}O_{24}P_6$ ) sendo um componente natural de todas as sementes, constituindo 1% a 3% do peso nas leguminosas e cereais, o que responde por 60 a 90% do fósforo total (O'DELL et al., 1972). Os fitatos possuem várias funções fisiológicas importantes para a planta durante o seu ciclo de vida, incluindo o armazenamento de fósforo e cátions, que fornecem matéria-prima para a formação das paredes celulares, após a germinação da semente. Estudos demonstram também que o ácido fítico protegeria a semente contra o dano oxidativo durante a sua armazenagem (ERDMAN, 1979; MAGA, 1982; GRAFF; EATON, 1984).

Segundo O'Dell et al. (1972), 85% do ácido fítico do arroz está no pericarpo, 13% no gérmen e 2% no endosperma. Outros dados mencionam, para farelo de arroz gorduroso, valores de fitatos totais da ordem de 3,65g e 4,48g, por 100g (RAVINDRAN; RAVINDRAN; SIVALOGAN, 1994; BERGMAN; GUALBERTO; WEBER, 1997), e de 6,25 a 6,9g, por 100g, para o farelo desengordurado (WEBER; CHAUDHARY, 1987; DOMENE, 1996), sendo que o ácido fítico ( $IP_6$ ) naturalmente presente no farelo de arroz representa de 85 a 92% dos fitatos totais (SANDBERG; AHDERINNE, 1986; LEHRFELD; MORRIS, 1992).

Numerosas são as publicações que ressaltam as propriedades antinutricionais dos fitatos. O ácido fítico, em pH neutro e alcalino forma complexos insolúveis com cátions di e polivalentes, comprometendo a biodisponibilidade de certos minerais, principalmente zinco, cálcio, ferro e cobre (CHERYAN, 1980; MORRIS; ELLIS, 1980; REDDY et al., 1982; GRAF; EATON, 1984; LASZTITY;

LASZTITY, 1990; OBERLEAS, 1993; DOMENE, 1996), ao passo que, diversos benefícios vêm sendo apontados para estes compostos (HASLER, 1998).

É possível ativar a fitase endógena do farelo, ocasionando a eliminação quase completa do ácido fítico (NAYINI; MARKAKIS, 1983; BARTNIK; SZAFRANSKA, 1987; SANDBERG; SVANBERG, 1991), o qual geraria fosfato inorgânico livre, mais o inositol, passando pelos produtos intermediários correspondentes. Esse processo, entretanto, requer a utilização da matéria-prima na sua forma virgem, ou seja, farelo não estabilizado por tratamento térmico, emprego de reatores, inclusão de passos de hidratação, incubação, seguidos de desidratação, posterior extração do óleo e estabilização. É evidente que o processo se mostra excessivamente caro. Alternativamente, porém, para preservar a atividade da enzima endógena, o desengorduramento poderia ser efetuado por extração inicial do óleo com solvente, evitando-se o uso de temperaturas elevadas sem, entretanto, haver garantia de diminuir significativamente os custos.

O teor médio de fitatos totais no farelo estabilizado, determinado por método colorimétrico, foi de aproximadamente 0,66g /100g, confirmando que o processo de estabilização do farelo não traz consequência significativa para o teor de fitatos. O fosfato de inositol (IP<sub>6</sub>) no farelo de arroz estabilizado apresenta 6,8g por 100g, o equivalente a 84,8% do teor total. Os fosfatos de inositol encontrados em grãos usualmente contêm ao redor de 90% do inositol na forma hexafosfórica, correspondendo os restantes 10% à somatória dos pentafosfatos, tetrafosfatos e trifosfatos. O uso de fitase comercial exógena de arroz é pouco eficaz para a remoção de ácido fítico em farelo estabilizado. O farelo estabilizado não possui fitase endógena ativa e qualquer tratamento que tenha como objetivo a diminuição expressiva do nível de fitato deve ser efetuado em etapa anterior ao aquecimento,

para que a fitase endógena possa ser utilizada (CUNEO; AMAYA-FARFAN; CARRARO, 2000).

Pesquisa realizada por Andrade (2002), com grãos de cereais crus e processados termicamente, demonstrou que o tratamento térmico favorece a hidrólise do fitato, fazendo com que não interfira na biodisponibilidade de metais (Zn, Cu) apresentando uma biodisponibilidade de no mínimo 80% para o zinco e 50% para o cobre para as amostras de arroz analisadas (polido, integral e parbolizado).

De acordo com Erdman (1979), Graf (1983) e Cuneo, Amaya-Farfan e Carraro (2000), o ácido fítico tem como função mais importante a quelação de metais.

A ingestão de alimentos ricos em ácido fítico (farelos e produtos integrais) mantém adequados os níveis de cálcio urinário, permitindo mais efetivamente, *in vitro*, a inibição da cristalização do oxalato de cálcio (GRASES et al., 1998), prevenindo o desenvolvimento de cálculos renais (GRASES et al., 2000).

Cuneo, Amaya-Farfan e Carraro (2000) tem enfatizado a importância na ação carcinostática (atua na vitalidade das células cancerígenas) do ácido fítico sendo também utilizado como aditivo alimentar na exaltação do sabor de carnes e peixes.

## **2.4 Análise sensorial**

As propriedades funcionais do farelo do arroz não condizem com a sua taxa de consumo na alimentação humana, ele precisa ser transformado em outro produto para ser consumido, uma vez desenvolvido esse novo produto, a análise sensorial irá indicar a sua aceitabilidade (SANCHES et al., 2004).

A análise sensorial compreende um conjunto de técnicas e métodos que são empregados para identificar e avaliar através dos órgãos dos sentidos, uma variedade de propriedades sensoriais dos alimentos e objetos. A avaliação sensorial traz informações integradas entre a qualidade dos alimentos e até que ponto tais alimentos estão aptos ao consumo correspondendo às suas exigências. Os hábitos alimentares desempenham importante papel quando se trata de aceitar ou rejeitar um produto. O objetivo fundamental da avaliação sensorial é prover informações para a decisão do processo de produção de um produto alimentício. De acordo com este autor, em um contexto industrial, a análise sensorial é empregada para minimizar os riscos associados com a introdução e avaliação da permanência de novos produtos no mercado (BECH et al., 1994).

A análise sensorial é uma ciência multidisciplinar na qual julgadores humanos avaliam as características sensoriais e a aceitabilidade de produtos alimentícios. Não existe nenhum outro instrumento que possa reproduzir ou representar a resposta humana. Portanto, a avaliação sensorial resulta em um fator importante para qualquer estudo sobre alimentos (WATTS et al., 1992).

A avaliação sensorial segundo Pedrero e Pangborn (1989) é responsável pela qualificação e quantificação das características de um produto ou ingrediente os quais são perceptíveis através dos sentidos humanos. Algumas características citadas pela importância são: aparência, aroma, sabor, textura e som.

Uma questão importante no processo de desenvolvimento de um produto é o seu ciclo de vida, que apresenta uma estreita relação com o grau e nível de avanço tecnológico incorporado ao seu desenvolvimento, com o segmento de mercado para o qual o mesmo foi desenvolvido; além de auxiliar na definição do momento para sua retirada ou reposicionamento no mercado (SOUZA FILHO; NANTES, 2004).

Conforme afirma Almeida et al. (1999), os métodos sensoriais alcançaram um nível significativo devido à ampla disseminação dessa ciência. Esses métodos podem ser classificados em dois grandes grupos: aqueles de respostas objetivas e aqueles de respostas subjetivas.

## **2.5 Vida de prateleira**

A vida útil varia com o tipo de alimento, temperatura de estocagem e embalagem utilizada. Devem ser observados alguns danos que interferem no tempo de armazenagem dos alimentos, como: contaminação microbiana, contaminação por insetos e roedores, oxidação, hidrólise e reversão em gorduras, oxidação de pigmentos, reações de escurecimento não-enzimático, alterações devido o ganho de umidade, atividade enzimática, perda de valor nutritivo, interações com os recipientes e perda da qualidade estética. Análise de vida de prateleira é prática comum para estimar a estabilidade de um dado produto alimentar. A vida de prateleira é o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício. Durante esse período o produto se caracteriza pelo nível satisfatório de qualidade (CABRAL; FERNANDES, 1980).

Dependendo da natureza do produto, várias propriedades ou parâmetros de qualidade em termos sensoriais, microbiológicos e físico-químicos, devem ser avaliados (LABUZA; SCHMIDL, 1985)

Para o estabelecimento da vida de prateleira, a qualidade dos alimentos é definida por parâmetros fisiológicos, valores nutricionais e atributos sensoriais como cor, sabor e textura ou consistência. A diminuição da qualidade e a redução da vida

de prateleira podem ser consequências do efeito de uma ou mais destas propriedades (PFEIFFER et al., 1999)

No desenvolvimento de novos produtos um ponto chave é a determinação da vida de prateleira, sendo que esta pode ser definida como o tempo decorrido entre a produção e a embalagem do produto até o ponto que este se torna inaceitável ao consumo (ELLIS, 1996). Inicialmente identificam-se as características dos ingredientes, as condições de processos e de estocagem que poderão influenciar na vida de prateleira do produto estudado. Em seguida, monitorando-se e controlando-se os parâmetros de processo, pode-se determinar exatamente o final do tempo de vida de prateleira, ou seja, o momento em que o produto não é mais seguro para o consumo (LEWIS; DALE, 1996).

Quando tratamos de um alimento, além do ciclo de vida, outro aspecto importante a ser considerado é o seu tempo de vida de prateleira, que pode ser definido com auxílio da avaliação sensorial, associada à avaliação de sua segurança microbiológica e características químicas, físico-químicas e nutricionais. A vida de prateleira de um alimento é, portanto, um critério para a avaliação do seu tempo de estabilidade e para o estabelecimento de critérios para avaliação de alterações com base em seus atributos sensoriais (cor, sabor, aroma e textura). A seleção e definição de uma embalagem adequada para cada tipo de alimento de grande importância no estabelecimento e manutenção de sua vida de prateleira. Sendo assim, no desenvolvimento de um produto (alimento) deve ser considerada também a adequação de sua embalagem (SOUZA FILHO; NANTES, 2004).

O índice de estabilidade global (GSI) é um novo método utilizado para quantificar a degradação da qualidade de alimentos durante o armazenamento ou comercialização. Este índice possibilita o julgamento da degradação por causa microbiológica, físico-química e sensorial de alimentos durante a estocagem. Esse

novo método tem sido testado com sucesso em pesquisa de estabilidade de uma bebida carbonatada a base de laranja, considerando simultaneamente, o tempo de variação dos sólidos solúveis (Brix) e a pressão parcial de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da bebida (ACHOUR, 2006).

A pesquisa realizada por Achour (2006) mostrou uma diminuição da estabilidade e qualidade de alguns alimentos em relação ao tempo. A variação refletiu as mudanças relativas da qualidade nutritiva em termos de sólidos solúveis e do aspecto sensorial em termos de CO<sub>2</sub> existente na bebida.

Devido à complexidade dos alimentos, a previsão da sua vida de prateleira não é uma tarefa fácil e de resultado preciso. Contudo, é sempre muito importante ter o máximo de informações sobre o alimento a conservar. Um bom conhecimento do mecanismo ou da cinética das reações de deterioração irá possibilitar uma estimativa da sua vida de prateleira, além do que orientará quanto às condições de conservação mais adequadas àquele tipo particular de alimento. A vida de prateleira refere-se ao tempo compreendido entre o processamento e o consumo de um produto alimentício, quando ele ainda tem qualidade satisfatória em termos de valor nutricional, sabor, odor, textura e aparência. A importância da avaliação sensorial no estabelecimento da vida de prateleira durante o desenvolvimento de um produto alimentício deve-se a questão de que, mesmo este estando microbiologicamente seguro e nutricionalmente adequado, caso seus atributos sensoriais sejam considerados inadequados frente à percepção dos consumidores, o produto será rejeitado (FREITAS et al., 2000).

Um dos parâmetros observados na vida de prateleira é a reologia, sendo que a maioria dos trabalhos publicados aborda os efeitos do tratamento térmico nas proteínas do leite (MORIN et al. 2007). Rynne et al. (2004) também encontraram que a tratamento térmico afeta a matriz protéica.

Para proteínas de arroz, Oszvald et al. (2008) estudaram seis cultivares de arroz Australiano, utilizando a mesma técnica para as proteínas do trigo, e concluíram que a insolubilidade do endosperma das proteínas do arroz ocorre principalmente devido à hidrofobicidade, às pontes de hidrogênio e às ligações dissulfeto entre peptídeos tipo globulina, o que proporciona um comportamento reológico característico para esse cereal.

## **2.6 Alimentos funcionais**

O interesse no desenvolvimento de alimentos funcionais tem prosperado devido à procura por alimentos que podem melhorar a saúde e o bem-estar dos consumidores. O conceito de alimentos funcionais inclui alimentos ou seus ingredientes, que podem exercer um efeito benéfico na saúde do usuário e/ou reduzir o risco de doenças crônicas através de funções nutricionais básicas (HUGGETT; SCHLITER, 1996).

Diversos tipos de produtos funcionais que são considerados atuantes na pressão sanguínea, no colesterol e na glicose sanguíneas e na osteoporose, foram introduzidos no mercado de consumo com sucesso (SANDERS, 1998).

Pesquisas com alimentos funcionais têm crescido progressivamente através do desenvolvimento de suplementação dietética, introduzindo o conceito de probióticos e prebióticos, os quais podem afetar a composição e a atividade microbiana nos intestinos (ZIEMER; GIBSON, 1998).

Alimentos probióticos são definidos como aqueles que contêm uma cultura simples ou uma mistura de microrganismos que afetam benéficamente a saúde dos consumidores pela melhora do balanço microbiano intestinal (FULLER, 1989).

Há evidência científica, baseada principalmente em estudos “in vitro” e em testes clínicos usando animais, que sugerem o potencial dos efeitos benéficos de microrganismos probióticos, tais como: metabolismo da lactose, controle de infecções gastrointestinais, supressão do câncer, redução do colesterol sérico e estímulo imunológico (GILLILAND, 1990; SALMINEN et al., 1998; FOOKS et al., 1999).

Um prebiótico é um ingrediente de um alimento que não é hidrolisado pelas enzimas digestivas gastrointestinais no trato superior e afeta benéficamente o usuário pela seletividade da flora intestinal, estimulando o crescimento e/ou a atividade de um ou de um número limitado de bactérias no cólon, que podem melhorar a saúde do usuário (GIBSON; ROBERFROID, 1995).

A fermentação por bactérias lácticas de cereais é um método de processamento e esta sendo usado na Ásia e África para a produção de várias formas de alimentos como bebidas e mingaus (CHARALAMPOPOULOS; PANDIELLA; WEBB, 2002).

Produtos probióticos são normalmente padronizados com base na presunção de que a viabilidade da cultura é uma razoável medida da atividade probiótica, assim, a habilidade das cepas para atingir uma alta população de células é muito importante. Uma concentração de aproximadamente  $10^7$  células/mL é considerado funcional (GOMES; MALCATA, 1999; SHORTT, 1999).

Lactobacilos e bifidobactérias têm necessidades nutricionais complexas tais como, de carboidratos, aminoácidos, peptídeos, ésteres graxos, sais, derivados de ácidos nucléicos e vitaminas, que variam muito de espécie para espécie (SEVERSON, 1998).

Vários estudos clínicos têm sugerido que a fibra dietética pode promover efeitos benéficos como laxação e diminuição do colesterol sanguíneo (SPILLER,

1994) assim como redução da glicemia (BIJLANI, 1985), podendo também diminuir o risco o câncer (McCANN; MOYSICH; METTLIN, 2001), diabetes (WANG et al., 2001), doenças cardíacas (FERNANDEZ, 2001) e obesidade (BURTON-FREEMAN, 2000).

Os cereais têm sido investigados quanto aos seus potenciais de uso no desenvolvimento de alimentos funcionais. A área total de cultivo de cereais tem crescido cerca de 73% no mundo e contribui com mais de 60% da produção mundial de alimentos fornecedores de fibras alimentares, proteínas, energia, minerais e vitaminas necessárias para a saúde humana. A possível aplicação de cereais ou constituintes de cereais na formulação de alimentos funcionais pode ser resumida como: substratos fermentáveis para o crescimento de microrganismos probióticos, especialmente lactobacilos e bifidobactérias; fibra dietética promotora de vários efeitos fisiológicos benéficos; prebióticos devido a seus conteúdos de carboidratos específicos não digestíveis; encapsulação de materiais para probióticos aumentando sua estabilidade (CHARALAMPOPOULOS et al., 2002).

A fermentação de cereais por bactérias lácticas é um método de processamento e está sendo usado na Ásia e África para a produção de várias formas de alimentos como bebidas e mingaus (CHARALAMPOPOULOS et al., 2002).

Charalampopoulos et al. (2002) estudaram cepas de *Lactobacillus reuteri*, *L.plantarum*, *L.acidophilus* e *L.fermentum* isolados de cereais e observaram que essas cepas cresceram em culturas de extratos de malte, trigo e cevada sem a adição de quaisquer suplementos.

A fermentação ácido láctica normalmente melhora o valor nutricional e a digestibilidade dos cereais. Cereais são limitados em aminoácidos essenciais como a treonina, lisina e triptofano, fazendo com que a qualidade de sua proteína seja

pobre comparada com as de animais e do leite (CHAVAN; KADAM, 1989). A digestibilidade de suas proteínas também é menor do que aquelas dos animais, devido parcialmente a presença de ácido fítico, taninos e polifenóis os quais se ligam à proteína, tornando-a indigerível (OYEWOLE, 1997).

A fermentação láctica de diferentes cereais tais como milho e sorgo tem tido efetividade significativa para reduzir a quantidade de ácido fítico, taninos e aumentar a disponibilidade protéica (CHAVAN et al., 1988; LORRI; SVANBERG, 1993).

Várias técnicas de encapsulação usando frações de cereais têm sido testadas para melhorar a viabilidade de probióticos em alimentos funcionais, empregando grânulos (WANG et al., 1999) cápsulas de amido líquido (JANKOWSKI; ZIELINSKA; WYSAKOWSKA, 1997) e géis (SHAH; RAVULA, 2000). Todas as diferentes técnicas de encapsulação podem ser utilizadas para transmitir elementos probióticos fazendo com que as características sensoriais dos produtos sejam melhoradas ou conservadas.

Os principais carboidratos constituintes de cereais são os amidos, outros carboidratos são componentes das fibras alimentares e vários açúcares livres como a glicose, xilose, frutose, maltose, sacarose e arabinose. O conteúdo desses componentes depende da variedade, do processamento e da quantidade de água adicionada (BECKER; HANNERS, 1991).

Fibra alimentar é a parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que resistem a hidrólise das enzimas do trato alimentar. As fibras alimentares correspondem aos componentes da parede celular e de estruturas intercelulares dos frutos e vegetais e também das sementes. As fibras podem ser divididas em duas categorias de acordo com sua solubilidade em água. A fibra solúvel em água consiste principalmente de polissacarídeos não amiláceos, principalmente  $\beta$ -glucana e arabinoxilano. Além disso, as fibras não estão totalmente indisponíveis, pois uma

parte é metabolizada a compostos voláteis no trato gastrointestinal. Formando uma solução viscosa, as fibras solúveis atrasam o esvaziamento gástrico e reduzem a absorção de glicose e esteróis pelo intestino. A fibra solúvel também diminui colesterol sérico, glicose sanguínea pósprandial e insulina no corpo humano. As fibras insolúveis em água contêm lignina, celulose, hemicelulose e polissacarídeos não amiláceos tais como arabinóxilano não extraídos em água (BINGHAM, 1987; MARLETT, 1990).

A quantidade de fibras alimentares dos diferentes cereais apresenta uma variação expressiva: arroz 3,9%, cevada 10,0%, milho 15,0% e leguminosas 13,6 a 28,9%. Nos cereais, os componentes botânicos da maioria das fibras, geralmente ocorrem decrescendo da camada externa do pericarpo para o endosperma, exceto o arabinóxilano, o qual é o maior componente da parede celular do endosperma (HERRERA et al., 1998).

O interesse pelas fibras como integrantes importantes na dieta apareceu a partir de dados epidemiológicos que relacionam a elevada ingestão de fibras alimentares com a menor incidência de doenças crônicas, como alguns tipos de câncer, as cardiovasculares, obesidade, hiperlipidemia e diabetes melitus. Através das propriedades físicas dos diferentes tipos de fibras, como a viscosidade, a característica de adsorver os ácidos biliares, a capacidade de reter água e a capacidade de troca catiônica, ainda hoje permanece o avanço nos conhecimentos sobre seus efeitos fisiológicos no trato gastrointestinal. Entre esses vários efeitos aparecem a modificação da resposta glicêmica, a redução das concentrações plasmáticas de colesterol, a redução da biodisponibilidade de alguns nutrientes e o bom funcionamento do intestino. Todas as evidências do benefício global das fibras alimentares à saúde devem-se ao forte empenho na ingestão de fibras como meta

na terapia nutricional, assim como orientações nutricionais para promoção da saúde. (FRANK et al., 2005).

Um dos mais importantes constituintes das fibras alimentares é a  $\beta$ -glucana. Várias formas têm sido reconhecidas com efeitos terapêuticos positivos importantes na doença coronariana, redução do colesterol e na resposta glicêmica (WOOD, 1993; BEER et al., 1995). Entre os grãos de cereais, a cevada e a aveia contém os maiores níveis de  $\beta$ -glucana variando entre 3 e 11% e está normalmente concentrada na camada interna, nas células da parede de aleurona e endosperma da sub-aleurona (WOOD, 1993; WOOD, 1997; KOKSEL et al., 1999).

Pelo menos dois grupos de oligossacarídeos estão presentes nos grãos cereais. São eles: os derivados galactosil da sacarose (estaquiase e rafinose); os derivados frutossil da sacarose (fruto-oligossacarídeos) (HENRY; SAINI, 1989). A distribuição exata desses polímeros dentro do grão de cereal ainda não está completamente estabelecida (YAMADA et al., 1993).

Amido resistente foi reconhecido como um alimento funcional com papel importante na fisiologia digestiva; por não ser digerido no intestino delgado, este composto torna-se disponível como substrato para fermentação pelas bactérias anaeróbicas no cólon (JENKINS et al., 1998), compartilhando muitas das características e efeitos benéficos atribuídos à fibra alimentar (BERRY, 1986), entre os quais, prevenção de doenças inflamatórias do intestino, manutenção da mucosa intestinal, controle dos níveis glicêmicos, reduções nas concentrações de colesterol e de triglicérides, aumento do volume fecal e, possivelmente, redução do risco de câncer de cólon (JENKINS et al., 1998). Esse amido também fornece metabólitos, incluindo ácidos graxos de cadeia curta com ação no cólon. Além de seu efeito terapêutico, o amido resistente proporciona características sensoriais importantes,

como melhor aparência, textura e mastigabilidade do que as fibras convencionais (MARTINEZ FLORES et al., 1998).

O conhecimento das propriedades físico-químicas do amido nos alimentos permite aos pesquisadores entender melhor os fenômenos envolvidos na formação do amido resistente. Além disso, evidencia-se a importância de conhecer o real conteúdo desse amido nos produtos alimentícios, tanto *in natura* quanto processados, para a elaboração de dietas mais adequadas e o desenvolvimento de alimentos funcionais que possibilitem uma melhor nutrição, promoção de saúde e diminuição do risco de doenças (LOBO; SILVA, 2003).

O desenvolvimento de novos produtos alimentícios envolve uma grande campanha de “marketing” e muitas vezes o consumidor necessita um tempo de adaptação. Para cada inovação ou apenas reformulação dos produtos existentes, ingredientes de alimentos funcionais precisam ser capazes de produzir satisfação e exceder as expectativas dos consumidores conscientes de alimentos saudáveis. Portanto, os cereais, além da capacidade de crescimento e manutenção das bactérias ácido lácticas do intestino humano, podem conter compostos prebióticos em potencial, enquanto sua funcionalidade permanecer explorada (CHARALAMPOPOULOS et al., 2002).

Um alimento pode ser considerado funcional se conseguir demonstrar satisfatoriamente que possui um efeito benéfico sobre uma ou várias funções específicas no organismo (além dos efeitos nutricionais habituais) ocasionando a melhora do estado de saúde e o bem-estar e/ou reduzindo o risco de uma enfermidade (BRUZZESE et al., 2006).

A portaria nº. 398 de 30/04/99 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério Saúde no Brasil define que "alimento funcional é todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como

parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica" (BRASIL, 99).

Segundo Kim et al. (2006) os alimentos funcionais ou nutracêuticos quando ingeridos, devem exercer no organismo uma função específica, que permita a regulação de algum processo corporal concreto como:

- Aumento dos mecanismos biológicos de defesa.
- Prevenção de alguma enfermidade específica.
- Controle das condições físicas e mentais.
- Retardo dos processos de envelhecimento.
- Facilidade na recuperação de alguma enfermidade.

Os benefícios saudáveis oferecidos pelos alimentos funcionais são determinados pelos ingredientes utilizados nas formulações. Kim et al. (2006) destacam algumas classes reconhecidas como favorecedoras da saúde:

- Fibras alimentares
- Oligossacarídeos
- Proteínas e peptídeos
- Vitaminas
- Antioxidantes
- Minerais (micronutrientes)
- Ácidos graxos poliinsaturados
- Bactérias ácido-láticas

O ideal é que os consumidores tenham acesso a alimentos que melhorem a saúde e a qualidade de vida, com novas opções, que proporcionem mais fácil a manutenção de uma dieta saudável, retardando os processos de envelhecimento e

aumentando os mecanismos biológicos de defesa e prevenindo possíveis enfermidades.

## **2.7 Farelo de arroz e possíveis efeitos no estresse**

Uma das propriedades referidas para o farelo de arroz é seu possível efeito como atenuante no estresse. As avaliações em animais e humanos estão relacionadas com o desenvolvimento de mecanismos de resposta de cada indivíduo ao consumo de alimentos, ambiente ou medicamentos. Das vitaminas presentes no farelo de arroz, as do complexo B (B<sub>1</sub> e B<sub>3</sub>), tiamina e niacina, respectivamente, apresentam atividades sobre o Sistema Nervoso Central (antidepressivo e calmante natural) atuando também na esquizofrenia, neuralgia e cansaço (KIM et al., 2001).

Em seres humanos e animais experimentais, o estresse pode alterar determinados parâmetros bioquímicos, dependendo do tipo de estressor (SPIVACK et al., 1997). Além disso, o estresse é um fator de risco que pode ocasionar problemas cardiovasculares, sendo que diferentes tipos de lipídeos na dieta podem interferir nas concentrações séricas de colesterol e triglicérides (KELLY, 1999).

Dentre as doenças mais ameaçadoras da vida moderna estão os distúrbios de ansiedade e de depressão, cujo desenvolvimento está intimamente relacionado à situações de estresse, representando importantes problemas de saúde pública (BRAWMAN-MINTZER; LYDIARD, 1997; WONG; LICINIO, 2001). Pouco se sabe acerca dos mecanismos biológicos e celulares básicos destas psicopatologias, apesar dos inúmeros estudos pré-clínicos e clínicos nesta área (WONG; LICINIO, 2001). O estresse, por sua vez, promove mudanças fisiológicas e comportamentais

que podem ser a base de várias doenças, envolvendo alterações de comportamento e de imunidade.

Ratos expostos a diferentes estímulos físicos, químicos ou emocionais apresentam como resposta uma série de mudanças patofisiológicas. Estas respostas englobam uma fase inicial, denominada de reação de alarme geral, a qual ocorre independente da natureza do estímulo, caracterizando-se pelo aumento das glândulas adrenais e por evidente diminuição do timo e outros órgãos linfóides acompanhada de hemorragias, principalmente no trato gastrointestinal. À reação de alarme segue-se um período de resistência, a "síndrome de adaptação geral", durante a qual os órgãos retomam ao seu estado normal, desde que o estímulo seja retirado ou sua intensidade reduzida. Se, entretanto, o estímulo é mantido ou sua intensidade aumentada, os sintomas da reação de alarme retornam, podendo ocorrer exaustão ou mesmo a morte (DUBROVSKY, 2000).

Certas doenças podem ser o resultado de uma falta de adaptação ao estímulo estressor e a resposta do estresse pode ser descrita em termos de: a) mudanças nos níveis de glicose sanguínea e eletrólitos; b) elevação na contagem dos leucócitos sanguíneos; c) hipertrofia adrenocortical, d) involução do timo (BERCZI; NAGY, 1994).

Selye (1946) propôs um papel fundamental para os hormônios da pituitária na etiologia da resposta ao estresse, considerando seu efeito devido em parte à liberação do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), o qual aumenta o tamanho adrenocortical e leva à produção do hormônio cortisol acarretando mudanças metabólicas (carboidratos, eletrólitos), atrofia do timo, etc., mas também à inibição da secreção das gonadotrofinas, prolactina e hormônio do crescimento, sendo estas características reconhecidas atualmente como "resposta de fase aguda", com suas alterações na função imune, metabólica e neuroendócrina (BERCZI; NAGY, 1994).

O hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) é o principal regulador da produção e secreção de cortisol. O ACTH é secretado pela hipófise anterior em resposta à liberação, pelo hipotálamo, do hormônio liberador de corticotrofina (CRH). O hormônio antidiurético (ADH), a ocitocina e as catecolaminas podem influenciar o ritmo diurno do ACTH. Febre, hipoglicemia, estresse, distúrbios psicológicos podem disparar a liberação de ACTH (BERCZI; NAGY, 1994).

Podem ocorrer picos de secreção de ACTH pós-estresse ou pós-alimentação; sendo um parâmetro indicado para o diagnóstico da doença de Addison, em que se encontra extremamente elevado, e na síndrome de Cushing, podendo ajudar no diagnóstico diferencial entre patologia adrenal primária (adenoma ou carcinoma) com valores muito baixos e o hipercortisolismo ACTH-dependente com valores elevados (BUCKINGHAM et al., 1992).

O ritmo circadiano regula diversos picos de secreção de substâncias no organismo humano. O cortisol apresenta valores de referência mais elevados às 8 horas do que às 20 horas. A transferrina apresenta valores máximos entre 6 e 8 horas. O hormônio do crescimento, a aldosterona e a fosfatase ácida encontram-se mais altos às 6 horas do que às 15 horas. O ACTH, ferro sérico e a creatinina apresentam-se 30 a 50% mais elevados às 7 horas do que às 19 horas. Os triglicérides estão mais altos à tarde, assim como a uréia, o fosfato e o urobilinogênio urinário (DUNN, 1995).

Selye (1946) demonstrou que a administração de cortisona ou ACTH suprimia a reação inflamatória produzida pela injeção de albumina em ratos, enquanto os mineralocorticóides tinham ações opostas. Esta observação demonstrou que estes glicocorticóides (cortisona e cortisol) exibiam atividade anti-inflamatória poderosa em uma variedade de modelos animais e, por fim, que eles

reprimam as respostas inflamatórias em pacientes com artrite reumatóide, febre reumática e inflamações alérgicas (BERCZI; NAGY, 1994).

A resposta adaptativa ao estresse parece depender da qualidade (física ou emocional), intensidade e duração (agudo ou crônico) do estímulo, assim como o estado do organismo. Um estressor pode ser visto como qualquer perturbação que rompa a homeostase. Assim, estressores físicos incluem alterações do meio interno (anoxia, hipoglicemia), externo (frio e calor) e múltiplos estressores (estímulos nocivos, esforço físico, como exercícios ou lesões). Os estressores psicológicos, por sua vez, são estímulos que afetam as emoções e resultam em medo, ansiedade ou frustração, e estão entre os mais potentes ativadores do eixo HPA (hipotálamo-pituitária-adrenal) (MELLO, 2005).

Um dos motivos do aumento da secreção dos glicocorticóides que ocorre no estresse é seu disparo inicial por estímulos que convergem sobre o hipotálamo, precipitando a liberação do hormônio liberador da corticotrofina (CRH) e arginina - vasopressina (AVP) dentro da circulação porta-hipofisária (OWENS; NEMEROFF, 1991). Estes peptídeos agem sinergicamente nos corticotrófos (células que secretam ACTH) aumentando a secreção episódica deste hormônio, com o aumento da amplitude do CRH. O CRH também estimula a biossíntese do ACTH promovendo mitogênese corticotrófica (BUCKINGHAM, 1996).

A resposta ao estresse está, portanto associada com aumentos nos níveis de glicocorticóides. As respostas adrenocorticais aos estímulos recebidos (isto é, estresse e fatores circadianos) são mantidas dentro de limites apropriados por uma série de mecanismos pelos quais os glicocorticóides regulam negativamente sua própria secreção (BUCKINGHAM et al., 1992; BUCKINGHAM, 1996).

Como conseqüências da exposição ao estresse no sistema nervoso central (SNC), o cérebro controla a interpretação do que é estressante e de quais respostas

comportamentais e fisiológicas têm de ser produzidas em resposta ao estresse. O cérebro é também o principal alvo do estresse, junto com os sistemas imune e cardiovascular e o metabolismo celular, além de outros sistemas do organismo. Comportamentalmente, a resposta ao estresse pode consistir em reações de "fuga ou luta" ou comportamentos potencialmente relacionados à manutenção do estado saudável, como ingestão de comida, consumo de álcool, fumo e outras formas de abuso de drogas. Outro tipo de reação a situações potencialmente estressantes é um estado aumentado de vigilância, acompanhado, ao menos na espécie humana, de um aumento da ansiedade e da preocupação, particularmente quando a ameaça não é bem definida, é imaginária ou quando não há uma resposta comportamental alternativa bem clara que finalize a ameaça, sendo que as respostas comportamentais ao estresse e os estados de ansiedade são capazes de exacerbar e potencializar a produção de mediadores fisiológicos do estresse (McEWEN, 2000).

Uma das funções primárias do cérebro é perceber, avisar do perigo e capacitar o organismo para lidar com as conseqüências. Essa função é cumprida através da liberação de neurotransmissores (dopamina e noradrenalina) e hormônios (cortisol e liberador de corticotropina) em resposta ao estresse. No entanto, é importante ressaltar as limitações de uma generalização entre espécies no que diz respeito aos estudos acerca de situações de estresse e suas conseqüências (DEMETRIKOPOULOS et al., 1998).

As condições de estresse podem produzir seus efeitos na função imune de diversas maneiras. A resposta clássica de estresse, como descrita por Selye (1946), consiste na liberação de hormônio liberador de corticotropina (CRH) do hipotálamo, hormônio adeno-corticotrófico (ACTH) da pituitária anterior, e glicocorticóides do córtex adrenal.

Diversas psicopatologias, como a depressão endógena, a anorexia nervosa e o distúrbio de pânico se devem a anormalidades na regulação das respostas generalizadas de estresse, resultando em um aumento de secreção de hormônio liberador de corticotrofina e/ou catecolaminas, críticos nas alterações comportamentais e fisiológicas subseqüentes ao estresse (JOHNSON et al., 1992).

A ansiedade, o medo e o estresse têm suas origens nas reações de defesa dos animais, que ocorrem em resposta aos perigos encontrados em seu meio ambiente. Em condições de estresse, o eixo neuroendócrino ativa a medula das supra-renais. Em conseqüência, os efeitos são: o aumento da pressão arterial, do volume sangüíneo para o cérebro, do ritmo cardíaco, da estimulação dos músculos estriados e de ácidos graxos, triglicérides e colesterol no sangue, entre outros (MARGIS et al., 2003).

Em seres humanos e animais experimentais, o estresse pode alterar determinados parâmetros bioquímicos, dependendo do tipo de estressor (SPIVACK et al., 1997). Além disso, o estresse é um fator de risco para problemas cardiovasculares, sendo que diferentes tipos de lipídeos na dieta podem interferir nas concentrações séricas de colesterol e triglicérides (KELLY, 1999).

Nos testes de laboratório usando a ambulação como única medida do comportamento espontâneo; como no teste do campo-aberto (*open-field*), sua ocorrência pode ser resultado de acionadores opostos, como o exploratório e o emocional, havendo um conflito entre explorar o novo ambiente (tendência natural nos animais) e o medo gerado pela novidade. A combinação do “*hole-board*” com outro teste, como o labirinto em cruz elevado, método validado para medir a ansiedade experimental, permite medidas independentes da locomoção, exploração e ansiedade em animais de laboratório (STEENBERGEN et al., 1991).

Kim et al. (2001) produziu um extrato de farelo de arroz com água quente, fermentado com *Saccharomyces cerevisiae* e administrou a ratos e camundongos. Esse extrato inibiu grandes alterações de peso na adrenal, timo, baço e tireóide dos animais, sugerindo um efeito antiestresse e também inibiu a atividade da GPT, HDL, colesterol e glicose no soro. A administração desse extrato prolongou significativamente o tempo/capacidade de nado em camundongos, resultando em um aumento no efeito antifadiga.

Estresse representa a reação do corpo ao estímulo que perturba seu equilíbrio fisiológico ou homeostático normal, como resultado, os pesos do baço, timo e tireóide no sistema imune podem estar diminuídos pelo estresse imobilizado. O estresse da imobilização induziu um aumento nos níveis de HDL, GOT, colesterol e glicose no soro, mas isso foi atenuado pela ingestão do extrato de farelo fermentado (KIM et al., 2001).

A este respeito, os distúrbios de ansiedade e de depressão, cujo desenvolvimento está intimamente relacionado a situações de estresse, estão entre as doenças mais ameaçadoras da vida moderna, representando importantes problemas de saúde pública (BRAWMAN-MINTZER; LYDIARD, 1997; WONG; LICINIO, 2001). Apesar dos inúmeros estudos pré-clínicos e clínicos nesta área, pouco se sabe acerca dos mecanismos biológicos e celulares básicos destas psicopatologias (WONG; LICINIO, 2001).

O estresse, por sua vez, promove mudanças fisiológicas e comportamentais que podem ser à base de várias doenças, envolvendo alterações comportamentais e de imunidade (SCHEDLOWSKI; BENSCHOP, 1999; HOLSBOER, 2001).

Devido à carência na literatura de trabalhos relacionando os efeitos do farelo de arroz no estresse e no comportamento animal e humano, pesquisa como esta se torna importante e novos trabalhos terão relevante valor científico.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL-HAMID, A.; LUAN, Y. S. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry**, v.68, n.1, p.15-19. 2000.

ACHOUR, M. A new method to assess the quality degradation of food products during storage. **Journal of Food Engineering**, v.75, n.4, p.560-564. 2006.

AGUILAR-GARCIA, C. et al. Correlation of tocopherol, tocotrienol,  $\gamma$ -oryzanol and total polyphenol content in rice bran with different antioxidant capacity assays. **Food Chemistry**, v.102, n.4, p.1228-1232. 2007.

AHMED, F. et al. Improved shelf-life of rice bran by domestic heat processing and assessment of its dietary consumption in experimental rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 25, p. 60-67, 2007.

AKIHISA, T. et al. Triterpene alcohol and sterol ferulates from rice bran and their anti-inflammatory effects. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.6, p.2313-2319. 2000.

ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; SILVA, M. A. A. P. **Avanços em análise sensorial**. São Paulo. 1999. 286p.

AMANTE, E.R., **Extrato de germen de arroz, Privilégio de Invenção – INPI/SC** - PI0101985- 6. 2001.

AMATO, G.W. **Farelo de Arroz: Uma nova visão**. Porto Alegre; Centro de Excelência do Arroz – IRGA, 2006.

ANDRADE, E. C. B.; BARROS, A. M.; MAGALHÃES, A. C. P.; CASTRO, L. L. S.; TAKASEL, I. Avaliação da biodisponibilidade de cobre e zinco em cereais crus e processados termicamente em meios aquoso e salino. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.179, n.3, p.79-82. 2002.

BARBER, C. B., LLÁCER, M. D., BARBER, S. Contenido de fibra dietética, atributos sensoriales de calidad y composición química del pan integral del comercio. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.23, p.119-131.1983.

BARTNIK, M.; SZAFRANSKA, I. Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. **Journal of Cereal Science**, v.5, n.1, p.23-28. 1987.

BECH, A. C.; ENGELUND, E.; JUHL, H. J. **Qfood: Optimal design of food products**, MAPP Working paper n.19, The Aarhus School of Business. 1994.

BECKER, R.; HANNERS, G. D., 1991. Carbohydrate composition of cereal grains. In: Lorenz, K.I., Kulp, K (Eds.), **Handbook of Cereal Science and Technology**. Marcel Dekker, New York, 1991. pp.469-496.

BEER, M. U.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Effects of oat gum on blood cholesterol levels in healthy young men. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.49, n.7, p.517-522. 1995.

BERCZI, I.; NAGY, E. Neurohormonal control of cytokines during injury. In: N.J. Rothwell and F. Berkenbosch (eds). **Brain control of the response to injury**. Cambridge University Press, Cambridge, pp.96-144. 1994.

BERGMAN, C.J., GUALBERTO, D.G.; WEBER, C.W. Mineral binding capacity of dephytinized insoluble fiber from extruded wheat, oat, and rice brans. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.51, n.4, p.295-310. 1997.

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

BIJLANI, R. L. Dietary fiber: consensus and controversy. **Progress in Food & Nutrition Science**, v.9, n.3-4, 343-393. 1985.

BINGHAM, S. Definitions and intakes of dietary fiber. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.45, n.5 suppl., p.1226-1231. 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Métodos Analíticos Físico-Químicos. Instrução Normativa nº20 de 21/07/1999, **Diário Oficial da União**, Brasília, 09 de setembro de 1999. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

BRASIL. Resolução RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de setembro de 2005. Disponível em: <http://anvisa.gov.br>. Acesso em: 25 de agosto de 2007.

BRAWMAN-MINTZER, O.; LYDIARD, R.B. Biological basis of generalized anxiety disorder. **Journal of Clinical Psychopharmacology**, v.51, p.16-25. 1997.

BRUZZESE, E.; VOLPICELLI, M.; SQUAGLIA, M.; TARTAGLIONE, A.; GUARINO, A. Impact of prebiotics on human health. **Digestive and Liver Disease**, v.38, suppl., n.2, p.S283-S287. 2006.

BUCKINGHAM, J.C. Stress and the neuroendocrine immune axis: the pivotal role of glucocorticoids and lipocortin 1. **British Journal of Pharmacology**, v.118, p.1-19. 1996.

BUCKINGHAM, J.C.; SMITH, T.; LOXLEY, H.D. **The control of ACTH secretion**. In: V.H.T. James (ed). *The Adrenal Cortex*, New York, Raven press, 1992, p.131-158.

BURTON-FREEMAN, B. Dietary fiber and energy regulation. **The Journal of Nutrition**, v.130, suppl., n.2, p.272S-275S. 2000.

CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M.H.C. Aspectos gerais sobre a vida de prateleira de produtos alimentícios. **Boletim do ITAL**, Campinas, v.17, n.4, p.371-439. 1980.

CARVALHO, R. C. **Utilização do farelo de arroz na alimentação: revisão da literatura no período 1970-1998**. 1999. 122f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 1999.

CHARALAMPOPOULOS, D.; PANDIELLA, S.S.; WEBB, C. Growth studies of potential probiotic lactic acid bacteria in cereal-based substrates. **Journal of Applied Microbiology**, v.92, n.5, p.851-859. 2002.

CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S. Nutritional improvement of cereals by fermentation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.28, n.5, p.349-400. 1989.

CHAVAN, U.D.; CHAVAN, J.K.; KADAM, S.S. Effect of fermentation on soluble proteins and in vitro protein digestibility of sorghum, green gram and sorghum green gram blends. **Journal of Food Science**, v.53, n.5, p.574-1575. 1988.

CHEN, M.H., BERGMAN, C.J. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and gamma-orizanol contents. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.18, p.139-151.2005.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.13, p.297-355. 1980.

CUNEO, F.; AMAYA-FARFAN, J.; CARRARO, F. Phytate distribution in stabilized rice bran treated with exogenous phytase. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.94-98. 2000.

DANIELSKI, L. et al. A process line for the production of raffinated Rice oil from Rice bran. **Journal of Supercritical Fluids**, v.34, p.133-141, 2005.

DEMETRIKOPOULOS, M.K.; WEISS, J.M.; GOLDFARB, R.H. **Environmental factors and disease: Stress and cancer**. In: B.S. McEwen (Ed.), Handbook of Physiology, Oxford: Oxford University Press, v.4, p.497-512, 1998.

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

DUBROVSKY, B. The specificity of stress responses to different nocuous stimuli: neurosteroids and depression. **Brain Research Bulletin**, v.51, n.6, p.443-455. 2000.

DUNN, A.J. Interactions between the nervous system and the immune system. Implications for psychopharmacology. **Psycho pharmacology – The Fourth Generation of Progress**, chapter 63.1995. p.719-731.

ELLIS, M.J. **Shelf life evaluation of foods**. London: Black Academic & Professional, 1996. 321p.

ERDMAN, J.W. Oilseed phytates: nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.56, n.8, p.736-741. 1979.

FAO. <http://www.fao.org/newsroom/en/news/2008/1000835/index.html>. Consulta em 10 de março de 2009.

FERNANDEZ, M.L. Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. **Current Opinion in Lipidology**, v.12, n.1, p.35-40. 2001.

FOOKS, L.J.; FULLER, R.; GIBSON, G.R. Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. **International Dairy Journal**, v.9, n.1, p.53-61. 1999.

FRANK, A.A. et al. Carboidratos e Fibras Alimentares. In: FRANK, A.A.; SOARES, E.A. **Nutrição no Envelhecer**. 1. ed. São Paulo: Editora ATHENEU. 2005. cap.3 p. 45-72, 2005.

FREE WEB ENCYCLOPEDIA. **History of rice cultivation**, v.23, p.22. 2005.

FREITAS, A.M.; BUENO NETO, P.R.; BORGES, W. Determinação do self life de um produto alimentício com base em avaliações sensoriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2. 2000, São Carlos-SP. **Anais do Congresso Brasileiro de Desenvolvimento de Produto**, São Carlos: 2. p. 334-339.

FULLER, R. Probiotics in man and animals. **The Journal of Applied Bacteriology**, v.66, n.5, p.365-378. 1989.

GERHARDT, A.L.; GALLO, N.B. Full-Fat Rice Bran and Oat Bran Similarly Reduce Hypercholesterolemia in Humans. **The Journal of Nutrition**, v.128, n.5, p.865-869. 1998.

GHONEUM, M. Anti-HIV Activity in Vitro of MGN-3, an Activated Arabinoxylane from Rice Bran. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.243, n.1, p.25-29. 1998.

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

GILLILAND, S.E. Health and nutritional benefits from lactic acid bacteria. **FEMS Microbiology Letters**, v.87, n.1-2, p.175-188. 1990.

GOMES, A.M.P.; MALCATA, X.F. *Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus acidophilus*: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. **Trends Food Science & Technology**, v.10, n.12, p.139-157. 1999.

GOPALA KRISHNA, A.G.; HEMAKUMAR, K.H.; KHATOON, S. Study on the composition of rice bran oil and its higher free fatty acids value. **JAOCS**, v.83, n.2, p.117-120. 2006.

GRAF, E.; EATON, W. Effects of phytate on mineral bioavailability in mice. **The Journal of Nutrition**, v.114, n.7, p.1092-1198. 1984.

GRASES, F. et al. Effects of phytic acid on renal stone formation in rats. **Scandinavian Journal Urology & Nephrology**, v.32, n.4, p.261-265. 1998.

GRASES, F. et al. Phytate prevent tissue calcification in female rats. **BioFactors**, v.11, n.3, p.171-177. 2000.

HAMADA, J. S. Characterization of protein fractions of rice bran to device effective methods of protein solubilization. **Cereal Chemistry**, v.74, n.5, p.662-668. 1997.

HASLER, C.M. Functional foods. Their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, v.52, n.11, p.63-70. 1998.

HENRY, R.J.; SAINI, H S. Characterization of cereal sugars and oligosaccharides. **Cereal Chemistry**, v 66, n 5, p. 362-365. 1989.

HERRERA, I.M.; GONZÁLEZ, E.P.; ROMERO, J.G. Soluble, insoluble and total dietary fiber in raw and cooked legumes. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.48, n.2, p.179-182. 1998.

HIGASHI-OKAI, K.; KANBARA, K; AMANO, K; HAGIWARA, A.; SUGITA, C.; MATSUMOTO, N.; OKAI, Y. Potent antioxidative and antigenotoxic activity in aqueous extract of japanese rice bran - association with peroxidase activity. **Phytotherapy Research**, v.18, n.8, p.628-633. 2004.

HOLSBOER, F. Stress, hypercortisolism and corticosteroid receptors in depression: implications for therapy. **Journal Affective Disorders**, v.62, p.77-91. 2001.

HUGGETT, A.C.; SCHILTER, B. Research needs for establishing the safety of functional foods. **Nutrition Reviews**, v.54, n.11, pt.2, p. S143-S148. 1996.

JANKOWSKI, T.; ZIELINSKA, M.; WYSAKOWSKA, A. Encapsulation of lactic acid bacteria with alginate/starch capsules. **Biotechnology Techniques**, v.11, n.1, p.31-34. 1997.

JAYARAJ, A.P. et al. Duodenal ulcer prevalence: experimental evidence for the possible role of dietary lipids. **Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v.15, n.6, p.610-616. 2000.

JENKINS, D.J.A.; VUKSAN, V.; KENDALL, C.W.C. et al. Physiological effects of resistant starches on fecal bulk, short chain fatty acids, blood lipids and glycemic index. **Journal of the American College of Nutrition**, v.17, n.6, p.609-616. 1998.

JOHNSON, E.O.; KAMILARIS, T.C.; CHROUSOS, G.P.; GOLD, P.W. Mechanisms of stress: A dynamic overview of hormonal and behavioral homeostasis. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v.16, p.115-130. 1992.

JULIANO, O.B. **Rice: Chemistry and technology**. 2 ed., St. Paul, EUA: American Association of Cereal Chemists, inc. 1994. p.17-160, 647-680.

KAHLON, T.S., CHOW, F.I., Rice Bran – Production, composition, availability, healthful properties, safety and food applications. In: **Handbook of Dietary Fiber**. ch.28, p.243-551, 2001, 563p.

KANAYA, Y. et al. Rice bran extract prevents the elevation of plasma peroxy lipid in KKAY diabetic mice. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v.66, n.1001, p.S157-S160. 2004.

KELLY, G.S. Nutritional and botanical interventions to assist with the adaptation to stress. **Alternative Medicine Review**, v.4, n.4, p.249-265. 1999.

KHOR, H. T.; NG, T. T. Effects of administration of  $\alpha$ -tocopherol and tocotrienols on serum lipid and liver HMG-CoA reductase activity. Proceedings of the PORIM. **International Palm Oil Congress (Nutrition)**; feb. 1-6, 1999. p.177-186.

KIM, J.Y.; KIM, D.B.; LEE, H.J. Regulations on health/functional foods in Korea. **Toxicology**, v.21, n.1, p.112-118. 2006

KIM, K. M., YU, K. W., KANG, D. H., KOH, J. H., HONG, B. S., SUH, H. J. Anti-estresse and anti-fatigue effects of fermented rice bran. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.65, p.2294-2296. 2001.

KOKSEL, H.; EDNEY, M.J.; OZKAYA, B. Barley bulgur: effect of processing and cooking on chemical composition. **Journal of Cereal Science**, v.29, issue2, p.185-190. 1999.

KUNO, T.; HATA, K.; KATO, K.; QIANG, S. H.; KITAORI, N.; HARA, A.; IWASAKI, T.; YOSHIMURA, T.; WADA, K.; KOBAYASHI, H.; MORI, H. Preventive effect of fermented brown rice and rice bran on N-nitrosomethylbenzylamine-induced esophageal tumorigenesis in rats. **International Journal of Oncology**, v.25, n.6, p.1809-1815. 2004.

LABUZA, T.; SCHIMDL, M. K. Accelerated shelf life testing of foods. **Food Technology**, v.39, n.9, p.57-64. 1985.

LAKKAKULA, N.R.; LIMA, M.; WALKER, T. Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. **Bioresource Technology**, v.92, n.2, p.157-161. 2004.

LÁSZTITY, R.; LÁSZTITY, L. Phytic acid in cereal technology. **Advances in Cereal Science and Technology**, v.10, p.309-371. 1990.

LAW, M. R. Plant sterol and stanol margarines and health. **British Medical Journal**, v.320, p.861-864. 2000.

LEHRFELD, J. High performance chromatography analysis of phytic acid on a pH-stable, macroporous polymer column. **Cereal Chemistry**, v.66, n.6, p.510-515. 1989.

LEHRFELD, J.; MORRIS, E.R. Overestimation of phytic acid in foods by the AOAC anion-exchange method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n.11, p.2208-2210. 1992.

LEWIS, M.; DALE, R.H. Chilled yogurt and other dairy desserts. In: MAN, C. M. D.; JONES, A. A. **Shelf life evaluation of foods**. New York: Blackie Academic & Professional, 1996. 321p.

LIMA, G.J.M.M. et al. **Composição química e valores de energia de subprodutos do beneficiamento de arroz**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2000. (BO n.23230). Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php>>

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

LORRI, W.; SVANBERG, U., Lactic-fermented cereal gruels with improved in vitro protein digestibility. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v.44, n.1, p. 29-36, 1993.

LUO, H.F.; LI, Q.; YU, S.; BADGER, T.M.; FANG, N. Cytotoxic hydroxylated triterpene alcohol ferulates from rice bran. **Journal of Natural Products**, v.68, p.94-97. 2005.

MAGA, J.A. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.30, n.1, p.1-9, 1982.

MARGIS, R.; PICON, P.; COSNER, A.F.; SILVEIRA, R.O. Relação entre estressores, estresse e ansiedade. **Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul**, v.25, supl.1, p.65-74. 2003.

MARLETT, J.A. Analysis of dietary fiber in human foods. In: **Dietary Fibre: Chemistry, Physiology and Health Effects**, Kritchevsky, D., Bonfield, C., Anderson, J.W. (Eds.), Plenum, New York, 1990, p.31-48.

MARTINEZ-FLORES, H. E.; CHANG, Y. K.; MARTINEZ-BUSTOS, F.; SINENCIO, F. S. Extrusion-cooking of cassava starch with different fiber sources: effects of fibers on expansion and physicochemical properties. **Advances in Extrusion Technology**, 1998, p.271-278.

MELLO, A. A. F. **Estresse, eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) e depressão**. São Paulo; s.n; 2005. 101p. Tese: Apresentada a Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Curso de Psiquiatria para obtenção do grau de Doutor.

McCANN, S. E.; MOYSICH, K. B.; METTLIN, C. Intakes of selected nutrients and food groups and risk of ovarian cancer. **Nutrition and Cancer**, v.39, n.1, p.19-28. 2001.

McCASKILL, D. R.; ZHANG, F. Use of rice bran oil in foods. **Food Technology**, v.53, n.2, p.50-53, 1999.

McEWEN, B. S. Allostasis and allostatic load: implications for neuropsychopharmacology. **Neuropsychopharmacology**, v.22, n.2, p.108-124. 2000.

MORIN, P.; JIMÉNEZ-FLORES, R.; POULIOT, Y. Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globule membranes. **International Dairy Journal**, v.17, p.1179-1187. 2007.

MORRIS, E. R.; ELLIS, R. Effect of dietary phytate/zinc molar ratio on growth and bone zinc response of rats fed semi-purified diets. **Journal of Nutrition**, v.110, p.1037-1045. 1980.

NAYINI, N. R.; MARKAKIS, P. Effect of fermentation time on the inositol phosphates of bread. **Journal of Food Science**, v.48, n.1, p.262-263. 1983.

NORONHA, I. L.; ANDRIOLO, A.; LUCON, A. M.; WROCLAWSKI, E. R.; CHADE, J.; BORELI, A.; LEITE, M. O. P.; SABBAGA, E.; ARAP, S. Farelo de arroz no tratamento da hipercalciúria idiopática em pacientes portadores de calculose urinária. **Revista Paulista de Medicina**, v.107, n.1, p.19-24. 1989.

O'DELL, B. L.; DeBOLLAND, A. R.; KOIRTYOH, S. R. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.20, n.3, p.718-721. 1972.

OBERLEAS, D. Phytate contents in cereals and legumes and methods of determination. **Cereal Foods World**, v.28, p.352-357. 1993.

OSZVALD, M.; TÖMÖSKÖZI, S.; LARROQUE, O.; KERESZTÉNYI, E.; TAMÁS, L.; BÉKÉS, F. Characterization of rice storage proteins by SE-HPLC and micro z-arm mixer. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.1, p.68-76. 2008.

OWENS, M.J.; NEMEROFF, C.B. Physiology and pharmacology of corticotrophin releasing factor. **Pharmacological Reviews**, v.43, p.425-473. 1991.

OYEWOLE, O. B., Lactic fermented foods in Africa and their benefits. **Food Control**, v.8, n.5-6, p.289-297. 1997.

PACKER, L. Nutrition and biochemistry of the lipophilic antioxidants, vitamin E and carotenoids. In: **Nutrition, lipids, health, and disease**, Ong, A. S. H., Niki, E., Packer, L., Eds., American Oil Chemical Society: Champaign, IL, 1995. p.8-35.

PARRADO, J. et al. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. **Food Chemistry**, v.98, p.742-748, 2006.

PEDRERO, F. D. L.; PANGBORN, R. M. **Evaluación sensorial de los alimentos**. Métodos analíticos. México, 1989. 251p.

PERERA, I. Y.; HUNG, C-Y; BRADY, S.; MUDAY, G. K.; BOSS, W. F. A universal role for Inositol 1,4,5-trisphosphate-mediated signaling in plant gravitropism. **Plant Physiology**, v.140, n.2, p.746-760. 2006.

PFEIFFER, C.; D'AUJOURD'HUI, J. W.; NUESSELI, J.; ESCHER, F. Optimizing food packaging and shelf life. **Food Technology**, v.53, n.6, p.52-59. 1999.

PHILLIPPY, B. Q.; JOHNSTON, M. R.; TAO, S. H.; FOX, M. R. S. Inositol phosphates in processed foods. **Journal of Food Science**, v.53, n.2, p.496-499. 1988.

PORSOLT, R.D.; BERTIN, A.; JALFRE, M. Behavioral despair in mice: a primary screening test for antidepressants. **Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Therapie**, v.229, p.327–336. 1977.

PRASAD, N. R. et al. Ferulic acid inhibits UV-B–induced oxidative stress in human lymphocytes. **Nutrition Research**, v.27, n.9, p.559-564. 2007.

QURESHI, A. A.; MO, H.; PACKER, L.; PETERSON, D. M. Isolation and identification of novel tocotrienols from rice bran with hypocholesterolemic, antioxidant, and antitumor properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.8, p.3130-3140. 2000.

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

QURESHI, N.; QURESHI, A. A. Tocotrienols, novel hypocholesterolemic agents with antioxidant properties. In: **Vitamin E in health and disease**; Packer, L.; Fuchs, J., New York: Eds.; Marcel Decker, 1993. p.247-268.

RAMEZANZADEH, F. M.; RAO, R. M.; PRINYAWIWATKUL, W.; MARSHALL, W. E.; WINDHAUSER, M. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature

on fatty acid and proximate compositions in rice bran. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n.2, p.464-467. 2000.

RAVINDRAN V.; RAVINDRAN, G.; SIVALOGAN, S. Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. **Food Chemistry**, v.50, n.2, p.133-136. 1994.

REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Phytate in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, v.28, p.1-92. 1982.

RODRIGUES, C.E.C.; ONOYAMA, M.M.; MEIRELLES, A.J.A. Optimization on the Rice bran oil deacidification process by liquid-liquid extraction. **Journal of Food Engineering**, v.73, n.4, p.370-378, 2006.

ROHRER, C. A.; SIEBENMORGEN, T. J. Nutraceutical concentrations within the bran of various rice kernel thickness fraction. **Biosystems Engineering**, v.88, n.4, p.453-460. 2004.

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

RYNNE, N. M.; BERESFORD, T. P.; KELLY, A. L.; GUINEE, T. P. Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, v.14, p.989-1001. 2004.

SALES, A. C.; YOSHIZAWA, T. Updated profile of aflatoxin and *Aspergillus* section *Flavi* contamination in rice and its byproducts from the Philippines. **Food Additives and Contaminants**, v.22, n.5, p.429-436. 2005.

SALMINEN, S.; DEIGHTON, M. A.; BENNO, Y.; GORBACH, S. L., 1998. Lactic acid bacteria in health and disease. In: Salminen, S., Wright, A. (Eds.), **Lactic Acid**

**Bacteria: Microbiology and Functional Aspects.** Marcel Dekker, New York, 1998, p.211-253.

SANCHES, C.; MEINERT, E. M.; AMBONI, R. M. C.; AMANTE, E. R. Bebida nutritiva a partir do farelo de arroz parbolizado orgânico. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, v.15, n.120, p.50-57. 2004.

SANDBERG, A. S.; SVANBERG, U. Phytate hidrólisis by phytase in cereals; effects on in vitro estimation of iron availability. **Journal of Food Science**, v.56, n.5, p.1330-1333. 1991.

SANDBERG, A. S.; AHDERINNE, R. HPLC method for determination of inositol tri-, tetra-, penta and hexaphosphates in foods and intestinal contents. **Journal of Food Science**, v.51, n.3, p.547-550. 1986.

SANDERS, M. E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v.8, n.5-6, p.341-47. 1998.

SANTOS, J. C. O.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils. **Journal of Food Engineering**, v.67, n.4, p.401-405. 2005.

SCHEDLOWSKI, M.; BENSCHOP, R. J. Neuroendocrine system and immune functions. In: **Psychoneuroimmunology: an interdisciplinary introduction**. Edited by Schedlowski, M.; Tewes, U. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 1999, 606p.

SELYE, H. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. **Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v.6, n.2, p.117-230. 1946.

SEN, C. K.; KHANNA, S.; ROY, S. Tocotrienol - The natural vitamin E to defend the nervous system? **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1031, n.1, p.127-142. 2004.

SEVERSON, D. K. Lactic acid fermentations. In: Nagodawithana, T. W., Reed, G. (Eds.), **Nutritional Requirements of Commercially Important Microorganisms**. Esteekey Associates, Milwaukee, USA, 1998, p.258-297.

SHAH, N. P.; RAVULA, R. R. Microencapsulation of probiotic bacteria and their survival in frozen fermented dairy desserts. **Australian Journal of Dairy Technology**, v.55, n.3, p.139-144. 2000.

SHARMA, H. R.; CHAUHAN, G. S.; AGRAWAL, K. Physico-Chemical Characteristics of Rice Bran Processed by Dry Heating and Extrusion Cooking. **International Journal of Food Properties**, v.7, n.3, p.603-614. 2004.

SHIBUTA, N.; NAKANE, R.; YASUI, A.; TANAKA, K.; IWASAKI, T. Comparative studies on cell wall preparations from rice bran, germ and endosperm. **Cereal Chemistry**, v.62, n.4, p.252-258. 1985.

SHORTT, C. The probiotic century: historical and current perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, v.10, p.411-417. 1999.

SIERRA, S.; LARA-VILLOSLADA, F.; OLIVARES, M.; JIMÉNEZ, J.; BOZA, J.; XAUS, J. Increased immune response in mice consuming rice bran oil. **European Journal of Nutrition**, v.44, p.509-516. 2005.

SOUZA FILHO, M. S. M.; NANTES, J. F. D. O QFD e a análise sensorial no desenvolvimento do produto na indústria de alimentos: perspectivas para futuras pesquisas. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 11, 2004, Bauru, SP. **Anais do XI SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, 11**, Bauru, SP., s.n., 2004.

SPILLER, R. C. Pharmacology of dietary fibre. **Pharmacology & Therapeutics**, v.62, n.3, p.407-427. 1994.

SPIVAK, B.; SHOHAT, B.; MESTER, R.; AVRAHAM, S.; GIL-AD, I.; BLEICH, A.; VALEVSKI, A.; WEISMAN, A. Elevated levels of serum interleukin-1 beta in combat-

related posttraumatic stress disorder. **Biological Psychiatry**, v.42, n.5, p.345-348. 1997.

STEENBERGEN, H. L.; FARBOLLINI, F.; HEINSBROEK, R. P. W.; VAN DE POLL, N. E. Sex-dependent effects of aversive stimulation on holeboard and elevated plus-maze behavior. **Behavioural Brain Research**, v.43, p.159-165. 1991.

TANG, S.; HETTIARACHCHY, N. S.; SHELLHAMMER, T. H. Protein extraction from heat-stabilized defatted rice bran. 1. Physical processing and enzyme treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.25, p.7444-7448. 2002.

TANGENDJAJA, K.; BUCKLE, A.; WOOTON, M. Dephosphorylation of phytic acid in rice bran. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1021-1024. 1981.

WANG, L.; HIGASHIURA, K.; TOGASHI, N.; SAITOH, S.; URA, N.; SHIMAMOTO, K.; Effects of the Chinese medicine Jiang-Tang-Ke-Li on insulin resistance in fructose-fed rats. **Hypertension Research**, v.24, n.3, p.303-309. 2001.

WANG, X.; BROWN, I. L.; EVANS, A. J.; CONWAY, P. L. The protective effects of high amylose maize (amylomaize) starch granules on the survival of Bifidobacterium spp. in the mouse intestinal tract. **Journal of Applied Microbiology**, v.87, n.5, p.631-639. 1999.

WARREN, B. E.; FARREL, D. J. The nutritive value of full-fat and defatted Australian rice bran. I. Chemical composition. **Animal Feed Science and Technology**, v.27, n.3, p.219-228. 1990.

WATTS, B. M., et al. **Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos**. Ottawa: C11D, 1992, 170p.

WEBER, F. E.; CHAUDHARY, V. K. Recovery and nutritional evaluation of dietary fiber ingredients from barley by products. **Cereal Foods World**, v.32, n.8, p.548-550. 1987.

WILSON, T. A.; IDREIS, H. M.; TAYLOR, C. M.; NICOLOSI, R. J. Whole fat rice bran reduces the development of early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters compared with wheat bran. **Nutrition Research**, v.22, n.11, p.1319-1332. 2002.

WILSON, T. A. et al. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations and aortic cholesterol ester accumulation to a greater extent than ferúlico acid in hypercholesterolemic hamsters. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.18, p.105-112, 2007.

WONG, M.L.; LICINIO, J. Research and treatment approaches to depression. **Nature Reviews Neuroscience**, v.2, p.343-351. 2001.

WOOD, P. J. Physicochemical characteristics and physiological properties of oat (1–3) (1 –4)-h-D-glucan. In: Wood, P.J. (Ed.), **Oat Bran**. AACC, Minnesota, USA, 1993, p.83-112.

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

YAMADA, H.; ITOH, K.; MORISHITA, Y.; TANIGUCHI, H. Structure and properties of oligosaccharides from wheat bran. **Cereal Foods World**, v.38, n.7, p.490-492. 1993.

ZIEMER, C. J.; GIBSON, G. R. An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies. **International Dairy Journal**, v.8, n.5-6, p. 473-479. 1998.

## **CAPÍTULO 1**

**Propriedades nutricionais, sensoriais e reológicas de uma nova bebida  
de farelo de arroz orgânico**

## **Propriedades nutricionais, sensoriais e reológicas de uma nova bebida de farelo de arroz orgânico.**

### **RESUMO**

O farelo de arroz é um resíduo sólido do polimento do arroz. A sua principal aplicação é na alimentação animal. As restrições para o uso na alimentação humana residem nas condições de cultivo, com agrotóxico e também na instabilidade e tendência à contaminação por micotoxinas. Com a agricultura orgânica, abriu-se a oportunidade de utilizar o farelo de arroz na alimentação humana, uma vez que as suas propriedades nutricionais estão comprovadas. A bebida de farelo de arroz é um novo produto elaborado a partir do farelo de arroz orgânico. O presente trabalho apresenta os resultados de estudos sobre os efeitos do tratamento térmico da bebida formulada nos sabores morango e chocolate. Foi utilizado o tratamento térmico descontínuo, em banho-maria a 100°C por quinze e trinta minutos. Comparativamente ao leite integral, desnatado, extrato hidrossolúvel de soja e a outra bebida de arroz de baixa caloria, a bebida estudada apresentou-se como importante fonte de minerais e de lipídeos. A tratamento térmico por quinze minutos, apresentou-se como a mais indicada e o tempo de estocagem de vinte dias, avaliado pelas variações do pH, acidez titulável e viscosidade, como o ideal para a conservação da bebida tratada termicamente armazenada sob refrigeração. Ambos os tempos de tratamento térmico mostraram-se seguros quanto aos aspectos microbiológicos testados, atendendo ao preconizado pela legislação sanitária.

Palavras chave: bebida, farelo, estabilidade, tratamento térmico, viscosidade.

## **ABSTRACT**

The rice bran is a solid residue of the polishing of rice. Its main application is in animal feed. The restrictions for use in human living conditions of cultivation, pesticide and also with the instability and tendency to contamination by mycotoxins. With organic farming, opened up the opportunity to use the rice bran for human consumption, since their nutritional properties are proven. The drink of rice bran is a new product produced from organic rice bran. This paper presents the results of studies on the effects of heat treatment of the beverage made in chocolate and strawberry flavors. Heat treatment was used in water bath at 100°C for fifteen and thirty minutes. Compared to whole milk, skimmed, water soluble extract of soybean and other beverage of rice low calorie, the drink had studied to be an important source of minerals and lipids. Pasteurization for fifteen minutes, presented itself as the most appropriate and time of storage of twenty days, assessed by changes in pH, acidity and viscosity, as the ideal for the conservation of drinking pasteurized stored under refrigeration. Both times the pasteurization seemed to be safe on the microbiological aspects tested, given the proposed health legislation.

Keywords: beverage, bran, stability, pasteurization, viscosity.

## 1 INTRODUÇÃO

O farelo de arroz integral é um subproduto do polimento dos grãos de arroz decorrente do beneficiamento. Consiste do pericarpo e/ou película que cobre o grão, estando presente o germe, fragmentos de arroz (quirera fina) e pequenas quantidades de casca que têm granulometria similar à do farelo (BARBER; BARBER; LLÁCER, 1983). Os farelos de cereais são conhecidos por encerrar substancial concentração de importantes nutrientes tais como sais minerais, vitaminas, proteínas e lipídeos (HOSENEY, 1994).

O farelo de arroz contém a lipase que hidrolisa rapidamente os triglicerídios em ácidos graxos e glicerol, tornando-o impalatável. A estabilização do farelo pode ser alcançada com a inativação pelo calor, por isso, o processo de parbolização estabiliza o farelo de arroz, entretanto, degrada muitos dos antioxidantes presentes (KAHLON; CHOW, 2001). A principal alteração à qual está sujeito o farelo é a rancificação. Trabalho realizado por Silva et al. (2006), indicou que o farelo de arroz parbolizado tostado é mais estável à rancificação, o que poderia sugerir o seu emprego no desenvolvimento de novos produtos.

O farelo do arroz apresenta uma elevada concentração de fitina, variando de 9,5 a 14,5%. Trata-se de matéria-prima fundamental para a obtenção de Inositol hexafosfato - IP6 (JULIANO, 1994), conhecido como ácido fítico. De acordo com Erdman (1979), Graf e Eaton (1984) e Cuneo, Amaya-Farfan e Carraro (2000), o ácido fítico tem como função mais importante a quelação de metais. Contrário ao que se postulava anteriormente, esse ácido é reconhecido por suas funções benéficas no organismo humano, entre elas, sua capacidade de se complexar com minerais prevenindo o câncer de intestino grosso e doenças cardiovasculares devido

ao seu efeito antioxidante e hipocolesterolêmico (JARIWALLA, 2001; ERKKILÄ et al., 2005).

O inositol também pode ser encontrado no farelo de arroz, nas formas de fitato de cálcio ou sal marinho de magnésio (fitina). É internacionalmente classificado como vitamina, estando relacionado ao crescimento. Estudos recentes têm enfatizado importantes atributos do inositol, tais como, prevenção da aterosclerose e aceleração na absorção de cálcio (KUNO et al., 2004).

O fitosterol é um importante constituinte funcional no farelo de arroz. É um produto natural existente no mundo vegetal sob diversas formas (KANAYA et al., 2004). A funcionalidade do fitosterol está relacionada com o efeito de diminuição do colesterol, estendendo-se ao tratamento de aterosclerose e hiperemias (WILSON et al., 2002).

O farelo de arroz também constitui importante fonte de  $\gamma$ -orizanol, cuja denominação acusa a origem a partir do arroz (*Oriza sativa*) (LUO et al., 2005). É classificado como “inibidor da oxidação”, sendo sua ação antioxidante mais efetiva que os tocoferóis, por ser mais resistente ao calor.

O ácido ferúlico é outro importante constituinte do farelo de arroz. Ele fornece hidrogênio para a neutralização dos radicais livres, compostos estes relacionados com diversos quadros patológicos e com o envelhecimento de células. Tem efeito antioxidante semelhante à lecitina (soja). Recebe a mesma classificação do  $\gamma$ -orizanol, além de seus usos serem semelhantes (XU; GODBER; HUA, 2001).

Das vitaminas presentes no farelo de arroz, as do complexo B ( $B_1$  e  $B_3$ ), tiamina e niacina, respectivamente, apresentam atividades sobre o sistema nervoso central (antidepressivo e calmante natural) atuando também na esquizofrenia, neuralgia e cansaço (KIM et al., 2001).

Além dos compostos funcionais destacados, ocorrem ácidos graxos insaturados, proteínas, carboidratos e sais minerais em concentrações similares às fontes mais tradicionais destes nutrientes (SILVA et al., 2006), justificando o interesse no desenvolvimento de produtos que facilitem o seu consumo. O farelo de arroz é um resíduo agroindustrial e as condições gerais de obtenção, restringem o emprego para a alimentação humana, apesar de suas comprovadas propriedades funcionais. O uso indiscriminado de agrotóxicos, bem como a disposição do farelo após a sua obtenção no processamento do arroz, acarreta riscos de contaminação química, microbiológica, macro e microscópica. A bebida de farelo de arroz não poderia ser produzida a partir do farelo de arroz de cultivo tradicional, pois métodos de detoxificação desse produto poderiam acarretar grandes perdas de nutrientes além da completa impossibilidade de remoção dos contaminantes. O cultivo do arroz orgânico contribui para a obtenção de resíduos mais seguros, a partir do processamento do arroz; tanto pela ausência de agrotóxicos, quanto pela pequena e média escala de produção agroindustrial, que exige maiores cuidados dos produtores e, conseqüentemente, mais segurança para o emprego do resíduo como material de partida para novos produtos destinados à alimentação humana.

A bebida de farelo de arroz estudada neste trabalho foi desenvolvida (AMANTE, 2001) para atender, de forma atrativa, a demanda pelos compostos funcionais existentes no farelo de arroz (SANCHES et al., 2004). O consumo do farelo como ocorre, na forma de pó, não se apresenta atrativo e prático ao consumidor. A bebida ainda é pouco comercializada em todo o mundo e também faltam estudos sobre a estabilidade na estocagem e os efeitos do processamento sobre a vida de prateleira.

Devido ao caráter inovador da bebida de farelo de arroz, ela deverá ser estudada em amplo espectro, sendo um deles, o efeito do processamento térmico

sobre a reologia e as propriedades físico-químicas e microbiológicas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi acompanhar as alterações ocorridas na viscosidade, pH, acidez e microbiologia da bebida de farelo de arroz parbolizado orgânico, nos sabores chocolate e morango, sem tratamento térmico, tratada termicamente por quinze e trinta minutos a 100°C, e estocada sob refrigeração.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Farelo de arroz**

O farelo de arroz parbolizado orgânico não desengordurado foi adquirido da empresa Coopersulca, certificada produtora de arroz orgânico (credenciada pelo Ministério da Agricultura), do município de Turvo (latitude: -28° 55' 34"; longitude: 49° 40' 45", altitude: 38 metros), Santa Catarina, Brasil. O fornecimento ocorreu em três diferentes lotes. Cada lote foi quarteado e o farelo resultante do quarteamento foi estabilizado termicamente, tostado em panela de alumínio, em fogão doméstico (200°C) com agitação constante por 10 minutos. As amostras de cada lote foram armazenadas a -18°C, até completar três lotes, para a elaboração de uma mistura homogênea, a qual correspondeu à matéria-prima para a elaboração das bebidas.

### **2.2 Preparo da bebida**

A bebida de farelo de arroz, constituída pelo extrato aquoso do farelo, foi preparada nos sabores morango e chocolate, conforme procedimento de Amante (2001). Esses sabores foram previamente selecionados. Uma parte do farelo de arroz estabilizado termicamente foi homogeneizada com uma parte de água mineral aquecida até ebulição, durante um período de 10 minutos e em seguida filtrado e acondicionado em garrafas de vidro de 200 mL previamente higienizadas, com selo interno de Parafilm<sup>®</sup> e tampa de plástico rosqueável para perfeita vedação das mesmas (Figura 1). Foram geradas as amostras ilustradas na Tabela 1, para o acompanhamento do comportamento na estocagem dessas bebidas que foram tratadas termicamente em banho-maria a 100°C por quinze e trinta minutos e os

controles, não pasteurizados. Para cada um dos tratamentos, foram preparadas trinta amostras, as quais foram suficientes para as avaliações, em triplicata, desde o tempo zero até a alteração de pelo menos um dos parâmetros de controle durante a estocagem sob refrigeração (4 °C).



Figura 1 Bebida de farelo de arroz sabor morango (esquerda) e chocolate (direita)

Tabela 1 Características das amostras de bebida de farelo de arroz sabores chocolate e morango, estabilizadas termicamente à 100°C.

Amostras	Tempo de processamento térmico (minutos)			Número de amostras (*)
	Controle Sem tratamento	15	30	
Chocolate	ChoO	Cho15	Cho30	90
Morango	MoO	Mo15	Mo30	90

(\*) Amostras analisadas desde o tempo zero até alteração de um dos parâmetros de avaliação.

Na bebida de farelo de arroz sabor morango foi acrescentado aromatizante natural (0,5%), maltodextrina (0,5%) e sucralose à 3,1% (0,5%). Na bebida sabor

chocolate além do aromatizante, da maltodextrina e da sucralose, foi adicionado cacau em pó (1%).

### **2.3 Acidez e viscosidade no produto durante a estocagem sob refrigeração**

A distribuição das bebidas na câmara fria ( $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) foi realizada de forma aleatória, sendo as diferentes amostras retiradas semanalmente através de sorteio, desde o tempo zero até o final da vida útil definida através dos seguintes parâmetros: pH que foi determinado em um pHmetro Quimis modelo Q400 diretamente na bebida; acidez titulável que foi determinada através do método 22.059 da AOAC (AOAC, 1994); e viscosidade que foi determinada na temperatura de consumo das bebidas ( $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), através do reômetro rotacional digital Brookfield (Brookfield Engineering Laboratories, Model LVDV III, Stoughton, MA, USA). Através destas avaliações foram identificados parâmetros de avaliação para a estocagem que limitou a qualidade do produto própria para o consumo. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

### **2.4 Avaliação microbiológica**

A eficiência do processamento térmico proposto foi determinada através de ensaios microbiológicos segundo métodos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001) e pelo Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 1997). Foram utilizadas placas Petrifilm AC para contagem de aeróbios mesófilos totais e Petrifilm YM para contagem de bolores e leveduras, ambos da marca 3M do Brasil.

As placas, em duplicada, foram inoculadas com 1,0mL da amostra, conforme recomendações do fabricante (placa para contagem de aeróbios Petrifilm; USA, 3M DO BRASIL LTDA). Foram incubadas em estufa a 32°C por 48 horas para contagem de aeróbios mesófilos e a 25°C por 72 horas para contagem de bolores e leveduras. A contagem de colônias foi feita com o auxílio do contador Quebec. Os resultados foram expressos através do número de unidades formadoras de colônias por mL (UFC/mL) da amostra.

## **2.5 Determinação da composição centesimal**

Umidade, cinzas e lipídeos foram analisados de acordo com os métodos da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005), para umidade AOAC 925.23, cinzas AOAC 945.46 e lipídeos AOAC 970.20b, as quais foram realizadas nos Laboratórios de Frutas e Hortaliças, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CCA – UFSC) e no de Nutrição Experimental (CCS – UFSC); Nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl para proteínas usando o fator de conversão 5,95 para o arroz (AOAC 921.23). As quantidades de fibras solúveis e insolúveis foram determinadas de acordo com os métodos da AOAC 991.43 e AACC 32-07. Carboidrato total foi calculado por diferença de 100 (% umidade + % cinzas + % lipídeos + % proteínas + % fibras). Os sólidos totais foram determinados através do método da AOAC 934.01. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## **2.6 Análises de aminoácidos e ácidos graxos**

A determinação do perfil aminoacídico foi realizada em analisador Dionex DX 300, separação dos aminoácidos em coluna de troca iônica e reação pós-coluna com ninidrina de acordo com o método descrito por Spackman, Stein e Moore (1958).

A composição de ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa (AOCS, Ce 1-91) Cromatógrafo gasoso capilar – CGC AGILENT 6850 SERIES GC SYSTEM; coluna capilar: DB-23 AGILENT (50% cianopropil) – metilpolisiloxano, e filme de 0.25µm; o gás de arraste foi o hélio, com fluxo de 1,00 mL/min.; velocidade linear de 24 cm/seg.; temperatura do detector de 280°C; temperatura do injetor de 250°C; temperatura do forno de 110°C/5 min., 110 – 215°C (5°C/min.), 215°C – 24 min. Metil ésteres foram obtidos de acordo com metodologia de Hartman e Lago (1973).

## **2.7 Análise sensorial**

A bebida de farelo de arroz em dois sabores, chocolate e morango foi avaliada por teste de preferência em uma escala hedônica de 9 pontos (Anexo 4), onde 0 (zero) foi para “desgostei muitíssimo” e 9 (nove) para “gostei muitíssimo”, de acordo com Stone e Sidel (1985). As formulações das bebidas foram testadas com 70 consumidores para o sabor chocolate e 60 para o sabor morango. As amostras foram servidas em copos plásticos, brancos e foi solicitado avaliar as amostras codificadas com três dígitos para os dois sabores da bebida de farelo de arroz.

A análise sensorial foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina (carta de aprovação do projeto no Anexo 2). Os julgadores foram convidados a participar do teste durante o congresso da SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência), realizado em Florianópolis, estado de Santa Catarina, no ano de 2006. Essa análise sensorial foi do tipo afetiva, orientada ao consumidor. Também foram realizados testes independentes (baseado nas necessidades) com as bebidas sabores morango e chocolate.

## **2.8 Análise estatística**

Todas as determinações foram realizadas em triplicata. A análise dos resultados foi conduzida utilizando análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey com um nível de confiança de 95%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição da bebida de farelo de arroz

A composição nutricional da bebida de farelo de arroz está apresentada na Tabela 2. O teor de sólidos estabelecido para a produção da bebida foi aproximadamente de 10% (p/p). Esta quantidade de sólidos foi determinada para atingir a mesma consistência dos produtos derivados do leite, os quais são conhecidos dos consumidores, associando a consistência do produto às bebidas nutritivas. A formulação da bebida não contém açúcar; entretanto, a alta percentagem de carboidratos pode ser devido ao amido e a outros sacarídeos naturais do farelo de arroz. A composição da água mineral utilizada no preparo da bebida de farelo de arroz está registrada no Anexo 1.

Tabela 2 Composição centesimal da bebida de farelo de arroz

Parâmetros	Amostras	
	Chocolate	Morango
Sólidos totais (g/100mL)	9,46±0,02	8,84±0,30
pH	6,3±0,01	6,3±0,02
Acidez titulável (N NaOH/100mL)	1,6±0,04	1,5±0,08
Proteína (g/100mL)	1,15 ±0,017	0,91±0,001
Lipídeos (g/100mL)	2,88±0,022	2,76±0,012
Cinzas (g/100mL)	1,11±0,001	1,04±0,006
Fibras* (g/100g)	1,59±0,083	1,59±0,083
Insolúveis	0,95±0,040	0,95±0,040
Solúveis	0,63±0,042	0,63±0,042
Carboidratos (g/100mL)	4,32	4,13
Energia (kcal/100mL)	47,8	45,00

Valores médios ± DP das determinações em triplicata.

\*Valores determinados da amostra sem o acréscimo de sabores.

Lipídeos na bebida de farelo de arroz correspondem a cerca de três vezes o teor de proteínas e minerais. Comparativamente à matéria-prima, de acordo com Silva et al. (2006), o conteúdo de lipídeos é também superior ao teor de proteínas e minerais no farelo de arroz.

A composição do farelo de arroz parbolizado e tostado, usado como matéria prima para a bebida apresentou  $12,69 \pm 0,08$  g/100g de proteínas,  $29,20 \pm 0,29$  g/100g de lipídeos,  $8,88 \pm 0,03$  g/100g de minerais e 49.29 g/100g de carboidratos, por diferença. Silva, Sanches e Amante (2006), encontraram 12,72 g/100g de proteínas; 18,20 g/100g de lipídeos; 8,61 g/100g de minerais e 59,34 g/100g de carboidratos no farelo de arroz. Portanto, a composição da bebida pode ser atribuída à composição do farelo de arroz, que pode ser diferente segundo a fonte desta matéria-prima (região de cultivo) (HOSENEY, 1994).

As fibras do farelo de arroz (amostra desengordurada) totais, insolúveis e solúveis apresentaram os seguintes valores em g/100g:

Fibras Totais =  $34,75 \pm 0,325$

Fibras Insolúveis =  $31,74 \pm 0,200$

Fibras Solúveis =  $3,01 \pm 0,162$

Comparativamente a outras bebidas nutritivas, na Tabela 3, é possível observar uma diferença importante no teor de carboidratos, pois não foi adicionado açúcar à bebida de farelo de arroz. A quantidade de lipídeos é alta quando comparada a outras bebidas, justificado pelo alto teor de lipídios do farelo de arroz utilizado.

Tabela 3 Comparação entre a composição de várias bebidas nutritivas\* e as bebidas de farelo de arroz sabores chocolate e morango

Produtos	Proteína	Lipídeos	Carboidratos	Minerais
	(g/100mL)			
Leite integral*	3,28	3,8	5,06	0,59
Leite desnatado*	2,98	0,36	5,95	0,77
Extrato soja*	1,27	1,28	11,87	0,27
Bebida de arroz marrom com baixo teor de gordura **	2,00	2,00	9,1	0,76
Bebida farelo arroz morango	0,91	2,76	4,14	1,04
Bebida farelo arroz chocolate	1,15	2,88	4,32	1,11

Fonte: <http://www.fcf.usp.br/tabela/resultado.asp?IDLetter=H&IDNumber=52>. Consulta Realizada em 21 de Fevereiro de 2008.

\*Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, USP - 2008.

\*\* <http://www.kowloondairy.com/e/milk.html>

Esta bebida de farelo de arroz apresentou baixos teores de carboidratos e lipídeos, comparado ao leite integral; observando que a gordura do leite é predominantemente saturada (COLLOMB et al., 2008). Os ácidos graxos deste novo produto apresentaram uma predominância de ácidos graxos insaturados (Tabela 4). Ainda sobre ácidos graxos, resultados encontrados por Milinsk et al. (2003) para o óleo de farelo de arroz demonstraram ser superiores em ácidos graxos poliinsaturados (52%) enquanto neste trabalho os ácidos graxos monoinsaturados (43,9%) predominaram. Os mesmos ácidos graxos encontrados no farelo de arroz foram também encontrados na bebida de farelo de arroz, nas mesmas concentrações, tendo as mesmas vantagens do óleo de arroz, que é reconhecido como sendo nutricional (SIERRA et al., 2005).

Tabela 4 Ácidos graxos no farelo e na bebida de farelo de arroz

Ácidos graxos*	Farelo de arroz (%)	Bebida farelo de arroz (BPS)**
Mirístico C14	0,3	0,3
Palmítico C16	20,3	20,3
Palmitoleico C16:1, 17	0,2	0,2
Esteárico C18	2,0	2,0
Oléico C18:1	43,7	43,7
Linoléico C18:2	30,9	30,8
Linolênico C18:3	1,5	1,5
Araquidônico C20	0,7	0,7
Outros ácidos graxos	0,4	0,5
Saturados	23,7	23,8
Mono-insaturados	43,9	43,9
Poliinsaturados	32,4	32,3

\* Percentagem da gordura total.

\*\* Base peso seco.

O teor de proteínas na bebida de farelo de arroz estava expressivamente inferior ao das outras bebidas nutritivas, apesar disso, todos os aminoácidos essenciais estavam presentes na bebida e no farelo de arroz (Tabela 5), sendo apontado como proteína de boa qualidade e com uma digestibilidade em torno de 70-75% (CARVALHO; BASSINELLO, 2006), o que representa uma importante propriedade química das proteínas desta nova bebida. Ácido glutâmico e aspártico foram os principais aminoácidos encontrados nestas proteínas. Miranda e El-Dash (2002) observaram alta quantidade de ácido glutâmico em farinha de trigo integral, quando comparado com outros aminoácidos. O ácido glutâmico e aspártico também foram predominantes em uma bebida funcional obtida de cevada em estudos realizados por Kulkarni et al. (2008).

A alta quantidade de minerais é uma característica desta bebida de farelo de arroz. Essa quantidade elevada de minerais em farelos de cereais também foi citada

por Juliano (1994). De acordo com este mesmo autor, cálcio, magnésio, potássio e fósforo são encontrados em níveis consideráveis em farelos, onde sua biodisponibilidade pode ser afetada pela alta quantidade de fibras, devido ao fitato e pequenas quantidades de taninos. Cerca de 90% do total de fósforo nos farelos são encontrados como fitina, considerado um fator antinutricional (Juliano, 1994). Mais estudos são necessários para determinar outros minerais que são carregados do farelo de arroz para essa bebida. Pela observação de que o farelo de arroz usado nesta bebida apresentou 8,88g de minerais/100g de farelo, é possível observar que o total de minerais carregados para a bebida foi considerável.

Tabela 5 Aminoácidos no farelo de arroz e na bebida de farelo de arroz

Aminoácidos	Farelo de arroz (mg/100g)	Bebida farelo arroz (mg/100mL)
Ácido aspártico	1419,28	98,33
Treonina <sup>a</sup>	646,57	48,07
Serina	789,89	55,30
Ácido glutâmico	2258,78	148,77
Prolina	651,26	74,97
Glicina	946,99	63,14
Alanina	1233,66	85,38
Cistina	123,86	2,76
Valina <sup>a</sup>	894,22	43,59
Metionina	143,64	9,10
Isoleucina <sup>a</sup>	698,85	28,52
Leucina <sup>a</sup>	1473,22	64,84
Tirosina <sup>a</sup>	596,83	29,73
Fenilalanina <sup>a</sup>	954,22	36,48
Lisina <sup>a</sup>	1010,49	18,44
Amônia	435,93	1,87
Histidina <sup>a</sup>	523,15	9,23
Arginina	1242,70	22,74

<sup>a</sup> Aminoácidos essenciais.

Esta nova bebida é uma emulsão atrativa que consiste de lipídeos e proteínas além de minerais e fibras. Chandi e Sogi (2007) estudaram as propriedades

funcionais de um concentrado protéico de farelo de arroz (RBPC) e concluíram que esse concentrado apresentava uma melhor capacidade de ligação entre água e óleo comparado à caseína. Embora esse RBPC tenha produzido baixo volume de espuma, ele apresentou um bom potencial para produção de emulsões estáveis com altas concentrações de açúcar e sal. Assim, isto pode justificar a emulsão formada na bebida de farelo de arroz ser razoavelmente estável, devido ao alto teor de proteínas, porém sem a adição de açúcares e sal.

### **3.2 Efeito do tratamento térmico na bebida de farelo de arroz**

A bebida de farelo de arroz é uma emulsão com características físicas e viscosidade desenhada para ser apreciada pelos consumidores como uma bebida nutritiva. Apesar desses aspectos, a presença de lipídeos em meio aquoso com os minerais encontrados na bebida pode resultar em uma forte tendência a rancidez e acidificação do produto durante o armazenamento.

A bebida de farelo de arroz apresentou valores de pH maiores do que aqueles obtidos por Potter et al. (2007) que estudaram xarope composto de arroz, soja e *blueberry*. O pH da bebida de farelo obtido neste trabalho estava próximo da neutralidade. Com pH adequado e disponibilidade de nutrientes para a reprodução de microrganismos patogênicos, a bebida apresentou condições favoráveis à reprodução desses microrganismos, mostrando a necessidade de um tratamento térmico. Tratamento térmico descontínuo foi o tratamento empregado neste trabalho, além disso, quando a produção for de larga escala, de interesse comercial, será necessário determinar o tratamento térmico adequado que facilite o transporte, preservando as propriedades nutricionais e aumentando significativamente a vida de prateleira do produto.

A Tabela 6 ilustra os resultados da contagem de mesófilos, fungos e leveduras nas bebidas de farelo de arroz sabores chocolate (Cho) e morango (Mo), no início (dia 0) e no fim (dia 49) do período de armazenamento sob refrigeração, sem tratamento térmico (0) e com tratamento térmico de quinze minutos (15) e trinta minutos (30). A composição desta bebida e as condições de sua produção contribuem para uma alta carga microbiana, a qual deve ser reduzida para assegurar o consumo deste produto.

Tabela 6 Contagem de bactérias aeróbicas mesofílicas, fungos e leveduras na bebida de farelo de arroz sabores chocolate e morango, no tempo inicial e final de armazenamento, tratada termicamente e não tratada termicamente.

Amostras	Mesofilos aeróbicos (CFU/mL)*		Fungos e leveduras (CFU/mL)*	
	Tempo inicial (dia 0)	Tempo final (dia 49)	Tempo inicial (dia 0)	Tempo final (dia 49)
Mo0	$1,3 \times 10^2$	NA	$5,4 \times 10$	NA
Mo15	< 1	< 1	< 1	< 1
Mo30	< 1	< 1	< 1	< 1
Cho0	$7,0 \times 10$	NA	$4,5 \times 10$	NA
Cho15	< 1	< 1	< 1	< 1
Cho30	< 1	< 1	< 1	< 1

\* Valores médios das triplicatas

NA = Não analisado.

O tratamento térmico da bebida de farelo de arroz por quinze minutos foi suficiente para o tratamento térmico do produto. No final do armazenamento, produtos tratados por quinze e trinta minutos estavam microbiologicamente seguros.

Variações do pH e da acidez titulável foram regulares nas bebidas tratadas termicamente durante o armazenamento (Figuras 2 e 3). Por vinte dias, os valores

de pH e acidez mostraram pequenas variações. Neste período, algumas mudanças de pH e acidez foram acompanhadas nas bebidas sabores chocolate e morango.

O tratamento térmico longo e descontínuo usado para produzir esta bebida de farelo de arroz, o qual é um produto considerado rico em lipídeos e com características de emulsão, pode afetar negativamente a reologia do produto. Estudos realizados sobre tratamento térmico de fluidos nutritivos como o leite (VALERO et al., 2000; RYNNE et al., 2004), mostraram que alimentos com esta composição característica sofrem os efeitos de um tratamento térmico prolongado, sendo assim, mais estudos com bebidas de farelo de arroz são necessários para determinar o melhor tempo e temperatura em sistemas de tratamento térmico contínuo.

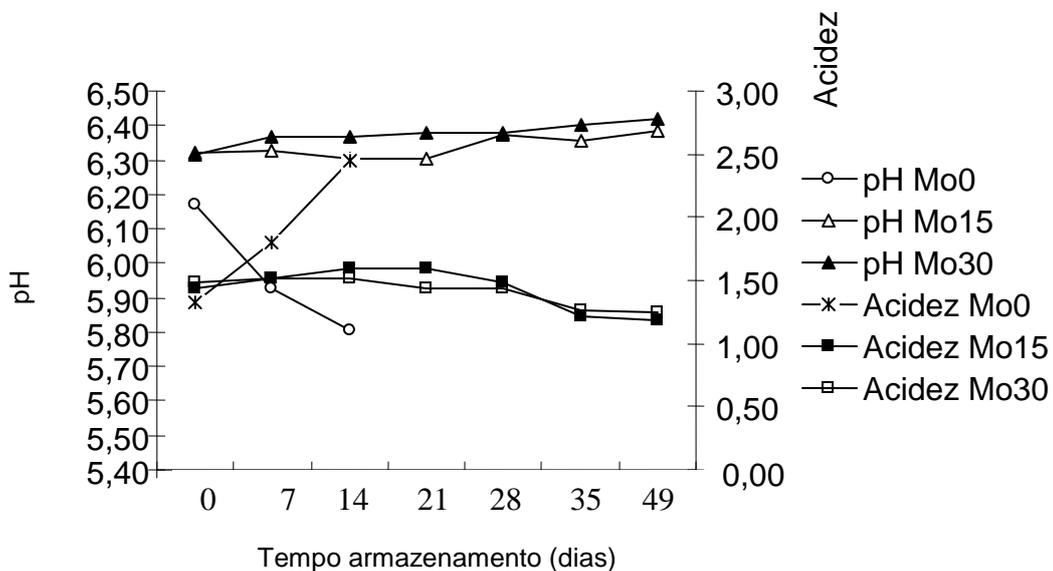


Figura 2 pH e acidez titulável durante o armazenamento refrigerado da bebida de farelo de arroz sabor morango sem tratamento térmico (Mo0), tratada termicamente por quinze (Mo15) e por trinta minutos (Mo30).

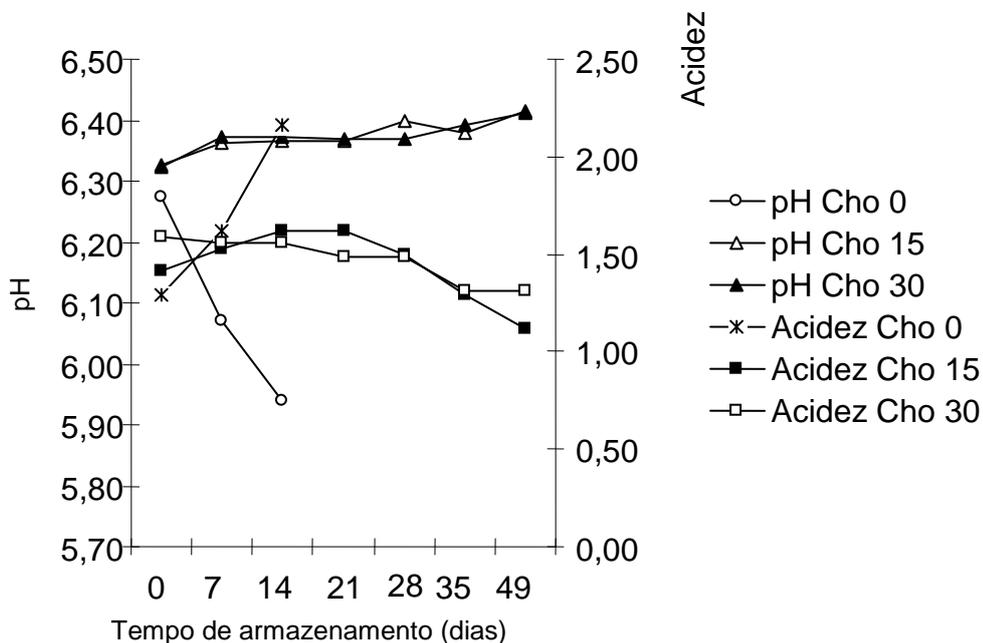


Figura 3 pH e acidez titulável durante o armazenamento refrigerado da bebida de farelo de arroz sabor chocolate sem tratamento térmico (Cho0), tratada termicamente por quinze (Cho15) e por trinta minutos (Cho30).

Os valores de pH e acidez das bebidas de farelo de arroz sabores morango e chocolate nos primeiros vinte dias de armazenamento refrigerado apresentaram-se relativamente constantes. Foi possível observar que muitas alterações ocorreram a partir do vigésimo dia de armazenamento nos parâmetros pH e acidez; podendo ser empregados como indicadores da estabilidade físico-química deste produto. Embora as análises microbiológicas tenham demonstrado que o tratamento térmico por quinze minutos ou trinta minutos tornou as bebidas seguras para o consumo, a utilização do tratamento térmico descontínua, ou em batelada, pode ter afetado esses parâmetros (pH e acidez).

Os resultados do efeito da temperatura na bebida de farelo de arroz (não-aromatizada) sobre a viscosidade durante o aquecimento são apresentados na Figura 4, sua viscosidade ficou constante até próximos de 78°C e aumentou com o

aquecimento até 95°C, reduzindo bruscamente a 18 Mpa.s a partir dessa temperatura.

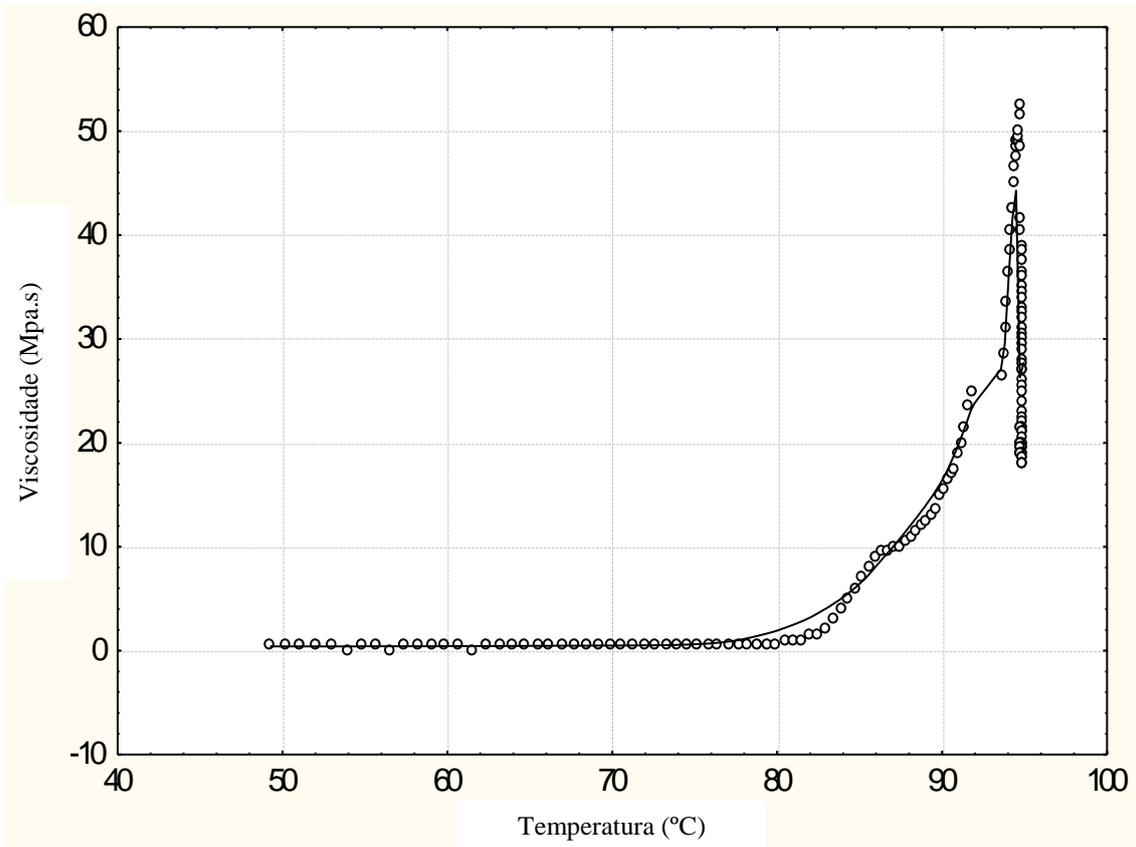


Figura 4 Viscosidade da bebida de farelo de arroz durante o aquecimento.

Este é um comportamento típico da viscosidade de amidos de cereais (WHISTLER; PASCHALL, 1965), apresentando um significativo aumento na viscosidade durante o aquecimento com a agitação e seguido de uma redução, devido à ruptura dos grânulos de amido.

O comportamento da bebida durante o resfriamento (Figura 5) não pode ser discutido baseado exclusivamente nas características do amido, mas também devido a influência de lipídeos na bebida. De acordo com as características do amido de arroz, ocorre um aumento da viscosidade no resfriamento devido a retrogradação do amido. A presença de lipídeos na bebida pode ter influenciado, reduzindo a

formação de ligações de hidrogênio entre amilose/amilose, amilose/amilopectina e amilopectina/amilopectina (WHISTLER; PASCHALL, 1965), tornando a retrogradação menos pronunciada no produto.

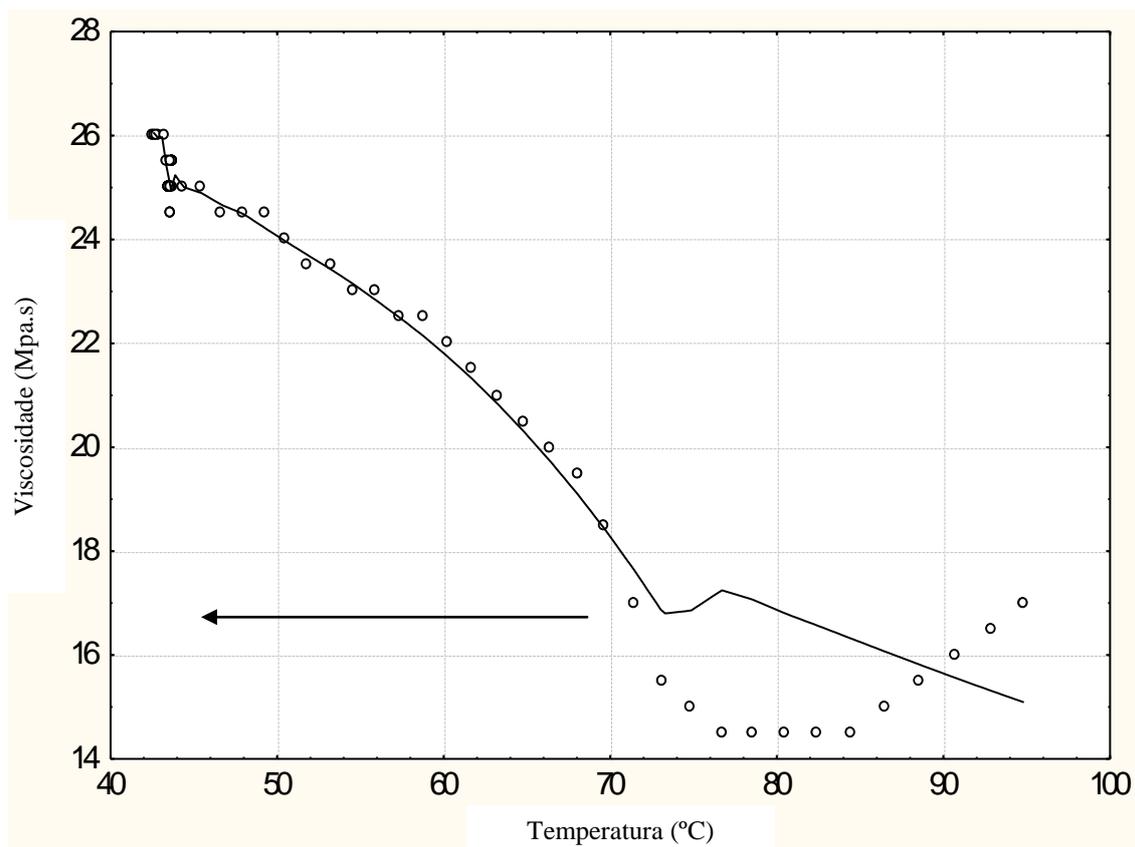


Figura 5 Viscosidade da bebida de farelo de arroz durante o resfriamento.

Analisando a relação dos compostos químicos da bebida é possível estabelecer um padrão para o comportamento da bebida durante o armazenamento, avaliado por 49 dias sob refrigeração. A quantidade de proteínas no produto é significativamente menor do que a encontrada em outros produtos integrais ou leite desnatado. Dessa forma, a emulsão da bebida de farelo de arroz é teoricamente mais frágil do que outros produtos tradicionais. Os glóbulos de gordura do leite estão na forma de emulsão óleo/água, estabilizada pelas proteínas do leite (RAHALKR,

1992, citado por LOGARAJ et al., 2008). A ligação das partículas na emulsão é o resultado de três tipos de forças: atração, repulsão e interações estéricas. Interações de Van der Waals são universais em todos os alimentos na forma de emulsão e são desejáveis porque eles permitem a formação de estruturas em rede estáveis (LOGARAJ et al., 2008).

A bebida de farelo de arroz tratada termicamente apresentou comportamento de um fluido Newtoniano, ou seja, a viscosidade é constante independente da taxa de deformação imposta, de acordo com o que se pode observar na Figura 6. O efeito do tempo de conservação da bebida armazenada sob refrigeração foi avaliado pela viscosidade (mPa.s). Um pequeno aumento na viscosidade foi observado nas bebidas tratadas termicamente e não tratadas termicamente durante o armazenamento. Porém há uma diferença significativa entre esses produtos pasteurizados e não pasteurizados (Figura 7).

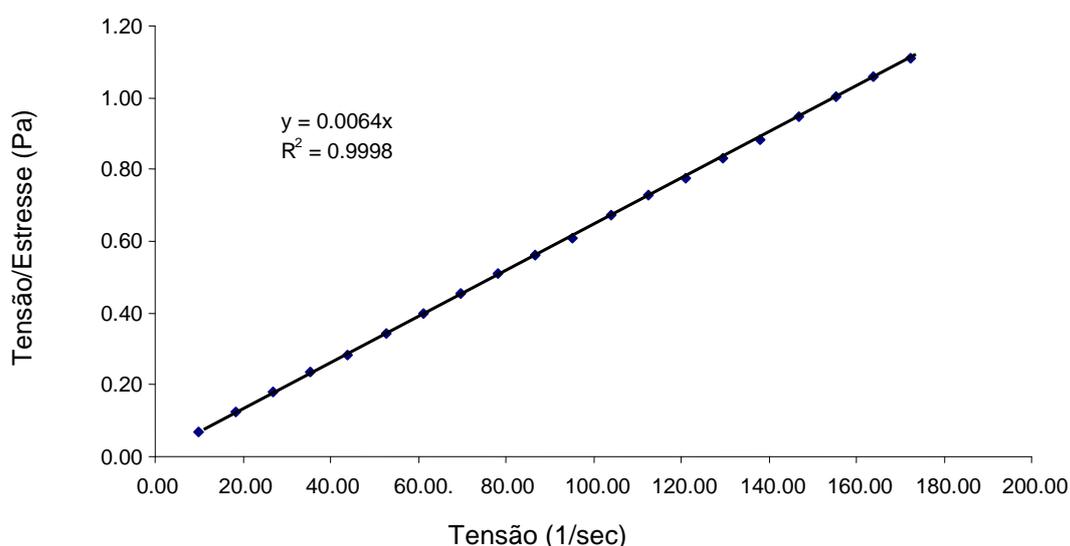


Figura 6 Comportamento Newtoniano da bebida de farelo de arroz tratada termicamente.

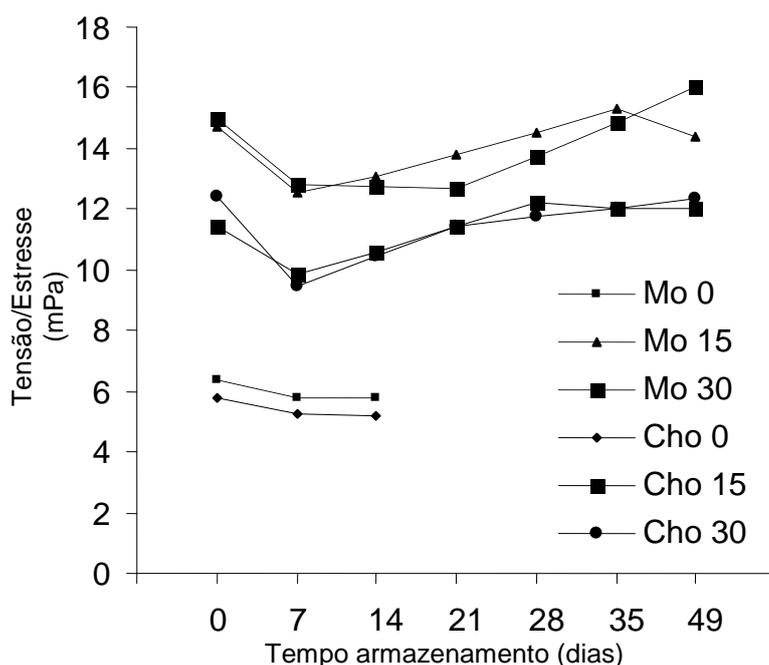


Figura 7 Viscosidade durante o armazenamento sob refrigeração (4°C) das bebidas de farelo de arroz sabores morango e chocolate, sem tratamento térmico (Mo0 e Cho0); tratadas termicamente por quinze minutos (Mo15, Cho15) e tratadas termicamente por trinta minutos (Mo30, Cho30).

As bebidas de farelo de arroz sabor morango e sabor chocolate apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na viscosidade entre o primeiro e o sétimo de armazenamento. Também, diferenças entre a bebida tratada termicamente e não tratada termicamente foram observadas, porém ambas apresentaram redução na viscosidade. Esta diferença foi constante entre os sabores, mas a tendência foi para o aumento de viscosidade a partir da segunda semana de armazenamento até a sétima semana (49 dias). Além disso, cada sabor apresentou uma viscosidade típica, e também uma tendência típica de aumento da viscosidade durante o tempo de armazenamento, onde a bebida de farelo de arroz sabor morango foi a mais viscosa.

Na bebida de farelo de arroz sabor morango foi acrescentado aromatizante natural sabor morango, enquanto na bebida sabor chocolate além do aromatizante

sabor chocolate foi adicionado cacau em pó (1%). A utilização de cacau em pó pode ter contribuído para que o produto sabor chocolate, que foi estocado sob refrigeração, tenha apresentado menor viscosidade que a bebida sabor morango. Portanto, os resultados para a bebida sabor morango são atribuídos ao extrato de farelo de arroz, pois foi acrescentado apenas um aromatizante a essa bebida.

A precipitação formada pela bebida sabor morango, em ambos os tratamentos, no final do armazenamento, pode ter sido causada pelo efeito temperatura/tempo e pelo efeito das forças de Van der Waals, onde o sistema instabilizou-se em duas fases, isto é, ocorreu agregação de partículas nos componentes da bebida.

Resultados mostram que o tratamento térmico usado na tratamento térmico das bebidas contribuiu para o aumento da viscosidade, devido à gelatinização do amido. A viscosidade também teve uma tendência de aumento durante o armazenamento sob refrigeração, o qual pode ser atribuído a retrogradação do amido.

A maioria dos trabalhos publicados é sobre os efeitos do tratamento térmico nas proteínas do leite. Morin, Jiménez-Flores e Pouliot (2007), estudando os efeitos do processamento térmico na composição e microestrutura das membranas dos glóbulos de gordura do leite, concluíram que a tratamento térmico é uma etapa crítica na modificação das membranas dos glóbulos de gordura. Rynne et al. (2004) também encontraram que a tratamento térmico afeta a matriz protéica. Pesquisas sobre a matriz protéica e a relação entre proteína e lipídeos no desenvolvimento da bebida de farelo de arroz em trabalhos futuros seriam importantes.

Este é o primeiro estudo sobre esta nova bebida e nenhum outro trabalho que justifique o comportamento geral desse novo produto foi encontrado na literatura. Oszvald et al. (2008) estudaram as proteínas em seis cultivares de arroz australiano

e concluíram que a insolubilidade do endosperma das proteínas do arroz é principalmente devido à hidrofobicidade e também às ligações de hidrogênio e ligações dissulfeto entre peptídeos tipo globulina. As proteínas na bebida de farelo de arroz, portanto, não foram provenientes do endosperma do arroz. Assim sendo, mais estudos sobre o comportamento das proteínas solúveis em água devem ser realizados.

### **3.3 Preferência sensorial da bebida de farelo de arroz**

A preferência dos consumidores da bebida de farelo de arroz foi avaliada e os resultados são apresentados nas Figuras 8 e 9. Como um novo produto, com sabor e características desconhecidas, o nível de preferência foi aceitável, onde o escore foi maior que 6,00 para a maioria dos avaliadores. De acordo com Tuorila et al. (1994), citado por King et al. (2007), as expectativas são uma parte do contexto da avaliação de um novo alimento, e eles podem ajudar a melhorar sua aceitabilidade.

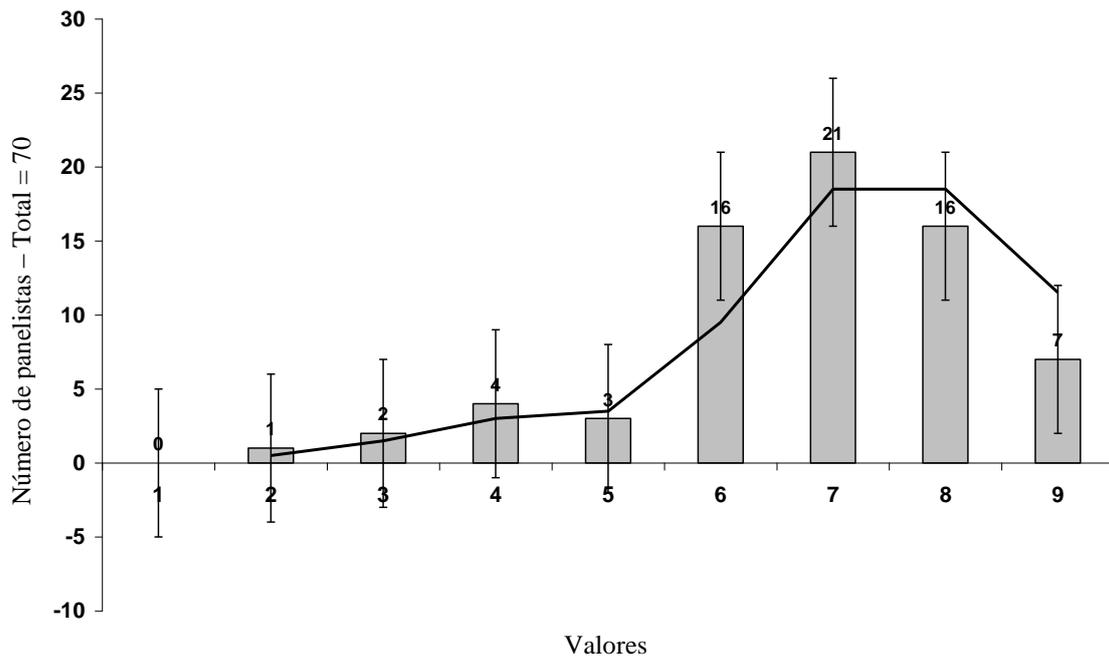


Figura 8 Teste de preferência da bebida de farelo de arroz sabor chocolate.

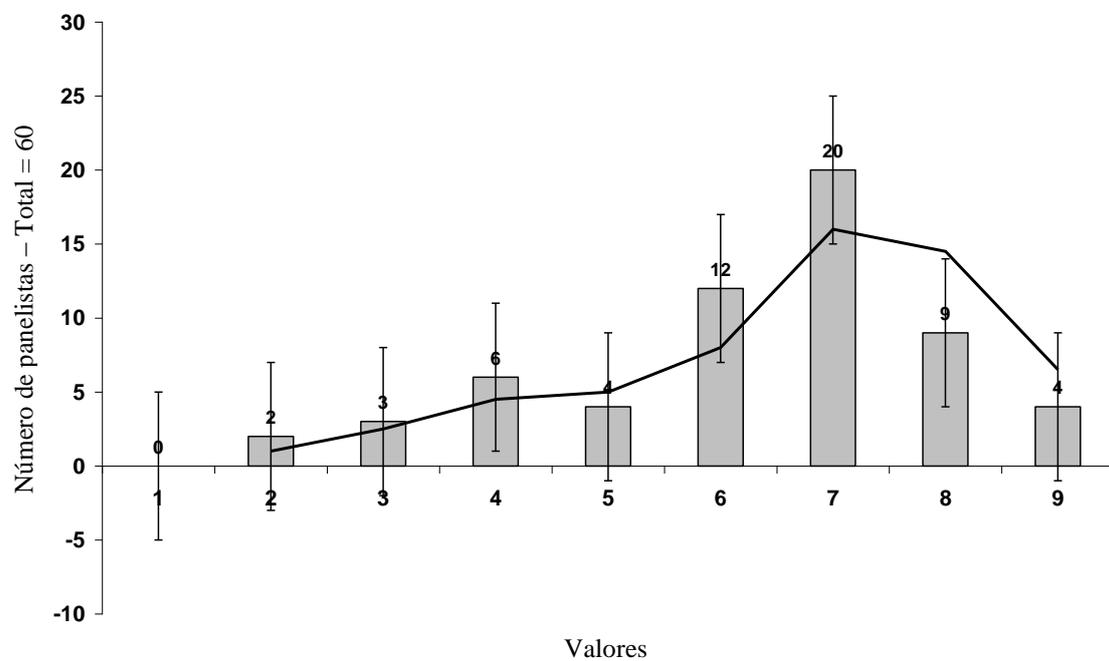


Figura 9 Teste de preferência da bebida de farelo de arroz sabor morango.

O resultado deste trabalho sugere que esta bebida é um produto de cereal nutritivo e promissor. Embora, devido à realidade das condições de cultivo e polimento, um certificado de orgânico, assim como um controle microbiológico e químico do material “in natura” são essenciais para garantir a segurança para o consumo humano.

Dessa forma as pessoas terão uma nova opção para consumir o farelo de arroz, como uma bebida nutritiva levemente viscosa que é diferente de outros produtos similares como o leite ou extrato de soja. Considerando que este produto não contém glúten, lactose ou adição de açúcar, estudos de suas propriedades gerais e também a possibilidade de seu consumo por pessoas que apresentam restrições na dieta, assim como outros consumidores interessados, são relevantes. Propriedades funcionais do farelo de arroz podem ser esperadas nesse novo produto.

## 4 CONCLUSÕES

Esta bebida de farelo de arroz pode ser uma nova alternativa para a nutrição humana, especialmente por seus ácidos graxos insaturados e minerais; entretanto, o material “in natura” utilizado deve ser certificado e ser preferencialmente de uma fonte orgânica. É considerada segura tanto do ponto de vista microbiológico como pela composição apresentada, não causando problemas ou doenças se consumido desde que não seja a única fonte de nutrientes.

O tempo de tratamento térmico de quinze minutos foi suficiente para eliminar os microorganismos na bebida de farelo de arroz garantindo uma maior vida de prateleira e ambos os tratamentos térmicos (15 minutos e 30 minutos) tiveram influência na viscosidade.

A viscosidade da bebida durante o aquecimento mostrou um desempenho típico de gelatinização do amido de arroz enquanto durante o resfriamento a presença de lipídeos no produto reduziu o efeito de retrogradação.

O pH e a acidez são parâmetros físico-químicos simples que podem ser utilizados para a avaliação da vida de prateleira desta bebida de farelo de arroz.

### **Agradecimentos:**

Bunge Agro industrial, Gaspar, SC, Brasil, pela colaboração nas análises de ácidos graxos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E. R. **Extrato de gérmen de arroz**, Privilégio de Invenção – INPI/SC - PI0101985- 6. 2001.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed., Ed. AOAC. 2005.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of Methods of the Microbiological Examination of Foods**. American Public Health Association. 4<sup>th</sup>. Edition. Washington D.C. 2001. 676p.

BARBER, C. B.; LLÁCER, M. D.; BARBER, S. Contenido de fibra dietética, atributos sensoriales de calidad y composición química del pan integral del comercio. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.23, p.119-131. 1983.

CARVALHO, J. L. V.; BASSINELLO, P. Z. Aproveitamento Industrial. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2.ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p.1007-1041.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.592-597. 2007.

COLLOMB, M.; BISIG, W.; BÜTIKOFER, U.; SIEBER, R.; BREGY, M. ETTER, L., 2008. Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland, comparison of organic and integrated farming systems. **International Dairy Journal**, v.18, n.10-11, p.976-982, 2008.

CUNEO, F.; AMAYA-FARFAN, J.; CARRARO, F. Phytate distribution in stabilized rice bran treated with exogenous phytase. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.94-98. 2000.

ERDMAN, J. W. Oilseed phytates: nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.56, n.8, p.736-741. 1979.

ERKKILÄ, A. T. et al. Cereal fiber and whole-grain intake are associated with reduced progression of coronary-artery atherosclerosis in postmenopausal women with coronary artery disease. **American Heart Journal**, v.150, n.1, p.94-101. 2005.

GRAF, E.; EATON, W. Effects of phytate on mineral bioavailability in mice. **Journal of Nutrition**, v.114, n.7, p.1092-1198, 1984.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practices**, v.22, p.475-476. 1973.

HOSENEY, R. C. **Principles of Cereal Science and Technology** American Association of Cereal Chemists, 2 Sub ed., Hardcover, 1994, 378p.

JARIWALLA, R.J. Rice bran products: phytonutrients with potential applications in preventive and clinical medicine. **Drugs under Experimental and Clinical Research**, n.27, p.17-26. 2001.

JULIANO, O. B. Rice: Chemistry and technology. 2ed., St. Paul, EUA: **American Association of Cereal Chemists**, inc. 1994, p.17-160, 647-680.

KAHLON, T. S.; CHOW, F. I. Rice Bran – Production, composition, availability, healthful properties, safety and food applications. In: **Handbook of Dietary Fiber**, ch.28, p.243-551, 2001, 563p.

KANAYA, Y. et al. Rice bran extract prevents the elevation of plasma peroxy lipid in KKAY diabetic mice. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v.66, n.1001, p.S157-S160. 2004.

KIM, K. M.; YU, K. W.; KANG, D. H.; KOH, J. H.; HONG, B. S.; SUH, H. J. Anti-stress and anti-fatigue effects of fermented rice bran. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.65, p.2294-2296. 2001.

KULKARNI, A.; YOKOTA, T.; SUZUKI, S.; ETOH, H. Supercritical water extraction of barley to produce a functional drink. **Bioscience Biotechnology Biochemistry**, v.72, p.236-239. 2008.

KING, S. C.; MEISELMAN, H. L.; HOTTENSTEIN, A. W.; WORK, T. M.; CRONK, V. The effects of contextual variables on food acceptability: A confirmatory study. **Food Quality and Preference**, v.18, p.58-65. 2007.

KUNO, T. et al. Preventive effect of fermented brown rice and rice bran on N-nitrosomethylbenzylamine-induced esophageal tumorigenesis in rats. **International Journal of Oncology**, v.25, n.6, p.1809-1815, 2004.

LOGARAJ, T. V.; BHATTACHARYA, S.; SANKAR, K. U.; VENKATESWARAN, G. Rheological behavior of emulsions of avocado and watermelon oils during storage. **Food Chemistry**, v.106, p.937-943. 2008.

LUO, H-F.; LI, Q.; YU, S.; BADGER, T. M.; FANG, N. Cytotoxic hydroxylated triterpene alcohol ferulates from rice bran. **Journal of Natural Products**, v.68, p.94-97. 2005.

MILINSK, M. C.; PADRE, R. G.; HAYASHI, C.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Influence of diets enriched with different vegetable oils on the fatty acid profiles of snail *Helix aspersa máxima*. **Food Chemistry**, v.82, p.553-558. 2003.

MIRANDA, M.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado. 3. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, p.216-226. 2002.

MORIN, P.; JIMÉNEZ-FLORES, R.; POULIOT, Y. Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globule membranes. **International Dairy Journal**, v.17, p.1179-1187. 2007.

OSZVALD, M.; TÖMÖSKÖZI, S.; LARROQUE, O.; KERESZTÉNYI, E.; TAMÁS, L.; BÉKÉS, F. Characterization of rice storage proteins by SE-HPLC and micro z-arm mixer. **Journal of Cereal Science**, v.48, n.1, p.68-76. 2008.

POTTER, R. M.; DOUGHERTY, M. P.; HALTEMAN, W. A.; CAMIRE, M. E. Characteristics of wild blueberry-soy beverages. **LWT**, v.40, p.807-814. 2007.

RYNNE, N. M.; BERESFORD, T. P.; KELLY, A. L.; GUINEE, T. P. Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. **International Dairy Journal**, v.14, p.989-1001. 2004.

SANCHES, C.; MEINERT, E. M.; AMBONI, R. M. C.; AMANTE, E. R. Bebida nutritiva a partir do farelo de arroz parbolizado orgânico. **Engarrafador Moderno**, v.15, p.50-57. 2004.

SIERRA, S.; LARA-VILLOSLADA, F.; OLIVARES, M.; JIMÉNEZ, J.; BOZA, J.; XAUS, J. Increased immune response in mice consuming rice bran oil. **European Journal of Nutrition**, v.44, p.509-516. 2005.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1997, 295p.

SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. A. Prevention of hydrolytic rancidity in rice bran. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.487-491. 2006.

SPACKMAN, D. C.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Biochemistry**, v.30, p.1190-1206. 1958.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation Practices**. Academic Press, London. 1985, 311p.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS – USP, 2008.  
<http://www.fcf.usp.br/tabela/resultado.asp?IDLetter=H&IDNumber=52> - consulta em 21 de fevereiro de 2008

VALERO, E.; VILLAMIEL, M.; SANZ, J.; MARTÍNEZ-CASTRO, I. Chemical and sensorial changes in milk pasteurized by microwave and conventional systems during cold storage. **Food Chemistry**, v.70, p.77-81. 2000.

WHISTLER, R. L.; PASCHALL, E. F., **Starch: Chemistry and Technology**, v.1, Fundamental Aspects. Academic Press, N.Y. and London, 1965, 579 p.

WILSON, T. A.; IDREIS, H. M.; TAYLOR, C. M.; NICOLOSI, R. J. Whole fat rice bran reduces the development of early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters compared with wheat bran. **Nutrition Research**, v.22, n.11, p.1319-1332. 2002.

XU, Z.; HUA, N.; GODBER, J. S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and  $\gamma$ -orizanols from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2- azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.2077-2081. 2001.

## **CAPÍTULO 2**

**Efeito do consumo da bebida de farelo de arroz no colesterol e glicose  
sanguíneos de animais e na biodisponibilidade de cálcio**

## **Efeito do consumo da bebida de farelo de arroz no colesterol e glicose sanguíneos de animais e na biodisponibilidade de cálcio.**

### **RESUMO**

O farelo de arroz é um subproduto do polimento do arroz e é utilizado para a produção de óleo de arroz. A principal aplicação é na alimentação animal. Entretanto, vários estudos estão mostrando numerosas propriedades funcionais do farelo de arroz, como por exemplo, na redução do colesterol. Fibras, antioxidantes, minerais, tocóis, tocotrienóis e ácidos graxos insaturados estão relacionados com as propriedades funcionais do farelo de arroz. O consumo deste subproduto por humanos está restrito a produtos na forma de farinha ou farelo, apesar da importância de seus nutrientes. Devido às condições de polimento, o farelo de arroz é considerado um resíduo. Foi usado o farelo e arroz orgânico de uma pequena indústria, para produzir uma bebida, com o objetivo de melhorar a aceitabilidade deste farelo. Estudamos o efeito deste novo produto no colesterol, glicose e biodisponibilidade de cálcio em ratos. Diferentemente de outros trabalhos essa bebida não alterou os níveis de colesterol, mas reduziu a glicose ( $p < 0,05$ ) e não interferiu na biodisponibilidade do cálcio.

Palavras chave: bebida, cálcio, colesterol, glicose, farelo de arroz.

## ABSTRACT

Rice bran is a by-product from rice polishing, and the raw material to rice oil production. The second principal application is in animal feed. Meanwhile, several studies are showing numerous functional properties in rice bran, such as reduction of cholesterol. Fibers, antioxidants, mineral, tocopherols, tocotrienols and unsaturated fat acids are related with functional properties in rice bran. The consumption of this by-product by humans is restrictive as a flour or bran product, beside the importance of its nutrients, due to the condition of polishing, rice bran is considered as a residue. In our work we use organic rice bran from a small industry, to produce a rice bran beverage, with the aim of to become easily consumed. We study the effect of this new product on cholesterol, glucose and calcium bioavailability in rats. Differently from other works the beverage does not change the cholesterol level, but reduce ( $p < 0.05$ ) glucose and does not interfere on calcium bioavailability.

Key words: beverage, calcium, cholesterol, glucose, rice bran.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização do farelo de arroz vem crescendo no país como fonte de fibras, sais minerais, proteínas, vitaminas, lipídeos e compostos químicos de comprovada ação hipocolesterolêmica. Tanto o farelo desengordurado quanto o seu óleo podem auxiliar no tratamento de doenças cardiovasculares, diabetes e câncer de cólon (GERHARDT; GALLO, 1998; GOPALA KRISHNA et al., 2006).

A fibra dietética pode promover efeitos benéficos de laxação e diminuição do colesterol sanguíneo (SPILLER, 1994) assim como redução da glicemia (BIJLANI, 1985), podendo também diminuir o risco de câncer (McCANN, MOYSICH; METTLIN, 2001), diabetes (WANG et al., 2001), doenças cardíacas (FERNANDEZ, 2001) e obesidade (BURTON-FREEMAN, 2000).

Além das fibras alimentares presentes no farelo de arroz, os tocóis e os trienóis presentes no óleo do farelo atuam inibindo a síntese do colesterol, contribuindo para sua redução. Vários outros mecanismos podem estar envolvidos simultaneamente nessa redução do colesterol, sendo que o farelo de arroz estabilizado por processo que mantenha inalterada suas qualidades parece ser o mais efetivo (KAHLON; CHOW, 2001).

O farelo também é fonte de fitosterol, que apresenta como característica atividade hipocolesterolêmica, ação emulsificante, e é amplamente aceito na indústria cosmética. Dele também se obtém o estanol (pela modificação química do fitosterol) atuante também na diminuição do colesterol (WILSON et al., 2002).

Segundo O'Dell, DeBolland e Koirtyoh (1972), 85% do ácido fítico do arroz localiza-se no pericarpo, 13% no gérmen e 2% no endosperma. Outros dados mencionam, para farelo de arroz integral, valores de fitatos totais na ordem de 3,65g e 4,48g, por 100g (RAVINDRAN et al., 1994; BERGMAN et al., 1997), e de 6,25 a

6,9g, por 100g, para o farelo desengordurado (WEBER; CHAUDHARY, 1987; DOMENE, et al., 2001;), sendo que o ácido fítico (IP<sub>6</sub>) naturalmente presente no farelo de arroz representa de 85 a 92% dos fitatos totais (SANDBERG; AHDERINNE, 1986; LEHRFELD; MORRIS, 1992).

O ácido fítico, em pH neutro e alto (meio alcalino) forma complexos insolúveis com cátions di e polivalentes, comprometendo a biodisponibilidade de certos minerais, principalmente zinco, cálcio, ferro e cobre. Várias publicações ressaltam as propriedades antinutricionais dos fitatos. (REDDY et al., 1982; OBERLEAS, 1983; GRAF; EATON, 1984; LÁSZTITY; LÁSZTITY, 1990; DOMENE et al., 2001), entretanto, diversas qualidades benéficas vêm sendo apontadas para estes compostos (HASLER, 1998).

A forma usual de aproveitar o farelo, subproduto dos engenhos de arroz é extraíndo-se o óleo por prensa mecânica e aquecimento e gerando o farelo estabilizado, como novo subproduto. O processo de estabilização, então, compreende a inativação enzimática e desengorduramento simultâneos, com aplicação de vapor e prensagem, sendo que alguns autores têm sugerido a possibilidade de ocorrer desfosforilação parcial dos ésteres de inositol durante o processo (TANGENDJAJA et al., 1981; PHILLIPPY et al., 1988; LEHRFELD, 1989;), embora outro trabalho indique que o processo de estabilização não altera o conteúdo de fitato total (DOMENE et al., 2001).

Pesquisa realizada por Andrade et al. (2002), com grãos cereais crus e processados termicamente, demonstrou que o tratamento térmico favorece a hidrólise do fitato, fazendo com que esse não interfira na biodisponibilidade de metais (Zn, Cu) apresentando uma biodisponibilidade de no mínimo 80% para o zinco e 50% para o cobre nas amostras de arroz analisadas (polido, integral e parbolizado).

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do consumo de uma bebida obtida do farelo de arroz orgânico tratado termicamente na glicemia e colesterolemia em ratos e a influência do fitato no teor de cálcio nos fêmures desses animais.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material**

O farelo de arroz orgânico parbolizado foi adquirido da empresa Coopersulca, certificada como produtora de arroz orgânico, da cidade de Turvo (latitude: -28° 55' 34"; longitude: 49° 40' 45"; altitude: 38 metros), Santa Catarina, Brasil. O material foi recebido em três diferentes lotes. Cada lote foi dividido em quatro partes, misturado e estabilizado por tostagem a 180°C / 10 minutos, em uma panela em fogão doméstico. Cada amostra foi armazenada a menos 18°C em três lotes para serem utilizados em uma mistura homogênea no preparo da bebida. Esta mistura de amostras correspondeu à matéria-prima para a produção da bebida e para as análises do material "in natura".

A bebida de farelo de arroz, constituída de extrato aquoso do farelo de arroz, foi preparada de acordo com Amante (2001). A bebida foi tratada termicamente a 100°C por 30 minutos em banho-maria, em garrafas de vidro de 200 mL, seladas com Parafilm® e com tampa rosqueável para garantir uma perfeita vedação. A bebida foi armazenada sob refrigeração (4°C), até o momento das análises.

### **2.2 Determinação de minerais**

Amostras foram reduzidas a cinzas a 550°C por aproximadamente 12h. As cinzas foram solubilizadas em ácido nítrico 1N, aquecido em cadinho de porcelana por 2-3 minutos e transferido para balões volumétricos de 100mL completados com ácido nítrico (AOAC, 1990). Conteúdo de cálcio, magnésio, ferro e manganês foram determinados através de espectrofotometria de absorção atômica usando-se um

espectrofotômetro Perkin-Elmer Analyst 300. Lantânio foi adicionado às amostras de cálcio e magnésio para prevenir interferências causadas pelos íons fosfatos. Potássio e sódio foram determinados através de espectrofotometria de emissão atômica utilizando espectrofotômetro Perkin-Elmer Analyst 300 (AOAC, 1990). Fósforo foi determinado pelo método AOAC (1990) usando espectrofotômetro UV-VIS (Hitachi Model U-1800).

### **2.3 Determinação de cálcio no fêmur animal**

O cálcio ósseo foi determinado por titulação complexométrica de sais de cálcio por uma solução de EDTA em presença de indicador adequado (calceína mista) (Brasil, 1999).

### **2.4 Determinação de ácido fítico**

O conteúdo de ácido fítico no farelo de arroz e na bebida de farelo de arroz foi determinado pelo kit K-PHYT 05/07 (MEGAZYME, 2007).

### **2.5 Ensaio biológico**

O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética para Uso de Animais da Universidade Federal de Santa Catarina (Anexo 3). Ratos machos, *Rattus norvegicus*, adultos com 60 dias de idade, pesando em média 256,9g  $\pm$  10,7g, linhagem Wistar, provenientes do Biotério Central da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) (Florianópolis, SC, Brasil) foram distribuídos em 2 grupos (controle e teste) com 6 animais cada, mantidos em gaiolas metabólicas, em uma

sala climatizada do Laboratório de Nutrição Experimental – CCS – UFSC, à temperatura de  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , com ciclo claro/escuro de 12h. O grupo controle recebeu ração comercial (Nuvilab®) e água *ad libitum*; o grupo teste recebeu a mesma ração comercial e água *ad libitum*. A bebida de farelo de arroz foi oferecida ao grupo teste, em bebedouros separados, na quantidade de 15mL/dia, por 4 semanas. O consumo de água, da bebida de farelo de arroz e de ração foi registrado 3 vezes por semana e o peso dos animais 1 vez por semana. Todos os materiais com contato direto ou indireto com os animais eram de vidro ou aço inox e todos os cuidados foram tomados para minimizar a contaminação mineral.

Ao final do período experimental de 4 semanas, os animais foram deixados em jejum de 24h, anestesiados, o sangue coletado por punção cardíaca e colocado em tubos heparinizados e o plasma separado por centrifugação a 10.000g por 10 minutos a  $4^{\circ}\text{C}$ . O plasma foi separado e armazenado em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posterior análise de colesterol e glicose. O fêmur direito de cada animal foi retirado, pesado e congelado para posterior análise de cálcio.

Colesterol e glicose plasmáticos foram determinados dessas amostras utilizando kits enzimáticos (Labtest).

## **2.6 Análise estatística**

Todos os dados do ensaio biológico foram expressos como média  $\pm$  DP (n=6). As médias foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) e as diferenças entre os grupos foram determinadas pelo teste múltipla-faixa de Duncan ( $p < 0,05$ ).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os lipídeos são importantes componentes no farelo e na bebida. Carboidratos, fibras totais e minerais foram superiores ao conteúdo de proteínas, conforme determinado neste trabalho e já apresentado no capítulo 1. Elementos minerais na bebida de farelo de arroz foram comparados com o farelo de arroz, além das IDRs para humanos, apesar dos ensaios biológicos no presente trabalho terem sido realizados em ratos (Tabela 1). Considerando que o teor de sólidos na bebida é de 8,84g/100mL, significa que os resultados de minerais no produto são aproximadamente 10 vezes menores do que os observados nesta tabela em base peso seco (BPS). A apresentação em base seca oferece a idéia da eficiência na extração mineral no processo de produção da bebida.

Tabela 1 Conteúdo mineral no farelo e na bebida de farelo de arroz e Ingestão Diária Recomendada (IDR) para homens e mulheres com idade de 30 anos\*.

Elementos	Farelo de arroz (mg/100g)	Bebida de farelo de arroz (mg/100mL)	Bebida de farelo de arroz (mg/100g)	IDRs* (mg/dia)
Ca (mg/100g)	84,58±0,21	6,92±0,02	78,37	1000
Mg (mg/100g)	987,31±8,10	131,50±1,08	1487,62	350
Fe (mg/100g)	8,94±0,13	1,43±0,021	16,18	8-18
Mn (mg/kg)	17,05±0,59	1,94±0,07	219,26	2,3
Na (mg/100g)	14,96±0,08	3,10±0,02	35,05	500
P (mg/100g)	2064,10±4,12	293,36±0,59	3318,56	700
K (mg/100g)	1645,80±4,44	215,07±0,58	2432,96	4700

\*Instituto de Medicina. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes (1999-2001).

Esses constituintes minerais apesar de alguns se apresentarem em quantidades significativas para o animal, tiveram seu consumo limitado pela quantidade de bebida oferecida (15mL/dia), não tendo por objetivo o preenchimento das necessidades nutricionais desses animais visto que a ração fornecida apresentava todos os nutrientes necessários a sua manutenção. Esse volume da bebida oferecido foi previamente estabelecido como sendo a média de consumo pelos animais.

O ácido fólico na bebida de farelo de arroz poderia ser uma restrição para o consumo desta nova bebida, devido ao seu elevado conteúdo no farelo fonte deste produto ( $1,98\text{g} \pm 0,040\text{g}/100\text{g}$ ), no entanto, seu conteúdo na bebida foi significativamente menor ( $0,12\text{g} \pm 0,067\text{g}/100\text{mL}$ ).

O consumo de ração, água e bebida de farelo de arroz dos ratos são apresentados na Figura 1 e na Tabela 2, confirmando que a bebida não interferiu no consumo médio semanal desses animais durante o experimento.

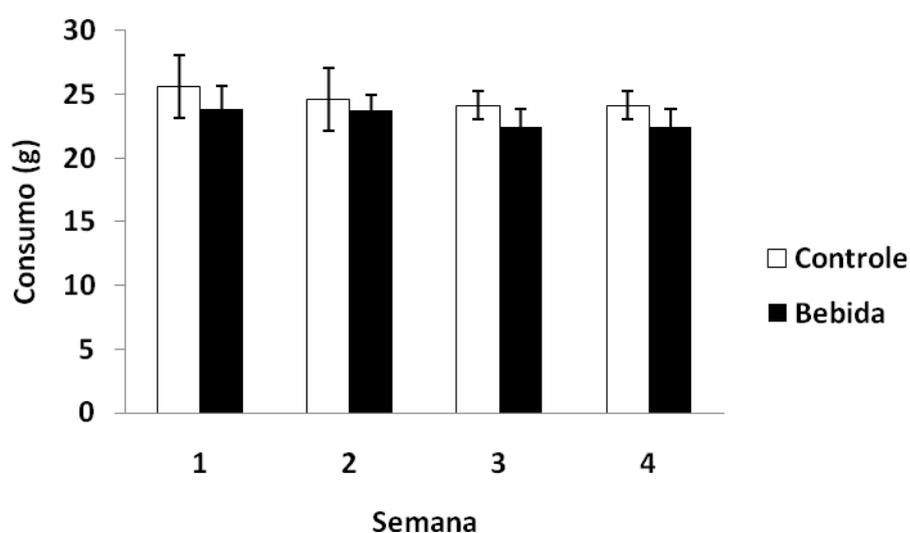


Figura 1 Consumo médio semanal de ração (gramas) e água (mililitros) nos grupos controle e bebida de farelo de arroz (média  $\pm$  dp).

Tabela 2 Consumo médio semanal da bebida de farelo de arroz em mililitros (média±dp)

Semana	1	2	3	4
Grupo Bebida de Farelo de Arroz	81,5 ± 1,7	104,3 ± 0,7	101,4 ± 1,1	103,6 ± 1,4

A variação de peso não apresentou diferença entre os grupos estudados, representando que o consumo da bebida não alterou o desenvolvimento normal dos animais (Figura 2).

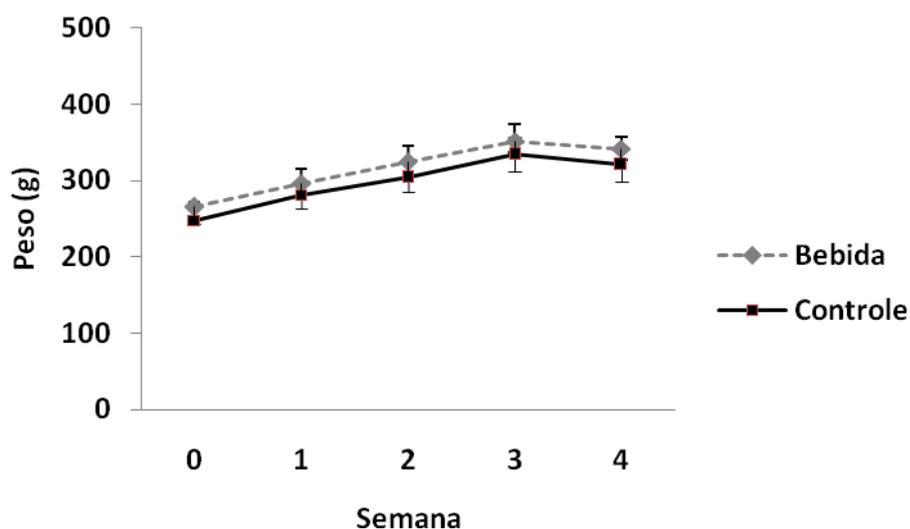
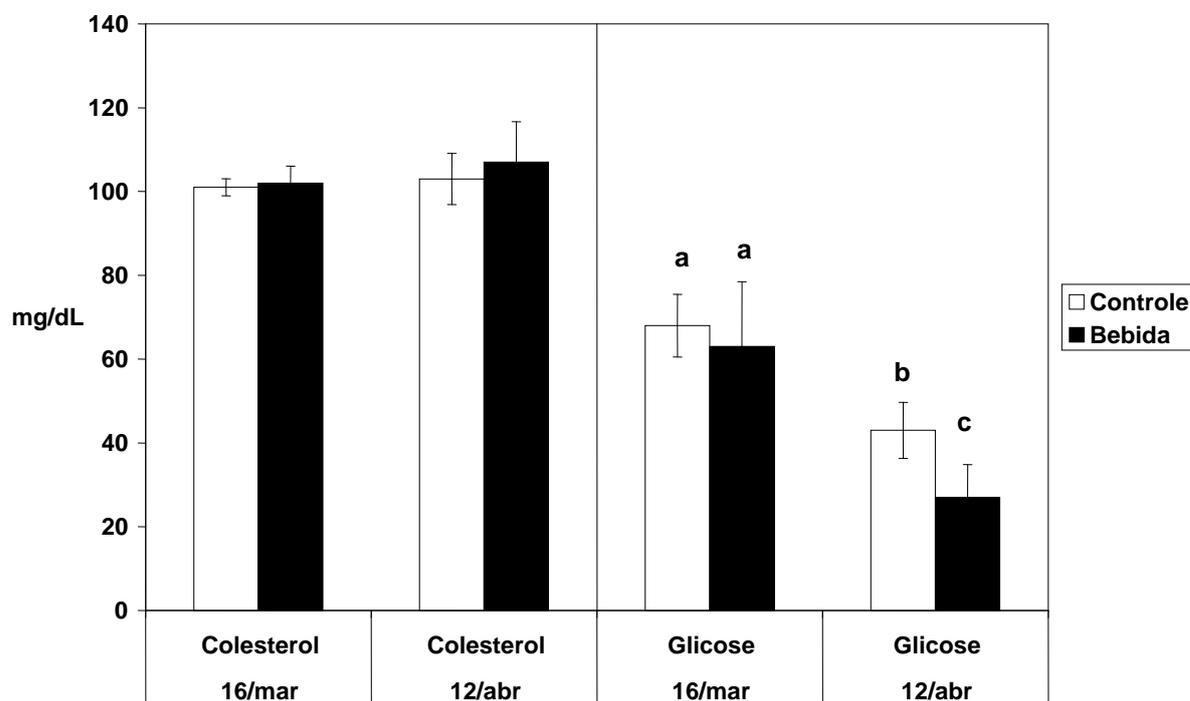


Figura 2 Variação média de peso semanal dos animais dos grupos controle e bebida de farelo de arroz durante 28 dias.

As concentrações de colesterol sanguíneo não apresentaram diferença entre os grupos controle e farelo tanto no início quanto no término do experimento. No entanto, após as 4 semanas o grupo que recebeu a bebida de farelo de arroz apresentou uma significativa redução na concentração da glicose circulante (Figura 3).



Colunas com letras diferentes apresentam diferença significativa ao nível de  $p < 0,05$ .

Figura 3 Valores médios de colesterol e glicose iniciais e finais em mg/dL no sangue dos animais.

A concentração de colesterol não apresentou diferença entre o grupo controle e grupo bebida de farelo de arroz, desde o início até o término do experimento (Figura 3).

Ocorreu uma significativa redução ( $p < 0,05$ ) nos níveis de glicose no sangue dos ratos que consumiram a bebida de farelo de arroz, comparados com aqueles que não consumiram.

Estudos realizados com farelo de arroz têm demonstrado uma diminuição da glicose no jejum e no pós-prandial em pacientes diabéticos devido ao alto teor de fibras alimentares do farelo de arroz (SILVA et al., 2005). No entanto Qureshi, Sami e Khan (2002) avaliando o farelo de arroz estabilizado e suas frações (farelo de arroz solúvel em água e concentrado de fibras de farelo de arroz), em diabético tipo I

e tipo II, observaram que a fração solúvel do farelo de arroz foi a que apresentou uma maior redução na glicemia. Segundo Jung et al. (2007), os ácidos fenólicos presentes no farelo de arroz parecem aumentar a utilização da glicose plasmática, elevando a atividade da glicoquinase e a produção de glicogênio no fígado.

Possivelmente a diminuição da concentração da glicose sanguínea ocorreu devido à presença das fibras solúveis existentes no farelo de arroz e que estão presentes na bebida. O total de fibras na bebida correspondeu a 17,99% dos sólidos totais dessa bebida de farelo de arroz, o que é significativo, comparado ao conteúdo de fibras na bebida. Possivelmente a redução da glicemia dos animais ocorreu devido à composição dessas fibras. Esse resultado está de acordo com os estudos realizados com farelo de arroz, farelo solúvel em água e concentrados de fibras desse farelo (QURESHI; SAMI; KHAN, 2002). Diferentemente do trabalho citado, em nosso experimento a bebida de farelo incluiu todos os compostos do farelo de arroz estabilizado, solúveis em água.

O colesterol não sofreu alteração provavelmente pelo curto período de tratamento dos animais neste experimento (28 dias).

Lipídeos corresponderam a mais alta proporção dos sólidos totais na bebida de farelo de arroz, 31,22%. Apesar dos reconhecidos benefícios dos ácidos graxos do óleo do farelo de arroz, predominantemente ácidos graxos insaturados, o colesterol plasmático dos animais não apresentou mudanças. Provavelmente devido ao curto período deste experimento, para detectar esse tipo de alteração. Resultados deste nosso trabalho com a bebida de farelo de arroz foram diferentes de outros estudos mostrando que o farelo de arroz foi efetivo na redução do colesterol (KAHLON et al., 1992; KAHLON et al., 1993; GERHARDT; GALLO, 1998; FUKUSHIMA et al., 1999; QURESHI et al., 2001; QURESHI et al., 2002; WILSON et al., 2002).

Fukushima et al. (1999), estudando os efeitos da fermentação intrainestinal do farelo de arroz no metabolismo do colesterol em ratos cecectomizados, demonstraram que metabólitos da fermentação do farelo de arroz no ceco como os ácidos propiônico e butírico, e o óleo de farelo de arroz, podem ser efetivos na redução dos níveis de colesterol circulante, mesmo na presença de excesso de colesterol na dieta. Este não foi o caso em nossa pesquisa, onde a bebida de farelo de arroz não foi efetiva na redução de colesterol. As fibras alimentares no farelo comparadas à bebida de farelo são significativamente menores, conforme os resultados apresentados no Capítulo 1. Considerando esses resultados, a bebida de farelo de arroz apresentando menor teor de fibras do que o farelo não reduziu o colesterol, embora trabalhos futuros com maior tempo de ensaio biológico sejam indicados para uma conclusão definitiva a este respeito.

O efeito da bebida de farelo de arroz foi importante para a redução da glicemia dos ratos; o que está de acordo com as publicações para farelo de arroz estabilizado, farelo de arroz solúvel em água e concentrados de fibras de farelo de arroz (QURESHI et al., 2002).

O peso dos fêmures dos ratos controle e bebida de farelo de arroz não sofreram diferença significativa ao término do experimento tampouco as concentrações de cálcio nos respectivos fêmures direitos dos animais (Figuras 4 e 5).

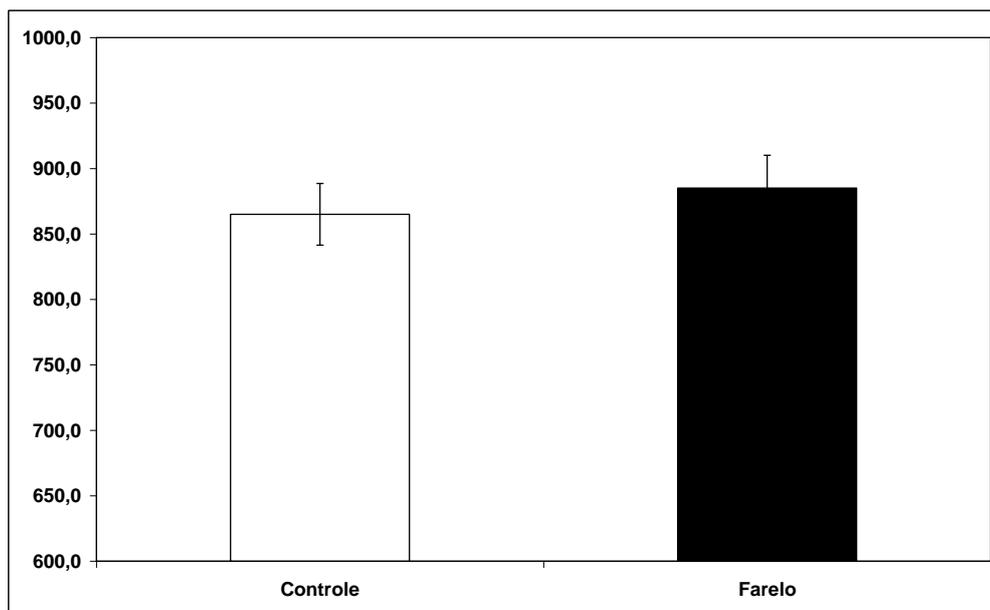


Figura 4 Valores médios do peso dos fêmures direito dos ratos dos grupos controle e bebida de farelo de arroz, em miligramas, ao término do experimento.

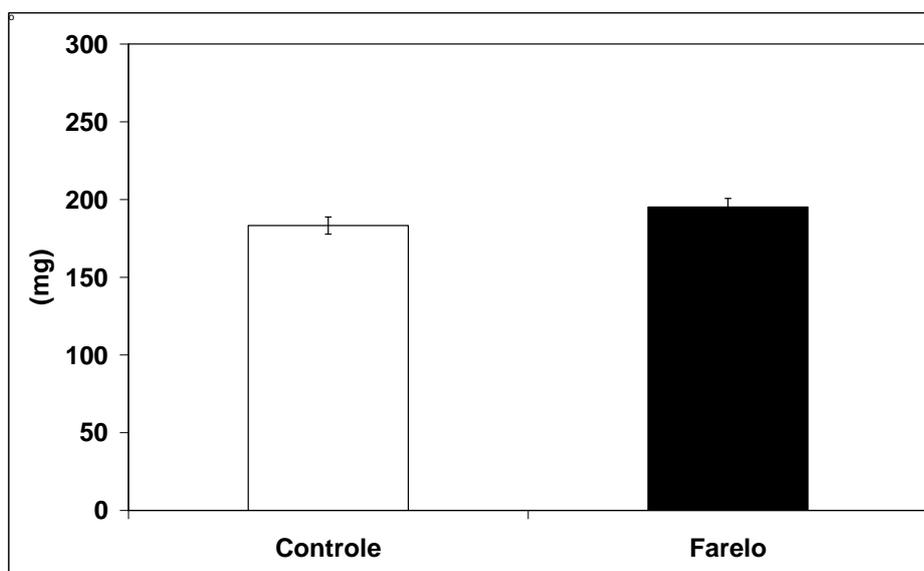


Figura 5. Concentração média de cálcio nos fêmures direito dos ratos controle e bebida de farelo de arroz, em miligramas, ao término do experimento.

Apesar da presença de fitatos no farelo de arroz, na bebida esse componente estava reduzido e possivelmente o tratamento térmico sofrido pela bebida inativou-o, pois esse seria um componente que poderia diminuir a absorção de alguns minerais, entre eles o cálcio. Notamos que este efeito não ocorreu nos animais que ingeriram

a bebida de farelo de arroz, pois a concentração de cálcio nos fêmures desses ratos está igual ao do grupo controle, pois não houve diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ).

A presença de ácido fítico em farelos de cereais é um reconhecido limitante para a absorção de cálcio; no entanto os resultados revelaram que este efeito não ocorreu nos animais que ingeriram a bebida de farelo de arroz, pois a concentração de cálcio nos fêmures desses ratos está igual ao do grupo controle, pois não houve diferença estatística significativa.

A quantidade de minerais na bebida de farelo de arroz foi de 11,70% dos sólidos totais. A presença de ácido fítico na bebida de farelo de arroz pode ser uma restrição para a biodisponibilidade de cálcio, apesar dos resultados mostrarem que este efeito não ocorreu em animais que ingeriram a bebida de farelo de arroz. O conteúdo de cálcio no fêmur foi igual quando comparado ao grupo controle.

Domene et al. (2001), analisaram o efeito da absorção de cálcio em ratos alimentados com farelo de arroz por 22 dias, os quais ingeriram uma quantidade de ácido fítico entre 14,2g e 18,7g durante esse período, encontrando que em dieta com suplementação de cálcio, o ácido fítico deste subproduto pode se ligar e remover o cálcio absorvível no intestino.

Resultados de vários estudos (ABDUL-HAMID; LUAN, 2000; CHANDI; SOGI, 2007) mostraram o valor funcional do farelo de arroz como também apresentado neste trabalho, podendo aumentar o interesse no desenvolvimento de novos produtos a partir deste subproduto da indústria do arroz.

#### **4 CONCLUSÃO**

A bebida de farelo de arroz, nas condições estudadas, não promoveu alterações no colesterol plasmático e na concentração de cálcio no fêmur dos animais e demonstrou um efeito hipoglicemiante. Mais estudos, com períodos de ingestão da bebida de farelo de arroz mais prolongados, contribuirão para confirmar os efeitos benéficos desta bebida.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods**, 9 ed. St. Paul, Minnesota, 1999, 1345p.

ABDUL-HAMID, A.; LUAN, Y. S. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. **Food Chemistry**, v.68, n.1, p.15-19. 2000.

AMANTE, E.R. **Extrato de germen de arroz**, Privilégio de Invenção – INPI/SC PI0101985-6. 2001.

ANDRADE, E. C. B.; BARROS, A. M.; MAGALHÃES, A. C. P.; CASTRO, L. L. S.; TAKASEL, I. Avaliação da biodisponibilidade de cobre e zinco em cereais crus e processados termicamente em meios aquoso e salino. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.179, n.3, p.79-82. 2002.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 14th ed. Washington, D.C., 1990, 1298p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Arlington (USA): Virginia, 1998.

ARDIANSYAH, H. S.; KOSEKI, T.; OHINATA, K.; HASHIZUME, K.; KOMAI, M. Rice Bran Fractions Improve Blood Pressure, Lipid Profile, and Glucose Metabolism in Stroke-Prone Spontaneously Hypertensive Rats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.54, n.5, p.1914-1920. 2006.

BERGMAN, C.J.; GUALBERTO, D.G.; WEBER, C.W. Mineral binding capacity of dephytinized insoluble fiber from extruded wheat, oat, and rice brans. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.51, n.4, p.295-310. 1997.

BIJLANI, R. L. Dietary fiber: consensus and controversy. **Progress in Food & Nutrition Science**, v.9, n.3-4, p.343-393. 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Métodos Analíticos Físico-Químicos. Instrução Normativa nº20 de 21/07/1999, **Diário Oficial da União**, 09/09/99. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.

BURTON-FREEMAN, B. Dietary Fiber and Energy Regulation. **Journal of Nutrition**, v.130, n.2, p.272S-275S. 2000.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.592-597. 2007.

DOMENE, S. M. A.; TORIN, H. R.; AMAYA-FARFAN, J. Dietary zinc improves and calcium depresses growth and zinc uptake in rats fed rice bran. **Nutrition Research**, v.21, n.12, p.1493-1500. 2001.

FERNANDEZ, M. L. Soluble fiber and nondigestible carbohydrate effects on plasma lipids and cardiovascular risk. **Current Opinion in Lipidology**, v.12, n.1, p.35-40. 2001.

FUKUSHIMA, M.; FUJII, S.; YOSHIMURA, Y.; ENDO, T.; NAKANO, M. Effect of rice bran on inraintestinal fermentation and cholesterol metabolism in cecectomized rats. **Nutrition Research**, v.19, n.2, p.235-245. 1999.

GERHARDT, A. L.; GALLO, N. B. Full-Fat Rice Bran and Oat Bran Similarly Reduce Hypercholesterolemia in Humans. **Journal of Nutrition**, v.128, n.5, p.865-869. 1998.

GOPALA KRISHNA, A. G.; HEMAKUMAR, K. H.; KHATOON, S. Study on the composition of rice bran oil and its higher free fatty acids value. **JAACS**, v.83, n.2, p.117-120. 2006.

GRAF, E.; EATON, W. Effects of phytate on mineral bioavailability in mice. **Journal of Nutrition**, v.114, n.7, p.1092-1198. 1984.

HASLER, C. M. Functional foods. Their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, v.52, n.11, p.63-70. 1998.

JUNG, E. H.; KIM, S. R.; HWANG, I. K.; HA, T. Y. Hypoglycemic effects of a phenolic acid fraction of rice bran and ferulic acid in C57BL/KsJ-db mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.24, p.9800-9804. 2007.

KAHLON, T. S.; SAUNDERS, R. M.; SAYRE, R. N.; CHOW, F. I.; CHIU, M. M.; BETSCHART, A. A. Cholesterol-lowering effects of rice bran and rice bran oil fractions in hypercholesterolemic hamsters. **Cereal Chemistry**, v.69, n.5, p.485-489. 1992.

KAHLON, T. S.; CHOW, F. I.; KNUCKLES, B. E.; CHIU, M. M. Cholesterol-lowering effects in hamsters of beta-glucan-enriched barley fraction, dehulled whole barley, rice bran and oat bran and their combinations. **Cereal Chemistry**, v.70, n.4, p.435-440. 1993.

KAHLON, T. S.; CHOW, F. I. Rice Bran – Production, composition, availability, healthful properties, safety and food applications. In: **Handbook of Dietary Fiber**, ch.28, 2001, p.543-552.

LÁSZTITY, R.; LÁSZTITY, L. Phytic acid in cereal technology. **Advances in Cereal Science and Technology**, v.10, p.309-371. 1990.

LEHRFELD, J. High performance chromatography analysis of phytic acid on a pH-stable, macroporous polymer column. **Cereal Chemistry**, v.66, n.6, p.510-515. 1989.

LEHRFELD, J.; MORRIS, E. R. Overestimation of phytic acid in foods by the AOAC anion-exchange method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, n.11, p.2208-2210. 1992.

McCANN, S. E.; MOYSICH, K. B.; METTLIN, C. Intakes of selected nutrients and food groups and risk of ovarian cancer. **Nutrition and Cancer**, v.39, n.1, p.19-28. 2001.

MEGAZYME INTERNATIONAL IRELAND LIMITED. **Phytic acid (phytate)/total phosphorus** – Assay procedure K-PHYT 05/07, 2007.

OBERLEAS, D. Phytate contents in cereals and legumes and methods of determination. **Cereal Foods World**, v.28, n.6, p.352-357. 1983.

O'DELL, B. L.; DeBOLLAND, A. R.; KOIRTYOH, S. R. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.20, n.3, p.718-721. 1972.

PHILLIPPY, B. Q.; JOHNSTON, M. R.; TAO, S. H.; FOX, M. R. S. Inositol phosphates in processed foods. **Journal of Food Science**, v.53, n.2, p.496-499. 1988.

QURESHI, A. A.; PETERSON, D. M.; HASLER-RAPACZ, J. O.; RAPACZ, J. Novel tocotrienols of rice bran suppress cholesterogenesis in hereditary hypercholesterolemic swine. **Journal of Nutrition**, v.131, n.2, p.223-230. 2001.

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

RAVINDRAN V.; RAVINDRAN, G.; SIVALOGAN, S. Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. **Food Chemistry**, v.50, n.2, p.133-136. 1994.

REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Phytate in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, v.28, p.1-92. 1982.

SANDBERG, A. S.; AHDERINNE, R. HPLC method for determination of inositol tri-, tetra-, penta and hexaphosphates in foods and intestinal contents. **Journal of Food Science**, v.51, n.3, p.547-550. 1986.

SILVA, C. R.; DUTRA DE OLIVEIRA, J. E.; GONÇALVES DE SOUZA, R. A. H.; SILVA, H. Efecto Del salvado de arroz como dieta em fibra em los niveles séricos de glucosa de pacientes com Diabetes Mellitus em Brazil. **ALAN**, v.55, n.1, p.23-27. 2005.

SPILLER, R. C. Pharmacology of dietary fibre. **Pharmacology & Therapeutics**, v.62, n.3, p.407-427. 1994.

TANGENDJAJA, K.; BUCKLE, A.; WOOTON, M. Dephosphorylation of phytic acid in rice bran. **Journal of Food Science**, v.46, n.4, p.1021-1024. 1981.

WANG, L.; HIGASHIURA, K.; TOGASHI, N.; SAITOH, S.; URA, N.; SHIMAMOTO, K. Effects of the Chinese medicine Jiang-Tang-Ke-Li on insulin resistance in fructose-fed rats. **Hypertension Research**, v.24, n.3, p.303-309. 2001.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of Foods: Raw, Processed, Prepared**; Nutrient Data Laboratory; Bethesda, MD, Washington, D.C. USDA, 1999.

WEBER, F. E.; CHAUDHARY, V. K. Recovery and nutritional evaluation of dietary fiber ingredients from barley by products. **Cereal Foods World**, v.32, n.8, p.548-550. 1987.

WILSON, T. A.; IDREIS, H. M.; TAYLOR, C. M.; NICOLOSI, R. J. Whole fat rice bran reduces the development of early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters compared with wheat bran. **Nutrition Research**, v.22, n.11, p.1319-1332. 2002.

### **CAPÍTULO 3**

**Efeito da ingestão da bebida de farelo de arroz orgânico em ratos submetidos ao nado forçado e ao labirinto em cruz elevado (plus-maze).**

## **Efeito da ingestão da bebida de farelo de arroz orgânico em ratos submetidos ao nado forçado e ao labirinto em cruz elevado (plus-maze).**

### **RESUMO**

Os farelos de cereais são conhecidos por encerrar substancial concentração de importantes nutrientes, compostos bioativos, fibras, sais minerais, proteínas, lipídeos e vitaminas. Das vitaminas presentes no farelo de arroz, as do complexo B (B<sub>1</sub> e B<sub>3</sub>), apresentam atividades sobre o sistema nervoso central (antidepressivo e calmante natural) atuando na esquizofrenia, neuralgia e cansaço. O labirinto em cruz elevado (LCE) ou “Plus-Maze” constitui modelo amplamente utilizado para estudo de ansiedade em animais. O nado forçado é o modelo mais utilizado para avaliação da atividade antidepressiva em farmacologia com modelos animais. Neste estudo foi analisado o comportamento de trinta e dois (32) ratos Wistar, machos com 21 dias, submetidos ao nado e ao LCE após o tratamento com a bebida de farelo de arroz sabores morango e chocolate, durante 28 dias. Foi determinada a concentração do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) no plasma dos animais no início e final do tratamento e os valores encontrados (<1,0 µg/dL) não apresentaram diferença significativa entre os grupos controle e testes nos períodos analisados. No LCE, o efeito da ingestão da bebida sabor chocolate apresentou uma tendência ansiogênica nos ratos e a bebida de farelo de arroz sabor morango um perfil ansiolítico, apesar da diferença não ser estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ). No nado, o tempo de imobilidade dos ratos dos grupos farelo (chocolate e morango) foram superiores ao grupo controle, sem apresentar diferença estatística ( $p > 0,05$ ), porém esse resultado pode indicar uma tendência de um efeito no sistema nervoso central dos animais após a ingestão da bebida de farelo de arroz.

Palavras chave: Estresse, ansiedade, labirinto em cruz elevado, farelo de arroz.

## ABSTRACT

The bran cereals are known to have substantial concentration of important nutrients, bioactive compounds, fiber, minerals, proteins, lipids and vitamins. Of the vitamins present in rice bran, the B complex (B1 and B3), have activities on the central nervous system (antidepressant and soothing natural) acting in schizophrenia, neuralgia and fatigue. The elevated plus-maze (LCE) or "Plus-Maze" is widely used model for study of anxiety in animals. The forced swim is the most used model for evaluating the antidepressant activity in animal models with pharmacology. This study examined the behavior of thirty-two (32) male rats with 21 days, Wistar, and swim under the LCE after treatment with a drink of rice bran strawberry and chocolate flavors, for 28 days. It was determined the concentration of adrenocorticotrophic hormone (ACTH) in plasma of animals at the beginning and end of treatment and the values found ( $<1.0$  mg / dL) showed no significant difference between test and control groups in the periods analyzed. In the LCE, the effect of intake of the drink taste chocolate showed a trend anxiogenic in rats and drink of rice bran taste a strawberry anxiolytic profile, although the difference is not statistically significant ( $p > 0.05$ ). In swimming, the duration of immobility of rats in groups meal (chocolate and strawberry) were higher than the control group, without statistical difference ( $p > 0.05$ ), but this result may indicate a trend of an effect in the central nervous system of animals after the ingestion of the beverage of rice bran.

Key words: Stress, anxiety, elevated plus-maze, rice bran.

## 1 INTRODUÇÃO

A elaboração de novas bebidas representa uma importante opção para a ingestão de certos nutrientes específicos de produtos de difícil consumo, tais como alguns farelos, com propriedades funcionais reconhecidas. Estas bebidas podem apresentar diferentes propriedades, tais como, ações estimulantes, nutritivas, energéticas, refrescantes, entre outras. Novas bebidas vêm sendo desenvolvidas, visando atender a demanda de consumidores, com restrição a proteínas de origem animal, ou às expectativas de proteção à saúde (PRÓVIDA, 2009). O farelo de arroz é um exemplo desses produtos que poderia apresentar uma aplicação importante para a saúde.

O farelo de arroz integral é o produto originário do polimento do arroz. Consiste do pericarpo e/ou película que cobre o grão, estando presente o gérmen, fragmentos de arroz (quirera fina) e pequenas quantidades de cascas (BARBER et al., 1983). A utilização do farelo de arroz vem crescendo no País como fonte de fibras, sais minerais, proteínas, vitaminas, lipídeos e compostos químicos de comprovada ação hipocolesterolêmica (WILSON et al., 2002).

O ácido fítico, em pH neutro e alto (faixa alcalina), forma complexos insolúveis com cátions di e polivalentes, comprometendo a biodisponibilidade de certos minerais, principalmente zinco, cálcio, ferro e cobre (REDDY et al., 1982; GRAF; EATON, 1984; LÁSZTITY; LÁSZTITY, 1990; OBERLEAS, 1993; DOMENE et al., 2001), entretanto, qualidades benéficas vêm sendo apontadas para estes compostos, tais como prevenção de cálculos renais e ação carcinostática (HASLER, 1998.; GRASES et al., 2000; CUNEO; AMAYA-FARFAN; CARRARO, 2000).

Das vitaminas presentes no farelo de arroz, as vitaminas B<sub>1</sub> e B<sub>3</sub>, tiamina e niacina, respectivamente, apresentam atividades sobre o Sistema Nervoso Central

(antidepressivo e calmante natural) atuando também no tratamento da esquizofrenia, neuralgia e cansaço (JAYARAJ, 2000).

Dentre as doenças mais emergentes da vida moderna estão os distúrbios de ansiedade e de depressão, cujo desenvolvimento está intimamente relacionado a situações de estresse, representando importantes problemas de saúde pública (BRAWMAN-MINTZER; LYDIARD, 1997; WONG; LICINIO, 2001). Pouco se sabe acerca dos mecanismos biológicos e celulares básicos destas psicopatologias, apesar dos inúmeros estudos pré-clínicos e clínicos nesta área (WONG; LICINIO, 2001). O estresse, por sua vez, promove mudanças fisiológicas e comportamentais que podem ser a base de várias doenças, envolvendo alterações de comportamento e de imunidade (SILVA; MÜLLER, 2007).

O labirinto em cruz elevado (LCE) ou “plus-maze” é baseado no modelo proposto para ratos por Pellow et al. (1985) e constitui um método para estudo de ansiedade animal que vem sendo utilizado para a pesquisa de novos agentes ansiolíticos (drogas que reduzem a ansiedade) e compreensão dos processos neurobiológicos associados à ansiedade.

O LCE tem sido utilizado como um modelo animal etologicamente validado para a ansiedade humana (DAWSON; TRICKLEBANK, 1995). Entretanto, é grande a dificuldade em determinar a forma específica de ansiedade que está associada à determinado modelo. Linhagens de animais geneticamente selecionadas para estudar o comportamento depressivo, os ratos Flinders, apresentam maior tempo de imobilidade no teste do nado forçado (TNF) do que seus respectivos controles (TIZABI et al., 1999; EINAT et al., 2002). O teste do nado forçado é o modelo para avaliação da atividade antidepressiva amplamente utilizado em farmacologia com modelos *in vivo* (PORSOLT et al., 1977).

O hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) é um hormônio corticotrófico, peptídeo, produzido por células da glândula pituitária anterior e transportado pela circulação periférica até o órgão efector, o córtex adrenal, onde esse hormônio estimula a síntese e a secreção de glicocorticóides, e de uma forma menos potente, mineralocorticóides e andrógenos. A secreção do ACTH ocorre em resposta ao hormônio liberador de corticotrofina “CRH” no hipotálamo (RHODES, 2007).

Selye (1985) definiu que um estímulo potencial que aumenta a secreção de ACTH com conseqüente síntese de glicocorticóides é um “estressor”.

Considerando que a bebida desenvolvida a partir de farelo de arroz é um novo produto, com efeitos sobre a saúde ainda inexplorados; este trabalho teve como objetivo investigar o efeito do consumo dessa bebida sobre parâmetros fisiológicos, bioquímicos e comportamentais em ratos submetidos a uma situação de estresse físico (nado forçado) e por estar em um ambiente desconhecido, estresse psicológico, no LCE.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Elaboração da bebida de farelo do arroz**

O farelo de arroz parbolizado orgânico foi adquirido da empresa Coopersulca, situada no município de Turvo – SC. O fornecimento ocorreu em três diferentes lotes. Cada lote foi quarteado e o farelo resultante do quarteamento foi tostado em panela de paredes grossas, em fogão doméstico. As amostras de cada lote foram armazenadas a -18°C, até completar três lotes, para a elaboração de uma mistura homogênea, a qual correspondeu à matéria-prima para a elaboração da bebida.

Inicialmente foi elaborada uma bebida a partir desse farelo de arroz de acordo com a metodologia de Amante (2001).

Foram preparadas duas bebidas de farelo de arroz, uma com a adição de aromatizante natural sabor chocolate além do cacau em pó (1%), e outra, com adição de aromatizante natural sabor morango. Após o preparo, ambas as bebidas foram acondicionadas em frascos de vidro previamente higienizados, rotuladas e esterilizadas em banho-maria por 30 minutos a 100°C, permanecendo armazenadas sob refrigeração (4°C) até o momento do uso no ensaio experimental.

### **2.2 Delineamento experimental**

Este estudo foi desenvolvido de acordo com os procedimentos éticos estabelecidos pelos Princípios Éticos de Experimentação Animal adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal - COBEA, e tendo o seu protocolo

aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFSC sob número 045/CEUA/PRPe/2007.

Após a elaboração das bebidas nos sabores morango e chocolate, os animais foram tratados por 28 dias com essas bebidas e após esse período, foram analisados os comportamentos desses animais, os quais foram submetidos ao nado forçado e ao labirinto em cruz elevado (LCE). Foi determinada a concentração do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) circulante no plasma dos animais nos períodos inicial e final do experimento.

Foram estudados os efeitos da bebida de farelo de arroz em ratos machos, recém desmamados, provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Santa Catarina. Todos os animais passaram por um período de adaptação de 15 dias que antecederam o início do experimento. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas no Laboratório de Nutrição Experimental - UFSC, o consumo da ração comercial e a ingestão da água e da bebida de farelo de arroz foram monitorados e registrados três vezes por semana e a variação de peso dos animais foi realizada semanalmente. Após esse período, os animais foram transferidos para a sala de testes no Laboratório de Nutrição Clínica - UFSC, onde permaneceram, em jejum, por um período de sete a nove horas. Em seguida, os ratos foram submetidos ao teste do nado forçado e após o término deste os animais foram testados no labirinto em cruz elevado e finalmente o sangue coletado para a análise de ACTH.

Todos os registros (tempo de imobilidade na água, tempo nos braços abertos, tempo nos braços fechados, número de entradas nos braços abertos e número de entradas nos braços fechados) foram feitos no período da tarde, entre as 14:00 horas e 16:00 horas.

## 2.3 Ensaio biológico

### 2.3.1 Animais

Trinta e dois ratos (machos), *Rattus norvegicus*, com peso médio inicial de 145,6g  $\pm$  3,3g, linhagem Wistar, provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de Santa Catarina.

### 2.3.2 Grupos

Foram criados 4 grupos com 8 animais:

Grupo 0 = 8 animais sem nenhum tratamento foram utilizados para análise do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) no tempo inicial;

Grupo 1 = 8 animais controle recebendo água e ração comercial própria para roedores *ad libitum* por 4 semanas;

Grupo 2 = 8 animais recebendo bebida de farelo de arroz sabor morango (15mL/dia), água e ração comercial própria para roedores *ad libitum* por 4 semanas;

Grupo 3 = 8 animais recebendo bebida de farelo de arroz sabor chocolate (15mL/dia), água e ração comercial própria para roedores *ad libitum* por 4 semanas.

Os grupos 1, 2 e 3 foram mantidos em gaiolas metabólicas, em sala climatizada do Laboratório de Nutrição Experimental – CCS – UFSC, à temperatura de 22°C  $\pm$  2°C, com ciclo claro/escuro de 12h durante 28 dias.

## **2.4 Determinação de vitaminas B1 e B3 no farelo e na bebida de farelo de arroz**

A determinação das vitaminas B1 (tiamina) e B3 (niacina) no farelo de arroz e na bebida de farelo de arroz foram realizadas por cromatografia líquida conforme metodologia descrita pela AOAC (2005).

## **2.5 Teste do nado forçado**

Os ratos tratados com as bebidas de farelo de arroz foram submetidos ao teste proposto por Porsolt et al. (1978) para avaliar possíveis ações antidepressivas. O procedimento consiste em colocar os animais, individualmente, em um cilindro plástico (35cm diâmetro e 42cm altura) com água na profundidade de 30cm perfazendo um volume líquido de 25L, com água à temperatura de 26°C. Os animais permaneceram na água por um período de 6 minutos, sendo o primeiro minuto desprezado e registrado durante os 5 minutos seguintes o tempo total de imobilidade para cada animal (considera-se como “imobilidade” quando o animal faz apenas os movimentos mínimos para manter a cabeça fora da água) (PORSOLT et al., 1977; PORSOLT et al., 1990).

Durante quinze dias antes do início do tratamento com a bebida, os animais foram ambientados na área do laboratório onde ficaram alojados durante o período experimental. Após os 28 dias de tratamento com a bebida de farelo de arroz, os animais passaram pelo teste do nado forçado e teste do labirinto em cruz elevado (Plus-Maze). Antecedendo os testes, os animais foram ambientados em uma ante-sala no laboratório de experimentação por um período de 7-9 horas antes do início do experimento. No final do experimento os animais completaram 65/66 dias de vida.

Nesse teste os animais foram retirados das gaiolas, um de cada vez, colocados em um recipiente próprio e registrado seu comportamento.

Após esses registros, em seguida, cada animal foi submetido ao teste do labirinto em cruz elevado.

## **2.6 Teste do labirinto em cruz elevado (LCE) “Plus-Maze”**

O labirinto em cruz elevado (LCE) é baseado no modelo proposto para ratos por Pellow et al. (1985). Consiste de um equipamento composto de dois braços abertos opostos (50,0 x 10,0 cm) e dois fechados (50,0 x 10,0 x 40,0 cm) também opostos entre si, em forma de cruz grega. Os braços abertos e fechados estão conectados por uma plataforma central (10,0 x 10,0 cm) (Figura 1). Para minimizar a queda dos animais dos braços abertos, estes braços foram circundados com uma borda também de acrílico com 0,5 cm de altura. Essa plataforma e as paredes laterais dos braços fechados são confeccionadas em acrílico transparente e a base em acrílico branco. Esse conjunto todo fica elevado a uma altura de 50,0 cm do chão. A sala onde fica localizado esse equipamento apresentou iluminação artificial de cor vermelha (15W) e foram registrados a frequência de entradas e o tempo utilizado pelos animais nos braços abertos e fechados.

Os animais foram colocados no centro do equipamento com a cabeça voltada para um dos braços fechados e seu comportamento observado e registrado por 5 minutos, conforme modelo preconizado por Pellow em 1985. Entre um teste e outro, todo o equipamento era higienizado com solução de etanol a 10%.

Após a realização deste teste os animais foram anestesiados e foi coletado o sangue, por punção cardíaca, para análise.

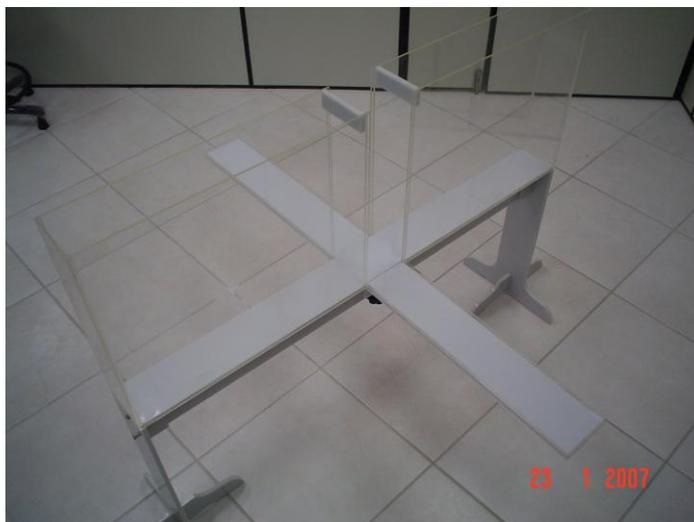


Figura 1 Labirinto em cruz elevado – LCE / Plus-Maze

## 2.7 Dosagem de ACTH no plasma dos ratos

Utilizou-se o método imunoensaio quimiluminescente do sistema IMMULITE<sup>®</sup>-DPC<sup>®</sup>, com sensibilidade analítica de 1,0 µg/dL, coeficiente de variação intra-ensaio de 8,8% e coeficiente de variação inter-ensaio de 10%, totalmente automatizado.

## 2.8 Análise estatística

Foram utilizados os programas Microsoft Excel e Statistica 4.5 para análise dos dados, e aplicada ANOVA e teste de Tukey com um nível e significância de 95%.

### 3 RESULTADOS

Na tabela 1 aparecem os resultados do consumo de ração dos grupos controle, grupo bebida de farelo de arroz sabor morango e grupo bebida de farelo de arroz sabor chocolate, e pode se observar que a partir da segunda semana o consumo de ração dos grupos testes apresentou uma diminuição significativa em relação ao grupo controle, provavelmente devido a ingesta da bebida que proporcionou um ganho extra em calorias.

Tabela 1 Consumo médio semanal de ração (gramas) dos grupos controle, bebida de farelo de arroz sabor morango e sabor chocolate, durante as 4 semanas do ensaio experimental.

Semana	1	2	3	4
Grupos				
Controle	158,7±2,1	177,2±1,6	192,3±2,0	175,3±1,7
Morango	164,6±1,6	170,4±2,1	180,3±0,7	169,5±1,3
Chocolate	160,2±1,9	166,6±2	172,6±2,9	157,4±2,2

Média ± DP

Na tabela 2 estão apresentados os resultados da variação de peso dos ratos dos 3 grupos experimentais onde se pode observar um aumento linear do peso durante as 4 semanas do experimento sem diferença significativa entre as médias de peso dos grupos testes e grupo controle.

Tabela 2 Variação média de peso (gramas) dos ratos dos grupos controle, bebida de farelo de arroz sabor morango e sabor chocolate, durante as 4 semanas do ensaio experimental.

Semana	0	1	2	3	4
Grupos					
Controle	143,3±2,3	167,5±1,9	214,5±7,7	261,0±8,6	302,8±15,5
Morango	149,3±1,8	183,8±5,4	229,2±7,1	277,8±7,7	320,9±11,4
Chocolate	144,3±2,0	178,8±9,9	223,0±12,8	271,3±15,5	312,3±17,2

Média ± DP

Após um período de 28 dias consumindo a bebida de farelo de arroz, os animais experimentais foram testados e observados no nado forçado e também no LCE, apresentando uma variação de comportamento e parâmetros que foram registrados, analisados e comparados com um grupo controle. Registros esses que corresponderam ao tempo médio de permanência dos ratos nos braços abertos do LCE em relação ao tempo total (Figura 2); frequência de permanência dos ratos nos braços abertos do LCE em relação à frequência total (Figura 3); número médio de entrada dos ratos nos braços fechados do LCE (Figura 4); tempo médio, em segundos, de imobilidade dos ratos dos diferentes grupos, durante os 5 minutos de nado forçado (Figura 5).

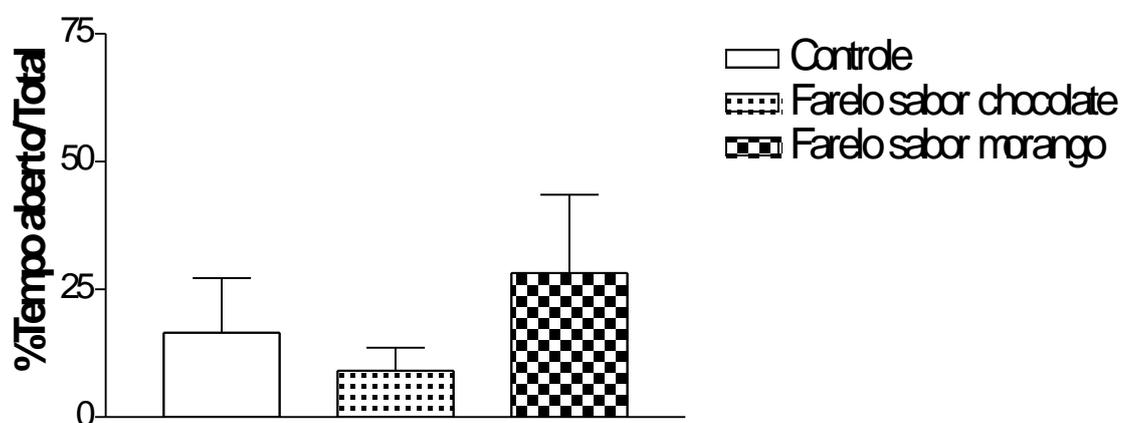


Figura 2 Tempo médio de permanência dos ratos nos braços abertos do LCE em relação ao tempo total, em porcentagem.

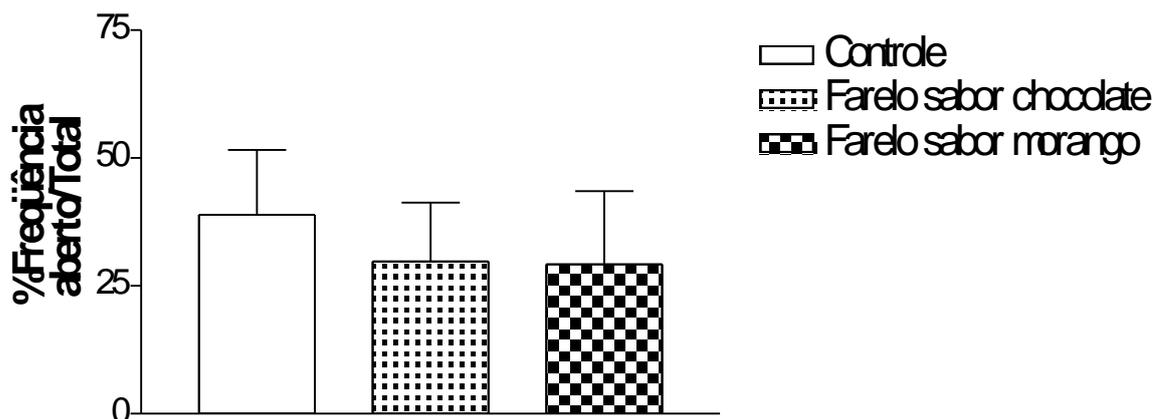


Figura 3 Frequência de permanência dos ratos nos braços abertos do LCE em relação à frequência total, em porcentagem.

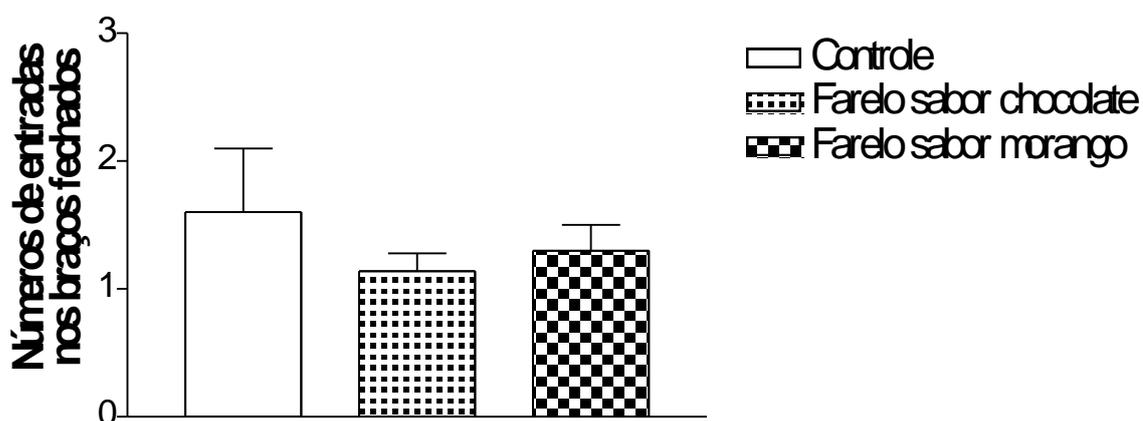


Figura 4 Número médio de entrada dos ratos nos braços fechados do LCE.

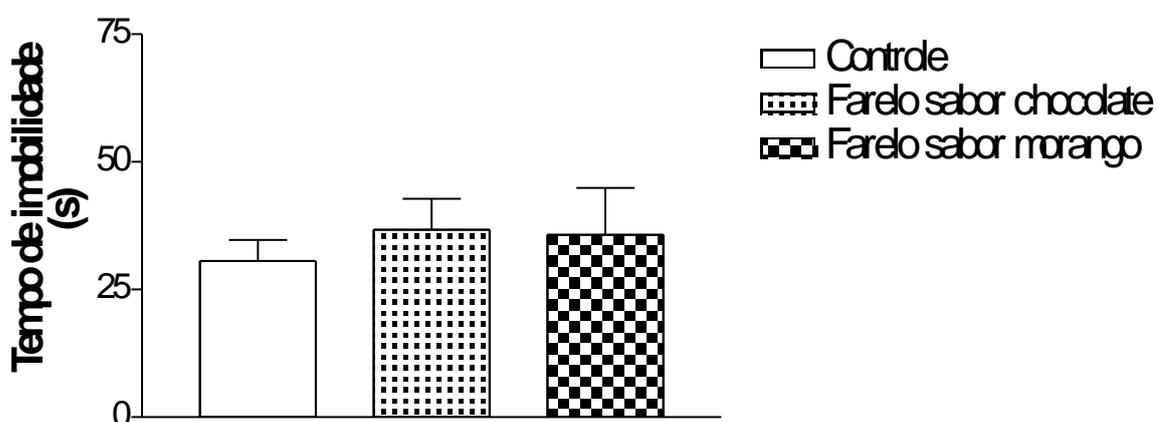


Figura 5 Tempo médio, em segundos, de imobilidade dos ratos dos diferentes grupos, durante os 5 minutos de nado forçado.

O consumo médio de água, semanal, dos ratos no grupo controle foi de  $206,75 \pm 11,14\text{mL}$ , no grupo bebida sabor morango foi  $159,15 \pm 21,72\text{mL}$  e no grupo bebida sabor chocolate foi de  $154,20 \pm 21,55\text{mL}$ .

O grupo que recebeu a bebida de farelo de arroz sabor morango ingeriu em média  $97,3 \pm 11,3\text{mL}$  dessa bebida por semana e o grupo que recebeu a bebida de farelo de arroz sabor chocolate ingeriu em média  $98,2 \pm 10,5\text{mL}$  (média dos dois grupos =  $97,8\text{mL}$ ).

As concentrações de ACTH no tempo inicial e final do experimento apresentaram valores inferiores a  $1,0 \mu\text{g/dL}$ .

## 4 DISCUSSÃO

A bebida de farelo de arroz sabor chocolate apresentou um perfil ansiogênico e a bebida de farelo de arroz sabor morango um perfil ansiolítico, comparados ao controle, apesar da diferença existente entre os grupos não ser estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) (Figuras 2, 3 e 4).

No teste do nado forçado (TNF) proposto por Porsolt et al. (1978) foi observado que ratos nadando em um espaço confinado, de onde não podem escapar, após o período de alguns minutos adotam uma postura de imobilidade que lhes permite apenas manter a cabeça fora da água (pré-teste), comportamento que se acentua quando o animal é exposto novamente a esta situação dentro de um período de 24 horas (teste). O tempo de imobilidade dos ratos dos grupos farelo (sabores chocolate e morango), durante o nado forçado, foram superiores ao do grupo controle; no entanto, devido à grande variação dos dados essa diferença não apresentou significância estatística, porém esse resultado pode indicar uma tendência de um efeito da ingestão das bebidas de farelo de arroz (Figura 5).

A este comportamento de imobilidade os autores denominaram “desespero comportamental” e é interpretado como desistência do animal de fugir da situação incontrolável. Assim, o TNF vem sendo utilizado principalmente para a validação de drogas antidepressivas, todavia outros autores têm mostrado que o modelo pode ser sensível à caracterização de comportamentos classificados como depressivos (DETKE; JOHNSON; LUCKI, 1997; LUCKI, 1997; BOCCIA et al., 2007).

No labirinto em cruz elevado, que é o modelo mais utilizado para avaliar ansiedade em animais (BERTOGLIO; CAROBREZ, 2005), o grupo de animais que ingeriu a bebida de farelo de arroz sabor morango apresentou aumento no número de entradas nos braços abertos, o que é indicativo de efeito ansiolítico.

Os animais que ingeriram a bebida sabor chocolate diminuíram os parâmetros tempo de exploração nos braços abertos, número total de entradas em ambos os braços, o que pode ser indicativo de efeito sedativo. Como proposto por Lister (1990), as respostas comportamentais avaliadas em testes como o labirinto em cruz, que incluem uma situação que provoca ansiedade temporária, provavelmente refletem um estado de ansiedade e não, um traço de ansiedade crônico.

Quando um animal ou humano está sendo exposto ao perigo ou a um estímulo potencialmente prejudicial, um aumento na secreção de ACTH com correspondente elevação dos níveis circulantes de glicocorticóides é observado sendo essencial para sua sobrevivência (MALISCH et al., 2007).

No presente estudo, a concentração de ACTH circulante nos animais não apresentou variação significativa, revelando que o estresse causado aos animais no nado forçado e no labirinto em cruz elevado não refletiu em um aumento da concentração de ACTH nem nos animais dos grupos testes nem nos animais do grupo controle, com todos os valores inferiores a 1,0µg/dL. Segundo Contarteze et al. (2008), a concentração sérica de ACTH encontrada no grupo de animais submetidos ao exercício do nado forçado foi significativamente maior quando comparada ao grupo controle. Resultados semelhantes já haviam sido encontrados por Oliveira et al. em 2004. Aumentos de ACTH e cortisol são influenciados pelo ritmo circadiano, no entanto, independente disso, podem estar elevados como resposta a um estresse físico e psicológico (KRIEGER, 1975; CHERNOW et al., 1987) além disso, a diferença no tempo de exposição desses animais ao nado forçado pode também ser fator de alteração nas concentrações de ACTH, o que poderia justificar nossos resultados.

## 5 CONCLUSÃO

No teste do labirinto em cruz elevado, apesar dos animais do grupo que ingeriu a bebida de farelo de arroz sabor morango terem apresentado um aumento nos números de entradas nos braços abertos e os animais do grupo que ingeriu a bebida de farelo de arroz sabor chocolate apresentarem um tempo de exposição nos braços abertos diminuídos assim como o número total de entradas em ambos os braços, abertos e fechados, nenhum dos grupos apresentou diferença significativa em relação ao grupo controle, dessa forma pelo presente estudo, essa bebida não apresentou nem efeito ansiolítico nem ansiogênico.

O tempo de imobilidade no teste do nado forçado de ambos os grupos morango e chocolate apesar de superiores ao grupo controle e devido a variação dos dados encontrados não apresentaram diferença significativa, provavelmente com um tempo maior de ensaio biológico esses resultados poderiam confirmar algum efeito dessa bebida sobre a ansiedade.

A ausência de diferenciação na concentração de ACTH aconteceu provavelmente devido ao período de ensaio biológico ser insuficiente para a bebida causar alguma alteração nessa concentração, visto que a dosagem de ACTH é um importante biomarcador de estresse em animais. Tais resultados encontrados no presente estudo podem ser devidos a curta duração do experimento onde não puderam ser observadas as variações no ACTH. Talvez com um período mais longo, pudessem ser observados resultados diferentes em relação ao ACTH plasmático dos animais.

O sabor da bebida não interferiu nem na preferência pelo consumo nem no comportamento dos animais durante a realização dos testes.

Provavelmente em estudos mais prolongados com esta bebida de farelo de arroz será possível determinar tendências ou mesmo efeitos sobre o comportamento, visando sempre à busca de alimentos saudáveis com efeitos funcionais.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E. R., 2001. **Extrato de gérmen de arroz**, Privilégio de Invenção – INPI/SC - PI0101985- 6.

BARBER, C. B.; LLÁCER, M. D.; BARBER, S. Contenido de fibra dietética, atributos sensoriales de calidad y composición química del pan integral del comercio. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.23, n.1, p.119-131. 1983.

BERTOGLIO, L. J.; CAROBREZ, A. P. Ethological and temporal analysis of anxiety-like behavior: the elevated plus-maze model 20 years on. **Neuroscience Biobehavior Review**, v.29, n.8, p.1193–205. 2005.

BOCCIA, M. L.; RAZZOLI, M.; PRASAD-VADLAMUDI, S.; TRUMBULL, W.; CALEFFIE, C.; PEDERSEN, C. A. Repetead long separations from pups produce depression-like behavior in rat mothers. **Psychoneuroendocrinology**, v.32, p.65-71. 2007.

BRAWMAN-MINTZER, O.; LYDIARD, R.B. Biological basis of generalizes anxiety disorder. **Journal of Clinical Psychopharmacology**, v.51, p.16-25. 1997.

CHERNOW, B.; ALEXANDER, H. R.; SMALLRIDGE, R. C.; THOMPSON, W. R.; COOK, D.; BEARDSLEY, D.; FINK, M. P.; LAKE, C. R.; FLETCHER, J. R. Hormonal responses to graded surgical stress. **Archives of Internal Medicine**, v.147, n.7, p.1273-1278. 1987.

CONTARTEZE, R.V.L.; MANCHADO, F.B; GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.R. Stress biomarkers in rats submitted to swimming and treadmill running exercises. **Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.151, n.3, p.415-422. 2008.

CUNEO, F.; AMAYA-FARFAN, J.; CARRARO, F. Phytate distribution in stabilized rice bran treated with exogenous phytase. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.94-98. 2000.

DAWSON, G.R.; TRICKLEBANK, M.D. Use of the elevated plus maze in the search for novel anxiolytic agents. **Trends in Pharmacological Science**, v.16, n.2, p.33-36. 1995.

DETKE, M. J.; JOHNSON, J.; LUCKI, I. Acute and chronic antidepressant drug treatment in the rat forced swimming test model of depression. **Experimental Clinical Psychopharmacology**, v.5, p.107-112. 1997.

DOMENE, S.M.A.; TORIN, H.R.; AMAYA-FARFAN, J. Dietary zinc improves and calcium depresses growth and zinc uptake in rats fed rice bran. **Nutrition Research**, v.21, n.12, p.1493-1500. 2001.

EINAT, H, et al. Chronic Inositol treatment reduces depression-like immobility of Flinders sensitive line rats in the forced swim test. **Depression and Anxiety**, v.15, n.3, p.148-151. 2002.

GRAF, E.; EATON, W. Effects of phytate on mineral bioavailability in mice. **The Journal of Nutrition**, v.114, n.7, p.1092-1198. 1984.

GRASES, F. et al. Phytate prevent tissue calcification in female rats. **BioFactors**, v.11, n.3, p.171-177. 2000.

HASLER, C.M. Functional foods. Their role in disease prevention and health promotion. **Food Technology**, v.52, n.11, p.63-70. 1998.

JAYARAJ, A. P. et al. Duodenal ulcer prevalence: experimental evidence for the possible role of dietary lipids. **Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v.15, n.6, p.610-616, 2000.

KRIEGER, D. T. Rhythms of ACTH and corticosteroid secretion in health and disease, and their experimental modification. *Journal of Steroid Biochemistry*, **v.6, n.5, p.785-91. 1975.**

LÁSZTITY, R.; LÁSZTITY, L. Phytic acid in cereal technology. *Advances in Cereal Science and Technology*, v.10, p.309-371. 1990.

LISTER, R. G. Ethologically-based animal models of anxiety disorders. *Pharmacology & Therapeutics*, v.46, n.3, p.321-340. 1990.

LUCKI, I. The forced swimming test as a model for core and component behavioral effects of antidepressant drugs. *Behavioral Pharmacology*, v.8, p.523-532. 1997.

MALISCH, J. L. et al. Baseline and stress-induced plasma corticosterone concentration of mice selectively bred for high voluntary wheel running. *Physiological and Biochemical Zoology*, v.80, n.1, p.146-156. 2007.

OLIVEIRA, A.C.; SUCHECKI, D.; COHEN, S.; D'ALMEIDA, V. Acute stressor-selective infection total plasma homocysteine concentration in rats. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, v.77, p.269-273. 2004.

OBERLEAS, D. Phytate contents in cereals and legumes and methods of determination. *Cereal Foods World*, v.28, n.6, p.352-357. 1993.

PELLOW, S.; CHOPIN, P.; FILE, S. E.; BRILEY, M. Validation of open: closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in rat. *Journal of Neuroscience Methods*, v.14, n.3, p.149-167. 1985.

PORSOLT, R. D.; BERTIN, A.; JALFRE, M. Behavioral despair in mice: a primary screening test for antidepressants. *Archives Internationales de Pharmacodynamie et de Therapie*, v.229, p.327-336. 1977.

PORSOLT, R. D.; ANTON, G.; BLAVET, N.; JALFRE, M. Behavioural despair in rats: a new model sensitive to antidepressant treatments. **European Journal of pharmacology**, v.47, n.4, p.379-391. 1978.

PORSOLT, R. D.; MARTIN, P.; LENEGRE, A.; FROMAGE, S.; DRIEU, K. Effects of an extract of Ginkgo Biloba (EGB 761) on "learned helplessness" and other models of stress in rodents. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, v.36, n.4, p.963-971. 1990.

REDDY, N.R.; SATHE, S.K.; SALUNKHE, D.K. Phytate in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, v.28, p.1-92. 1982.

RHODES, M. E. **Encyclopedia of Stress**, Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH), second edition, 2007, p.69-72.

SELYE, H. The nature of stress. **Basal Facts**, v.7, n.1, p.3-11. 1985.

SILVA, J.D.T.; MULLER, M.C. Uma integração teórica entre psicossomática, stress e doenças crônicas de pele. **Estudos de Psicologia** (Campinas), v.24, n.2, p.247-256, 2007.

TIZABI, Y.; OVERSTREET, D.H.; REZVANI, A.H.; LOUIS, V.A.; CLARK, E.; JANOWSKY, D.S.; KLING, M.A. Antidepressant effects of nicotine in an animal model of depression. **Psychopharmacology**, v.142, n.2, p.193-9. 1999.

WILSON, T.A.; IDREIS, H.M.; TAYLOR, C.M.; NICOLOSI, R.J. Whole fat rice bran reduces the development of early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters compared with wheat bran. **Nutrition Research**, v.22, n.11, p.1319-1332. 2002.

WONG, M. L.; LICINIO, J. Research and treatment approaches to depression. **Nature Reviews Neuroscience**, v.2, n.5, p.343-351. 2001.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises, determinações e ensaios biológicos realizados com a bebida de farelo de arroz foi possível concluir que esta pode ser considerada um alimento funcional pela sua composição química e nutricional; o que poderia interferir na biodisponibilidade desses constituintes seria o fitato. No entanto, sua concentração na bebida estava em um nível perfeitamente aceitável; a estabilidade desse produto durante a estocagem esteve de acordo com a condição de tratamento térmico e resfriamento; mesmo sem apresentar efeitos comportamentais em animais referentes à diminuição de estresse e ansiedade, estudos futuros e prolongados poderiam confirmar essa idéia.

O farelo de arroz é um resíduo industrial e o uso de agrotóxicos na maioria das lavouras de arroz, bem como a consideração do mesmo como um resíduo do beneficiamento, alertam para a indicação de cuidados com a qualidade desta matéria-prima. Um dos cuidados é o emprego de arroz orgânico, com a certificação por entidades reconhecidas e credenciadas, outro cuidado diz respeito ao rastreamento quanto à contaminações por micotoxinas, sujidades e demais parâmetros de qualidade micro e macroscópica.

A bebida de farelo de arroz, diante das propriedades apresentadas neste trabalho, obedecendo aos critérios de higiene e qualidade, pode ser estudada visando o desenvolvimento de novas formulações para atender às demais expectativas de novos produtos para a alimentação humana.

Trabalhos futuros objetivando justificar cientificamente estes efeitos são indicados, tais como análise de ácido ferúlico, capacidade antioxidante e outras propriedades funcionais da bebida de farelo de arroz.

**ANEXOS**

**ANEXO 1****Água mineral utilizada no preparo das bebidas e ensaio biológico com ratos**

Especificações:

Água mineral sem gás;

Classificação:

Fluoretada, litinada, radioativa e hipertermal;

Composição Química (mg/L):

Bicarbonato 40,51

Sódio 8,46

Cálcio 6,72

Potássio 3,40

Cloreto 2,66

Borato 2,20

Magnésio 1,23

Sulfato 1,20

Fluoreto 1,03

Nitrato 0,7

Estrôncio 0,022

Lítio 0,014

Características Físico/Químicas:

Fonte Caldas 1 = Temperatura na fonte 39,6°C / Radioatividade na fonte à 20°C e 760mm de Hg 25,82 Maches / Condutividade Elétrica à 25°C 91µS/cm / Resíduo de Evaporação à 180°C calculado 72,18mg/L da mistura das fontes 1 e 2 / pH à 25°C 6,90.

Fonte Caldas 2 = Temperatura na fonte 39,1°C / Radioatividade na fonte à 20°C e 760mm de Hg 27,80 Maches / Condutividade Elétrica à 25°C 90µS/cm / Resíduo de Evaporação à 180°C calculado 72,18mg/L da mistura das fontes 1 e 2 / pH à 25°C 6,98.

Análise: Bol. LAMIM / C.P.R.M. de 21/10/04.

## ANEXO 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
COMITÉ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS  
PARECER CONSUBSTANCIADO - PROJETO N ° 139/06

### I - Identificação

**Título do Projeto:** Caracterização e propriedades funcionais da bebida de farelo de arroz

**Pesquisador Responsável:** Profa. Dra. Edna Regina Amante

**Pesquisador Principal:** Gerson Luis Faccin

**Data Coleta dados:** junho de 2006 a maio de 2007

**Local onde a pesquisa será conduzida:** UFSC, comunidade universitária

### II - Objetivos:

a) **geral:** caracterizar a bebida obtida a partir do farelo de arroz orgânico parbolizado e estabilizado termicamente

**III - Sumário do Projeto:** trata-se de pesquisa para obtenção do título de Doutor em Ciências dos Alimentos. Será feita degustação da bebida em questão por um número mínimo de 50 degustadores e descrição da opinião dos mesmos em ficha de avaliação apropriada. Os degustadores darão uma nota de zero a dez à bebida degustada.

**descrição e caracterização da amostra:** O número de julgadores será estabelecido em 50, entre professores, funcionários e estudantes dos cursos de Agronomia, Farmácia, Engenharia de Alimentos, Nutrição e Aquicultura, além de estudantes dos programas de Pós-graduação do Centro de ciências agrárias da UFSC **Adequação da metodologia e das condições:** O método é adequado

**IV - Comentários frente à Resolução 196/96 CNS e complementares:** O protocolo da pesquisa contém documentos necessários para a sua análise e exigidos pela legislação. Não há estimativas de risco para os sujeitos. Quanto aos benefícios, a pesquisa pretende permitir a avaliação e encaminhamento de um novo produto saudável ao mercado. Ainda que existam consumidores com alergias aos constituintes dos farelos, sendo declarado aos degustadores a origem das bebidas, este fato não apresenta risco. O projeto satisfaz as condições de beneficência, não-maleficência, autonomia e confidencialidade.

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE):** Consta do protocolo e está redigido corretamente, garantindo a autonomia e preservando a confidencialidade.

PARECER DO CEP  
APROVADO

### VI- Data da Reunião

Florianópolis, 29 de maio de 2006

Prof. Washíngfan Portela, de Soza  
Coordônada em Exercício da Comissão  
de Ética Pesquisa - PRPe/UFSC.

Fonte: CONEP/ANVS - Resoluções 196/96 e 251/97 do CNS.

**ANEXO 3****Resultado de Solicitação de Protocolo****Protocolo**

PP00087

**Título**

Determinação do efeito anti-depressivo e ansiolítico da bebida de farelo de arroz.

**Data de Entrada**

23/01/2007

**Resultado:**

Aprovado

**Data/Prazo**

09/05/2007

**Considerações**

Ofício nº 045/CEUA/PRPe/2007

Do: Presidente da Comissão de ética no Uso de Animais-CEUA

Ao(à): Prof(a) Dr(a) Edna Amante

Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos - CCA

Prezado(a) Professor(a),

Em relação ao protocolo de pesquisa sob sua responsabilidade o Presidente da CEUA deliberou o seguinte:

- APROVADO, por 1 (um) ano, para a utilização de 60 Ratos (*Rattus norvegicus*) linhagem Wistar.

Por ocasião do término desse protocolo, DEVERÁ SER APRESENTADO RELATÓRIO detalhado relacionando o uso de animais no Projeto desenvolvido aos resultados obtidos, conforme formulário ON LINE CEUA.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Carlos Rogério Tonussi

Presidente-interino/CEUA/PRPe/UFSC

**Relatório Final previsto para (90 dias após término da vigência do protocolo ou no momento da apresentação de um novo protocolo)**

**Data 11/09/2008**

Data 11/05/2007

**Presidente das CEUA/PRPe/UFSC**

## ANEXO 4

### Ficha de escala hedônica

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1. Prove as 3 amostras codificadas da **BEBIDA DE FARELO DE ARROZ** e avalie o quanto você gostou ou desgostou de cada amostra utilizando a escala abaixo.

- 9. Goste muitíssimo
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei levemente
- 5. Indiferente
- 4. Desgostei levemente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei muitíssimo

N° da amostra: \_\_\_\_\_ Valor: \_\_\_\_\_

N° da amostra: \_\_\_\_\_ Valor: \_\_\_\_\_

N° da amostra: \_\_\_\_\_ Valor: \_\_\_\_\_

2. Descreva o que você mais gostou na amostra de maior valor e o que você menos gostou na amostra de menor valor:

Mais gostou na amostra n° \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_

Menos gostou na amostra n° \_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_

3. Se você encontrasse a bebida que mais gostou à venda, você:

- certamente compraria
- possivelmente compraria
- talvez comprasse / talvez não comprasse
- possivelmente não compraria
- certamente não compraria

4. Outros comentários: