

Carla Beatriz de Souza

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE
BISCOITOS ELABORADOS COM FARELO
DE ARROZ**

**Botucatu
2017**

Carla Beatriz de Souza

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE BISCOITOS
ELABORADOS COM FARELO DE ARROZ**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Giuseppina Pace Pereira Lima
Coorientador: Prof. Dr. Igor Otavio Minatel

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências da
Unesp – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de
Mestre em Biotecnologia.
Área de concentração:
Biotecnologia de alimentos.

Botucatu
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Souza, Carla Beatriz de.

Desenvolvimento e avaliação do potencial antioxidante
de biscoitos elaborados com farelo de arroz / Carla
Beatriz de Souza. - Botucatu, 2017

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Giuseppina Pace Pereira Lima

Coorientador: Igor Otavio Minatel

Capes: 50702050

1. Antioxidantes. 2. Biotecnologia. 3. Farelo de arroz.
4. Compostos bioativos. 5. Biscoitos.

Palavras-chave: Antioxidantes; Arroz; Biotecnologia de
alimentos; Compostos bioativos; Farelo de arroz.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, **Antônio Carlos** e **Ilma**, pela vida, pelo afeto, pelo suporte e pelo amor incondicional. Por terem sempre me incentivado e não terem medido esforços para oferecer uma educação de qualidade, possibilitando que eu chegasse até aqui e alcançasse mais esta importante etapa. Dedico também ao meu amor, **Leandro**, pelo carinho, pelos conselhos, pela força, pelo interesse em tudo que eu faço e por ter sido o meu principal incentivador. Sem dúvida, estas são as principais pessoas na minha jornada! Serão sempre as primeiras a vibrar com minhas vitórias, a lamentar minhas derrotas e a estar lá quando ninguém mais restar. Os amo e sou eternamente grata por fazerem parte da minha vida!

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus por ter me dado força, saúde e serenidade, não somente hoje mas em toda a minha vida, permitindo que tantas coisas maravilhosas, como a conclusão desse curso, acontecessem.

À minha mãe, minha melhor amiga e confidente, cujo cuidado, incentivo, amor e preocupação foram sublimes para que eu seguisse nessa caminhada.

Ao meu pai, minha inspiração de serenidade, cuja presença significou segurança e certeza de que eu não estava sozinha nas minhas escolhas.

Ao meu noivo Leandro, minha duplinha nessa vida, por todas as demonstrações de companheirismo, carinho, paciência e pelo dom de me trazer paz e me fazer sorrir nas horas mais difíceis.

À minha filhinha de quatro patas, Duda Maria, por ter sido minha fiel companheira durante toda minha trajetória acadêmica em Botucatu, por ter ficado acordada ao meu lado durante as inúmeras madrugadas em que passei estudando e trabalhando, por ser meu porto seguro e minha alegria de viver.

À minha família e amigos, que compreenderam minha ausência e mesmo à distância foram sempre tão presentes, acreditando e incentivando minhas escolhas.

À minha orientadora, Profa. Dra. Giuseppina Pace Pereira Lima, por ter sido minha primeira incentivadora, por ter acreditado, confiado, ensinado e inspirado o desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Igor Otavio Minatel, cuja paciência, suporte, correções e ensinamentos foram essenciais para este estudo.

À esta universidade, seu corpo docente, direção e administração por terem possibilitado esse grande aprendizado.

Aos colegas do Laboratório de Química e Bioquímica Vegetal, pela ajuda, pelos ensinamentos, pelo incentivo e por terem tornado esse aprendizado ainda mais prazeroso.

Às minhas estagiárias, Bruna e Carol, pela paciência, dedicação e ajuda em todas as etapas desse trabalho.

À professora Dra. Marta Helena Fillet Spoto e sua brilhante equipe do Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Esalq - USP, pelos ensinamentos e desenvolvimento de análises extremamente importantes para esse estudo.

Ao professor Dr. Gustavo Rocha de Castro pelos ensinamentos e desenvolvimento das análises de minerais.

Ao Murilo Mozena Guimarães, sócio-proprietário da empresa Grano Brasilis Ltda., por ter cedido o farelo de arroz necessário para o desenvolvimento deste estudo.

À todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, não somente ajudando, mas fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt

RESUMO

O farelo de arroz gerado no processo industrial é um subproduto valioso nutricionalmente pois a camada externa do grão apresenta maiores concentrações de proteínas, lipídeos, fibras, minerais e vitaminas. Também é uma excelente fonte de compostos bioativos com propriedades anti-inflamatórias, hipocolesterolêmicas e grande capacidade antioxidante. Atualmente, sua principal destinação tem sido a alimentação animal e a produção de óleo, favorecendo o desperdício de uma matéria-prima com importante potencial nutricional, além de possíveis riscos ambientais. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar o potencial antioxidante de biscoitos elaborados com farelo de arroz, e assim, colaborar para um melhor aproveitamento deste subproduto para a alimentação humana. O delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco formulações: biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%. As porcentagens se referem à quantidade de farinha de arroz, estabelecida na receita controle, substituída pelo farelo de arroz nas diferentes formulações. Foram realizadas análises físicas, análises físico-químicas, avaliação microbiológica, análise sensorial, determinação do teor de antioxidantes, determinação da capacidade antioxidante pelo método de Sequestro de Radicais DPPH e ensaio FRAP, além da identificação e quantificação dos compostos bioativos através da cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Os resultados demonstraram que a quantidade de farelo de arroz na composição dos biscoitos é diretamente proporcional aos teores de fenóis totais, flavonoides totais, luteína e γ -orizanol, e conseqüentemente, a capacidade antioxidante. As avaliações físicas, microbiológicas, sensorial e físico-químicas também demonstraram que a adição de farelo de arroz (em todas as formulações) permitiu o desenvolvimento de biscoitos com condições adequadas de rendimento, cor, textura, sabor e outros parâmetros importantes de qualidade e aceitabilidade. Assim, pode-se concluir que é possível obter biscoitos com características desejáveis, e mais saudáveis do que as formulações tradicionalmente disponíveis no mercado com a incorporação do farelo de arroz, contribuindo para um melhor aproveitamento deste subproduto e fornecendo benefícios à saúde humana.

Palavras chave: farelo de arroz, biotecnologia, compostos bioativos, antioxidantes.

SUMÁRIO

	Lista de tabelas	X
	Lista de figuras	XII
1.	Introdução	1
2.	Objetivo	3
3.	Revisão de literatura	4
3.1	Geração de resíduos e subprodutos no processamento do arroz	4
3.2	Produção e consumo de arroz no Brasil e no mundo	6
3.3	Estrutura e composição do grão de arroz	9
3.4	Compostos bioativos do farelo de arroz	13
3.5	Benefícios dos compostos bioativos do farelo de arroz à saúde	18
3.6	Aplicações do farelo de arroz na indústria alimentícia	22
4.	Parte experimental	26
4.1	Delineamento experimental	26
4.2	Produção dos biscoitos	26
4.3	Análises físicas	32
4.3.1	Peso, diâmetro e espessura	32
4.3.2	Avaliação de cor	33
4.3.3	Textura	33
4.4	Análises físico-químicas	33
4.4.1	Sólidos Solúveis (SS)	34
4.4.2	pH	34
4.4.3	Acidez Titulável (AT)	34
4.4.4	Atividade de água (Aw)	34
4.5	Composição centesimal	34
4.6	Avaliação microbiológica	35
4.6.1	Preparo das amostras e suas diluições	36
4.6.2	Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais (CTo) e termotolerantes (CTe)	36
4.6.3	Enumeração de estafilococos coagulase positiva	37
4.6.4	Deteção da presença de <i>Salmonella</i>	37
4.6.5	Contagem de Bolores e Leveduras	38

4.7	Análise de antioxidantes	38
4.7.1	Flavonóides	39
4.7.2	Fenóis totais	39
4.8	Determinação da capacidade antioxidante	40
4.8.1	Método de sequestro de radicais DPPH	40
4.8.2	Ensaio FRAP	42
4.9	Quantificação de compostos bioativos por cromatografia de alta eficiência (CLAE)	42
4.9.1	Extração dos compostos bioativos	42
4.9.2	Identificação e quantificação por CLAE	43
4.10	Análise sensorial dos biscoitos	45
4.11	Análise estatística	48
5.	Resultados e discussão	49
5.1	Análises físicas	49
5.1.1	Peso, diâmetro, espessura e fator de expansão	49
5.1.2	Avaliação de cor	52
5.1.3	Textura	55
5.2	Avaliações físico-químicas	56
5.2.1	pH e Acidez	56
5.2.2	Sólidos Solúveis (SS) e Atividade de água (Aw)	58
5.3	Composição centesimal	61
5.4	Avaliação microbiológica	70
5.5	Análise de antioxidantes	71
5.6	Análise sensorial dos biscoitos	84
6.	Conclusão	94
7.	Considerações finais	95
8.	Referências bibliográficas	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Avaliação física dos biscoitos	49
Tabela 2	Análise de cor dos biscoitos e farelo de arroz	52
Tabela 3	Análise de textura dos biscoitos	55
Tabela 4	Atividade de água, pH, acidez titulável e sólidos solúveis dos biscoitos e farelo de arroz	56
Tabela 5	Correlação entre fator de expansão (FE), sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), atividade de água (Aw), e avaliação de cor (L^* , a^* e b^*)	60
Tabela 6	Composição centesimal do farelo de arroz	61
Tabela 7	Teor médio dos principais minerais presentes no farelo de arroz e sua contribuição nas recomendações diárias de ingestão	63
Tabela 8	Composição centesimal dos biscoitos	64
Tabela 9	Adequação das quantidades de macronutrientes presentes nos biscoitos em relação às recomendações diárias de ingestão (%VD)	66
Tabela 10	Teor dos principais minerais presentes nos biscoitos	68
Tabela 11	Adequação do teor de minerais presentes em 100 gramas de biscoitos em relação às recomendações diárias de ingestão (%VD)	69
Tabela 12	Resultados das análises de coliformes totais, estafilococcus coagulase positiva, Salmonella e contagem de bolores e leveduras após 30 dias de armazenamento	70
Tabela 13	Flavonoides totais, fenóis totais e atividade antioxidante (DPPH e FRAP) do farelo de arroz	71
Tabela 14	Concentrações de luteína e γ -orizanol do farelo de arroz	74
Tabela 15	Atividade antioxidante dos biscoitos pelo método DPPH em diferentes dias de avaliação dos biscoitos	75
Tabela 16	Atividade antioxidante dos biscoitos pelo método FRAP em diferentes dias de avaliação dos biscoitos	78
Tabela 17	Concentração de fenóis totais em diferentes dias de avaliação dos biscoitos	79
Tabela 18	Concentração de flavonoides totais em diferentes dias de	80

avaliação dos biscoitos

Tabela 19	Concentrações de γ -orizanol em diferentes dias de avaliação dos biscoitos	81
Tabela 20	Concentrações de luteína em diferentes dias de avaliação dos biscoitos	81
Tabela 21	Valores médios das notas atribuídas às características analisadas e a intenção de compra dos biscoitos das cinco formulações	90
Tabela 22	Índice de aceitabilidade (%) para as características analisadas e intenção de compra dos biscoitos das cinco formulações	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Índice de produção líquida de arroz per capita no mundo	7
Figura 2	Percentagem da produção total de grãos no Brasil	8
Figura 3	Estrutura do grão de arroz	10
Figura 4	Principais classes de compostos fenólicos	14
Figura 5	Estrutura isoprênica dos carotenoides	16
Figura 6	Fórmulas estruturais dos principais componentes do γ -orizanol	18
Figura 7	Ingredientes utilizados na produção dos biscoitos	27
Figura 8	Utensílios e balança semianalítica utilizados na produção	29
Figura 9	Forno combinado utilizado para a cocção dos biscoitos	30
Figura 10	Aros de aço inox utilizados para o corte da massa	30
Figura 11	Resfriamento dos biscoitos em grades de aço inox	31
Figura 12	Selamento e embalagens prontas para o armazenamento	31
Figura 13	Paquímetro digital aferindo a espessura do biscoito	32
Figura 14	Etapas do processo de extração para análise de fenóis totais	40
Figura 15	Extratos após 60 minutos no escuro, prontos para a leitura	41
Figura 16	Esquema do processo de identificação e quantificação por CLAE	44
Figura 17	Equipamento de CLAE utilizado no estudo	44
Figura 18	Itens recebidos pelos provadores para a análise sensorial	46
Figura 19	Ficha de identificação do consumidor e teste de preferência	47
Figura 20	Espessura do biscoito controle (à esquerda) e do biscoito 100% (à direita)	51
Figura 21	Biscoitos elaborados com diferentes teores de farelo de arroz	53
Figura 22	Cromatogramas com identificação de γ -orizanol em amostras de biscoitos com formulação controle e 100%	82
Figura 23	Prevalência de sexo e faixa etária entre os provadores	85
Figura 24	Prevalência da frequência de consumo e tipo de biscoitos doces consumidos	86
Figura 25	Distribuição dos provadores em relação às escalas atribuídas às formulações 100%, 75%, 50% e 25%	87
Figura 26	Distribuição dos provadores em relação às escalas atribuídas à formulação controle e intenção de compra	88

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) surgiu no sudoeste Asiático em 5.000 a.C., e posteriormente se expandiu para a Índia e para a Europa. Em meados do século III, essa cultura foi introduzida pelos espanhóis nos países das Américas do Sul e Central e em 1685 chegou aos Estados Unidos da América. No Brasil, essa cultura foi introduzida pelos portugueses nos primeiros anos após o descobrimento (Lemos & Soares, 1999).

Este cereal alimenta mais da metade da população mundial, e é a terceira maior cultura cerealífera do mundo, sendo ultrapassado apenas pelo milho e trigo. Pertence à família das gramíneas, é rico em carboidratos e contém aminoácidos, fibras e vitaminas do complexo B. Seu grão é constituído por casca, cariopse, germe e endosperma (FAOSTAT, 2013).

A cariopse, também denominada farelo de arroz, apresenta aspecto farináceo, suave ao tato e é composto pelas estruturas denominadas pericarpo, tegumento, camada de aleurona e gérmen (embrião). É separado do grão durante o processo de polimento, que tem como produto final a principal forma de consumo deste cereal: o grão de arroz polido (Hoseney, 1991).

Neste processo, 10 quilos de arroz com casca podem gerar de 5 a 8 quilos de farelo, o que representa de 50 à 80% do peso inicial. Deste volume de farelo, apenas uma parte é destinada à alimentação animal e produção de óleo, favorecendo o desperdício de uma matéria-prima com importante potencial nutricional, além de riscos ambientais que podem ocorrer com a destinação inadequada deste subproduto (Parrado, 2006).

A crescente preocupação com o meio ambiente vem mobilizando vários segmentos do mercado. Inúmeros órgãos governamentais e indústrias estão se preparando para aplicar uma política ambiental que diminua os impactos negativos à natureza. A indústria de alimentos produz uma série de resíduos de alto valor de reutilização e merece ter investimentos sistêmicos de reaproveitamento e destino sustentável (Pelizer et al., 2007).

Paralelamente à questão ambiental, encontra-se a situação nutricional da população, caracterizada pela baixa ingestão de fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos, principalmente pela diminuição do consumo de vegetais frescos. Para aumentar o consumo desses nutrientes, várias alternativas têm sido

propostas, dentre as quais está o desenvolvimento de novos produtos alimentícios com valor nutricional superior aos produtos tradicionais. Uma das principais ferramentas para o desenvolvimento destes produtos é o emprego de novos ingredientes que atuem elevando o valor nutricional, e que ao serem inseridos na alimentação, passam a ser uma alternativa para minimizar distúrbios nutricionais (Fasolin et al., 2007). No entanto, os consumidores passam a aceitar novos produtos, e assim, inseri-los na alimentação, desde que sejam saborosos, de boa qualidade e, ainda, que seu preço esteja em condições de competir com o do produto convencional (El-dash & Germani, 1994).

O farelo de arroz pode fazer parte deste grupo de ingredientes, com excelente potencial para o desenvolvimento de produtos mais saudáveis, pois do ponto de vista nutricional, é um subproduto valioso. Os nutrientes não se encontram uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão de arroz, e a camada externa que corresponde ao farelo, apresenta maiores concentrações de proteínas, lipídeos, fibras, vitaminas, minerais e compostos bioativos com potenciais benefícios à saúde humana (Castanheira, 2014). Além disso, pode ser facilmente empregado na fabricação de diversos produtos, tais como produtos de panificação, e apresenta grande disponibilidade gerada pela elevada quantidade de beneficiamento do grão de arroz no mundo (Parrado, 2006)

Em um novo paradigma, a ingestão insuficiente de compostos bioativos provenientes de vegetais constitui importante componente de risco para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) pelo favorecimento do estresse oxidativo, contribuindo na mesma magnitude do consumo excessivo de energia, de gorduras totais e saturadas na dieta (Bastos et al., 2009).

Dentre os diversos compostos bioativos que se conhecem, destacam-se no farelo de arroz, os carotenoides, a vitamina E e o composto γ -orizanol. Segundo Eslami et al. 2014, o γ -orizanol apresenta capacidade antioxidante, anti-inflamatória e hipocolesterolêmica. Esse fitoesterol também age no sistema hormonal, aumentando os níveis do hormônio do crescimento, testosterona e outros hormônios anabolizantes. Os carotenoides e a vitamina E têm ações antioxidantes bem conhecidas, que além de atuarem na prevenção do desenvolvimento de doenças crônicas, são úteis na inibição de outras doenças provocadas pela ação dos radicais livres (Uenojo et. al, 2007).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar o potencial antioxidante de biscoitos elaborados com farelo de arroz.

Os objetivos específicos foram:

- Aumentar o aproveitamento do farelo de arroz para a alimentação humana, tendo em vista que, trata-se de um subproduto valioso do ponto de vista nutricional;
- Desenvolver um produto alimentício com potenciais benefícios à saúde (ação antioxidante e maior teor de nutrientes);
- Desenvolver receitas de biscoitos com diferentes teores de farelo de arroz;
- Determinar a composição centesimal dos biscoitos e do farelo de arroz (fibras totais, fibras solúveis, fibras insolúveis, carboidratos, proteína, lipídeos e cinzas);
- Fazer análises físicas dos biscoitos (peso, diâmetro, espessura, textura, fator de expansão e cor);
- Realizar análises físico-químicas (atividade de água, sólidos solúveis, acidez titulável e pH);
- Avaliar a vida útil dos biscoitos (*shelf life*) através de análises microbiológicas;
- Realizar análise sensorial dos biscoitos para avaliar a aceitabilidade;
- Analisar a capacidade antioxidante do farelo de arroz;
- Identificar e quantificar compostos bioativos do farelo de arroz por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE);
- Avaliar a capacidade antioxidante dos biscoitos durante 30 dias de armazenamento, com análises a cada 15 dias;
- Identificar e quantificar compostos bioativos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos biscoitos durante 30 dias de armazenamento, com análises a cada 15 dias.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Geração de resíduos e subprodutos no processamento do arroz

O processo de transformação do arroz pode ser dividido em duas fases. A fase de cultura e crescimento da planta do arroz é a primeira fase realizada. Esta compreende os processos de seleção de sementes, preparação dos terrenos de cultivo, crescimento e maturação da planta e finalmente as colheitas dos grãos de arroz ainda com casca (Castanheira, 2014).

A segunda fase do processo inclui os processos de limpeza/lavagem, secagem, armazenamento, descasque, branqueamento e polimento. Estas duas últimas etapas são os principais processos de transformação do arroz e dão origem ao produto final e vários subprodutos e resíduos, como o farelo, a casca, e impurezas (Garrido, 2015).

O primeiro processo é a pré-limpeza que tem como objetivo fazer a eliminação das impurezas mais grosseiras que dificultam o processo seguinte, que é a secagem. A secagem reduz o teor de umidade do bago para um nível seguro de armazenamento. Após o armazenamento, é feita a lavagem e a remoção das várias camadas do arroz. Através do descasque, separa-se a casca do restante do bago, obtendo-se o arroz integral. O processo seguinte corresponde ao branqueamento, que consiste no desgaste do grão removendo o farelo. Por fim, efetua-se o polimento do grão branqueado, obtendo-se como produto o arroz branco que constitui a maior fração da produção (Garrido, 2015).

Na indústria do arroz, existe um grande desperdício a nível mundial dos subprodutos obtidos no processo de transformação, como o farelo e a casca, pois são utilizados em aplicações de baixo valor econômico, principalmente na agricultura animal, condicionamento e compostagem do solo (Castanheira, 2014).

Atualmente, os resíduos agrícolas têm sido alvo de grande foco, no sentido de minimizar o desperdício e, conseqüentemente, o detrimento ambiental causado. A escassez de matérias primas não renováveis e o volume de resíduos sólidos gerados nos processos produtivos, também chamam a atenção para o desenvolvimentos de processos mais eficientes e sustentáveis (Menezes et al., 2002).

Quando os resíduos produzidos não são bem destinados, podem levar a destruição de paisagem, fauna e flora (Saidelles et al., 2012). Esta gestão de resíduos é um problema que atinge o mundo todo, tendo em vista o elevado custo do manejo, tratamento e disposição dos mesmos (Tardio, 2008).

O termo resíduo é utilizado em sentido amplo, englobando não somente sólidos como também os efluentes líquidos e os materiais presentes nas emissões atmosféricas (Timofiecsyk & Pawlowsky, 2000).

De acordo com Demajorovic (1995), resíduos sólidos diferenciam-se do termo lixo porque, enquanto este último não possui nenhum tipo de valor, já que é aquilo que deve apenas ser descartado, os resíduos sólidos possuem valor econômico agregado, por possibilitarem reaproveitamento, muitas vezes no próprio processo produtivo.

Para Pelizer e colaboradores (2007), os principais subprodutos e resíduos provenientes do processamento de arroz, desde a colheita até o beneficiamento, são: palha de arroz, soca ou soqueira, casca, farelo e quirela (ou quirera), que podem ser considerados resíduos com grande potencial de utilização, como por exemplo, substratos para a produção de bioinseticida a base de *Bacillus thuringiensis*.

Lorenzetti e colaboradores (2012) encontraram um volume de resíduos de 34% do total do arroz in natura antes do beneficiamento, distribuídos da seguinte forma: 5% de quirela de arroz; 9% de farelo de arroz; e 20% de casca de arroz. Desta forma o autor pode inferir que de um total anual de 48 mil quilos de arroz beneficiado, 34% são resíduos, e destes, 26% é farelo de arroz.

O farelo de arroz obtido na etapa de brunição tem menor potencial poluidor e se destaca dos demais subprodutos, principalmente do ponto de vista nutricional, por possuir elevado teor de nutrientes. Segundo o Instituto Rio-grandense do Arroz vem sendo subaproveitado no montante de mais de um milhão de toneladas/ ano, pois é pouco utilizado na alimentação humana, tendo como principal destino a produção de óleo e a alimentação animal (Paiva, 2008).

Silva, Sanches e Amante (2006), também afirmam que no Brasil, o farelo de arroz poderia ser melhor aproveitado pois tem sido utilizado apenas para extração de óleo, como ingrediente da ração animal, fertilizante orgânico e também na sua forma in natura em multimisturas oferecidas a comunidades carentes.

O farelo de arroz estabilizado apresenta-se sob a forma de pó finamente granulado, de cor marrom clara e sabor de noz tostada. Alcança vida útil de seis meses, quando armazenado sob temperaturas inferiores a 30°C. Esse produto pode servir como matéria-prima para diversos alimentos processados (cereais matinais, granola em tabletes e “snacks”) e certos alimentos extrusados, além de ser empregado com sucesso em produtos de panificação e confeitaria (Saunders, 1990).

3.2 Produção e consumo de arroz no Brasil e no mundo

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. Estima-se que, em média, alimente cerca de três bilhões de pessoas por dia (FAOSTAT, 2013). É cultivado e consumido em todos os continentes e sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social (CONAB, 2016).

Durante muito tempo o consumo de arroz se concentrou nos países asiáticos, porém o avanço nos processos de produção e o desenvolvimento de novas tecnologias permitem atualmente a produção global e em larga escala do grão (Kearney, 2010).

Ainda assim, a Ásia é o maior produtor de arroz do mundo, com cerca de 90 % da produção, seguido da América do Norte e Sul, com aproximadamente 5 % da produção, encontrando-se a Europa em penúltimo lugar, com cerca de 0,6 % da produção mundial, conforme demonstrado na Figura 1 (FAOSTAT, 2013).

Segundo o “International Rice Research Institute” (2009), a produção mundial de arroz tem tido um crescimento contínuo nas últimas décadas e o crescimento da população mundial fará com que a produção tenha que aumentar para cerca de 800 milhões de toneladas para suprir a demanda.

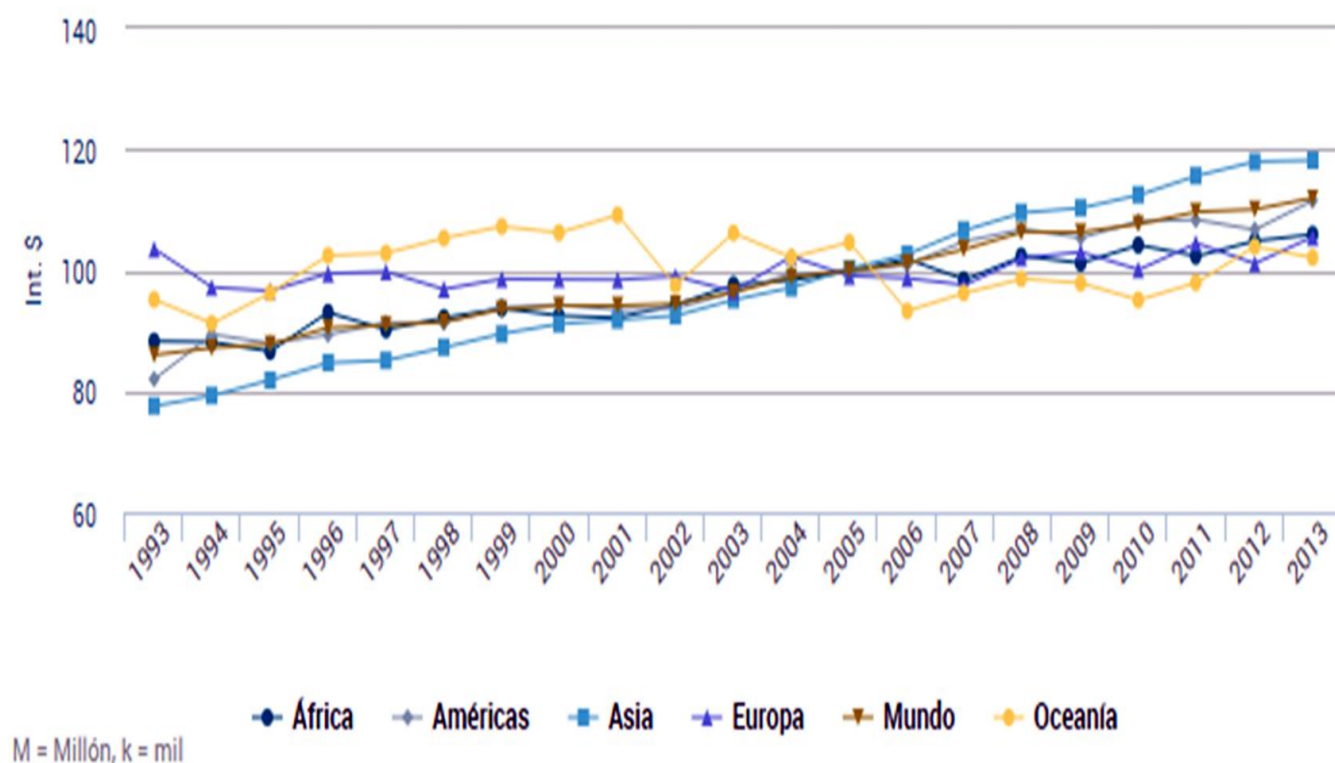


Figura 1. Índice de produção líquida de arroz per capita no mundo.

Fonte: FAOSTAT, 2013.

No Brasil, a área cultivada é responsável pela produção de 11 milhões de toneladas/ano, ocupando a terceira posição entre os grãos, ficando atrás apenas da soja e do milho (Figura 2). Tal produção coloca o país na nona posição entre os maiores produtores, sendo o principal deles fora do continente asiático (Minatel, 2015).

O arroz pode ser cultivado em todas as regiões do Brasil. Segundo Miranda et al. (2008), a maior parte da produção desse alimento concentra-se em poucos estados do país, onde o Rio Grande do Sul é o grande produtor. Bortolini (2010), também afirma que o Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz e sua participação na produção nacional vem aumentando. O estado de Santa Catarina também é destaque na produção de arroz, e o seu cultivo, na sua maioria irrigado, iniciou nos anos 1950, como cultura de subsistência, predominando cultivares provenientes da Ásia (Pereira, 2008).

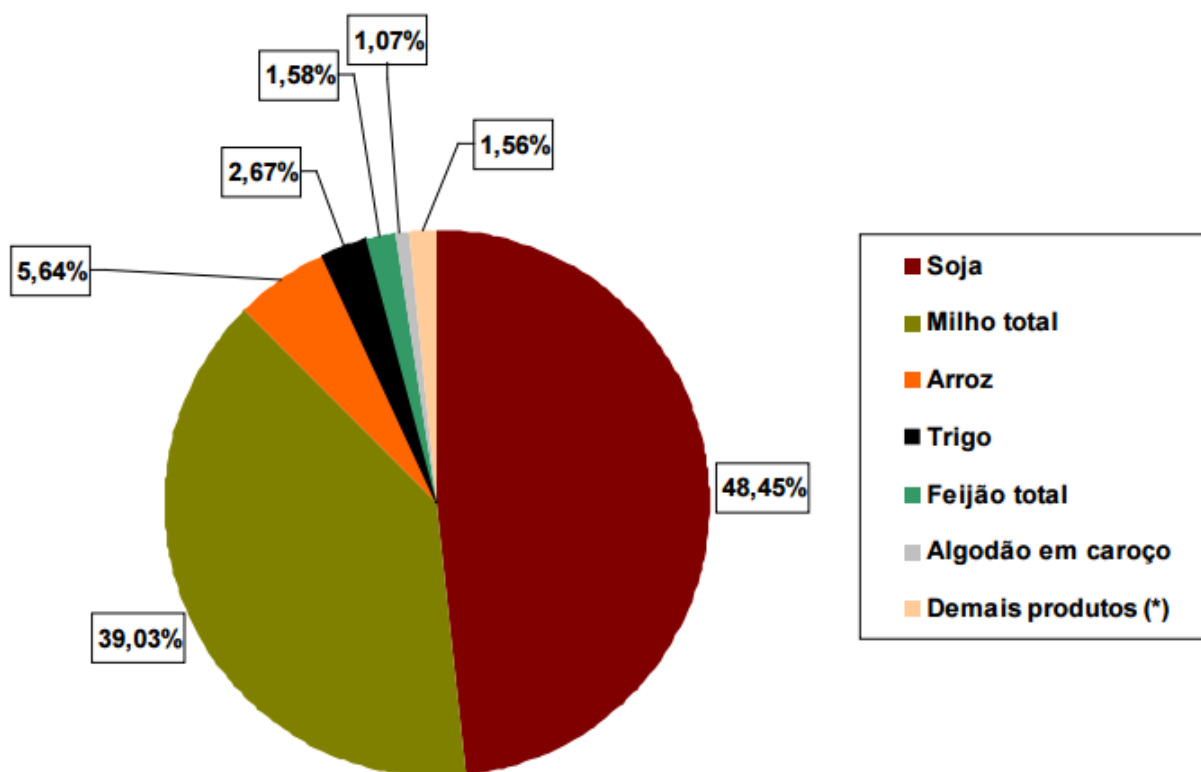


Figura 2. Percentagem da produção total de grãos no Brasil.

Fonte: CONAB, 2016.

No Brasil, o arroz é consumido principalmente na forma de grãos inteiros, constituindo com o feijão o principal prato brasileiro. O arroz é conhecido em função da forma de processamento pós-colheita, como branco, integral e parbolizado. O arroz branco é a forma mais consumida na maioria das regiões brasileiras (Ferreira & Pinheiro, 2003).

Apesar do crescimento da produção de arroz, o consumo per capita mundial apresenta tendência de redução. Em 1990 o consumo era de 65,26 quilos de arroz por habitante. Em 2007 o consumo passou para 63,27 kg por habitante, ou seja, uma redução de 3,04% (IRRI, 2009). No Brasil, não foi diferente, pois apesar de possuir consumo per capita maior que a média da América do Sul, também apresentou redução em seu consumo per capita de 51,58 kg/habitante em 1990, para 46,18 kg/habitante em 2007, ou seja, reduziu 10,46% em 17 anos (Dias, 2011).

Giordano, Spers e Nassar (1998) afirmam que o movimento do consumo per capita decrescente ocorre em função de uma natural migração para produtos

energéticos mais nobres e de maior valor agregado como biscoitos. Lago e colaboradores (2008) afirmam que redução do consumo ocorre principalmente em função das alterações do estilo de vida da população que, não dispondo de tempo para preparo de refeições mais demoradas, não consome esta commodity passando a consumir outras formas de carboidrato de maior conveniência.

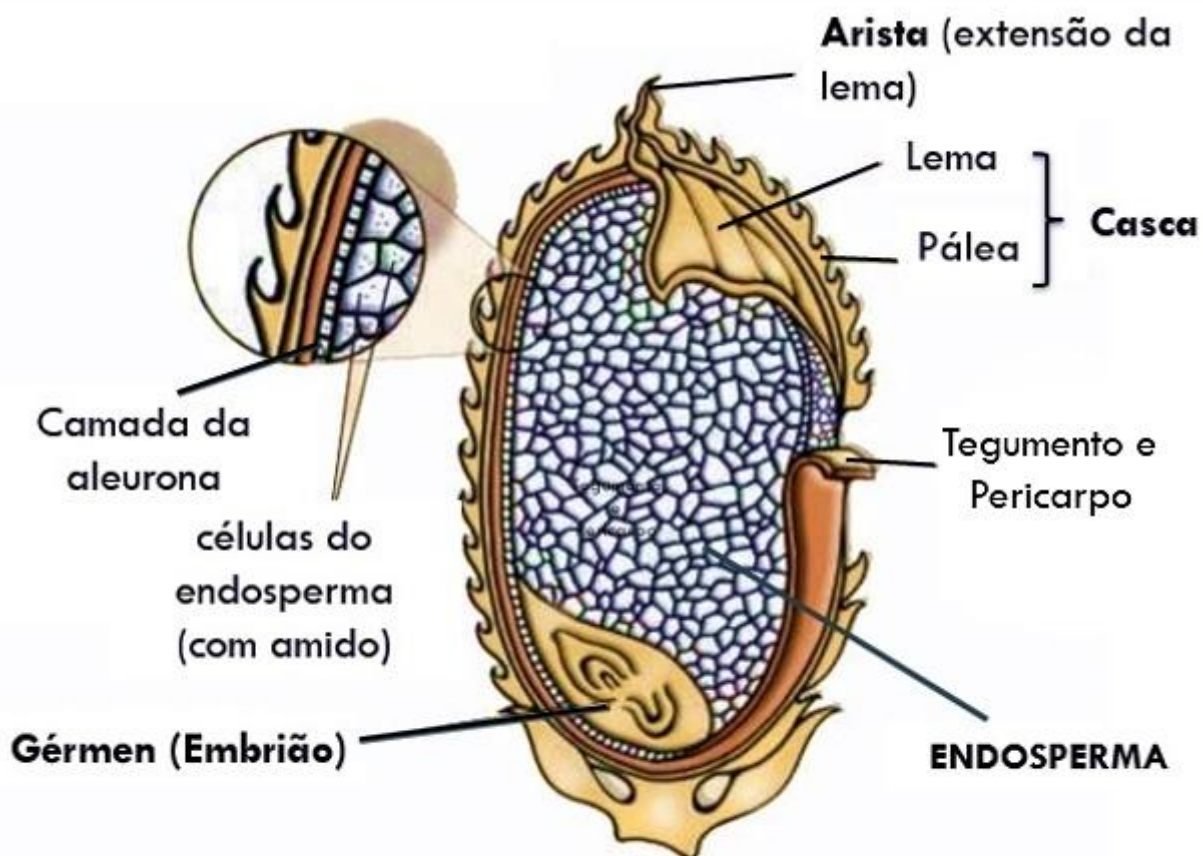
3.3 Estrutura e composição do grão de arroz

O grão de arroz consiste basicamente de uma camada protetora, a casca, uma camada intermediária, o farelo e a parte mais interna, chamada endosperma ou grão. A casca é composta por duas folhas modificadas, a pálea e a lema e corresponde a cerca de 20% do peso do grão. É a camada protetora e por isso contém uma defesa antioxidante que impede o estresse oxidativo do grão (Walter et al., 2008).

A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo, tegumento e camada de aleurona, que representam 5-8% da massa do arroz integral e 10 % da massa do arroz em casca. O arroz integral é obtido através da separação da casca do farelo (descasque). A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de aleurona (corpos proteicos) e os corpos lipídicos (Juliano & Bechtel, 1985).

O embrião ou gérmen está localizado no lado ventral na base do grão, é rico em proteínas e lipídios, e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e é constituído por células ricas em grânulos de amido e alguns corpos protéicos (Juliano & Bechtel, 1985).

Para uma melhor compreensão, a estrutura do grão de arroz é apresentada na figura 3.



Adaptado: Enciclopédia Britânica, INC, 2012.

Figura 3. Estrutura do grão de arroz.

O arroz apresenta pequena quantidade de açúcares livres localizados principalmente nas camadas externas do grão, onde os principais são sacarose, glicose e frutose (Matsuo et al., 1995).

Os polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrintestinal, como celulose, hemiceluloses, amido resistente e pectinas, fazem parte da fração fibra alimentar, que pode ser dividida em solúvel e insolúvel. Sua concentração é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro, resultando em baixa concentração desses componentes nos grãos submetidos ao polimento (Walter, 2009).

O conteúdo de proteínas no arroz é considerado baixo e é afetada por características genótípicas, adubação nitrogenada, radiação solar e temperatura durante o desenvolvimento do grão (Juliano & Bechtel, 1985).

A composição em proteínas também varia de acordo com a localização no grão: o farelo apresenta aproximadamente 60% de albumina, seguido por prolamina,

glutelina e globulina, e no endosperma, a glutelina forma a principal fração, correspondendo a aproximadamente 80% das proteínas (Juliano, 1993).

A qualidade da proteína depende de seu conteúdo em aminoácidos. Similar a outros cereais, o arroz apresenta a lisina como aminoácido limitante. Entretanto, entre os cereais, o arroz apresenta uma das maiores concentrações de lisina, resultando em um balanço de aminoácidos mais completo (Juliano, 1993).

Além dos aminoácidos proteicos, o arroz também apresenta pequena quantidade de aminoácidos livres, localizados principalmente no gérmen e no farelo, com pequena concentração no endosperma. Entre os aminoácidos livres, predominam aspartato e glutamato, que correspondem a aproximadamente 60% do total (Saikusa et al., 1994).

Os lipídios podem ser encontrados organizados em corpos lipídicos (esferossomos) na camada de aleurona, no embrião e no endosperma, ou associados a grânulos de amido (Lumen & Chow, 1995). Entretanto, a maior concentração ocorre no gérmen (1/3 do conteúdo total) e na camada de aleurona. Dessa forma, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o polimento, onde observa-se concentrações inferiores a 1% (Rego, 2014).

Os principais ácidos graxos no arroz são os ácidos palmítico (16:0), oléico (18:1) e linoléico (18:2), correspondendo a aproximadamente 95% dos ácidos graxos presentes nos lipídios totais (Mano et al., 1999).

O óleo do farelo de arroz possui uma fração conhecida como matéria insaponificável, que corresponde a aproximadamente 4% do óleo. Essa fração é composta por fitosteróis, álcoois triterpênicos, ésteres do ácido ferúlico (γ -orizanol), tocóis (vitamina E, tocoferóis e tocotrienóis), entre outros compostos (Qureshi et al., 1997). O γ -orizanol, uma mistura de ésteres de ácido ferúlico com fitosteróis e álcoois triterpênicos, representa cerca de 50% da matéria insaponificável do óleo do farelo de arroz (Rong et al., 1997).

Quanto aos minerais, a concentração também difere nas frações do grão de arroz, mas de uma forma geral, apresentam-se em maior concentração nas camadas externas do grão, com aproximadamente 72% no farelo e 28% no grão polido. No entanto, alguns minerais apresentam distribuição mais uniforme, como sódio e cálcio, permanecendo no arroz branco polido 63% do sódio e 74% do cálcio do arroz integral (Itani et al., 2002). Outro ponto relevante é que no arroz com casca

o silício é componente dominante, já no arroz integral e polido destacam-se fósforo, potássio e magnésio (Juliano & Bechtel, 1985).

Assim como todos os demais nutrientes, o conteúdo mineral sofre influência das condições de cultivo, incluindo fertilização, condições do solo e pelo processamento. Vale ressaltar que, embora o arroz integral tenha maior concentração de minerais do que o polido, isso não significa necessariamente maior quantidade de minerais absorvidos pelo organismo, visto que a biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de maiores teores de fibra e ácido fítico no arroz integral (Juliano, 1993).

O ácido fítico é uma forma de armazenamento de fósforo, constituindo aproximadamente 70% do conteúdo desse mineral em sementes. Ele pode ser encontrado na forma de fitato, ligado a cátions como potássio, magnésio, cálcio, ferro e zinco. A maior quantidade, assim como os minerais, é encontrada nas camadas externas do grão (principalmente na camada de aleurona) (Liu et al., 2005).

Dada a sua capacidade quelante, o ácido fítico foi considerado um vilão nutricional, que poderia contribuir para uma menor absorção de vários minerais importantes, como cálcio, ferro e zinco, podendo provocar deficiências (Hurrell et al., 2003). Porém, muitas pesquisas têm demonstrado que esse composto pode auxiliar na manutenção da saúde, ao quelar o ferro que participa de reações oxidantes, e assim, apresentar efeito antioxidante (Graf & Eaton, 1990).

Atualmente, este ácido também é visto como agente importante na fixação do ferro, o que resulta em efeitos positivos para a saúde humana. Novos estudos têm enfatizado a importância da ação carcinostática do ácido fítico, além de sua utilização como aditivo alimentar, propiciando a exaltação do sabor de carnes e peixes (IRGA, 2008).

Em relação às vitaminas, o ponto mais importante é a ação do polimento que reduz significativa as concentrações, tendo em vista que a maior parte delas estão presentes nas camadas externas do grão, principalmente no farelo. As principais vitaminas encontradas são as vitaminas do complexo B e α -tocoferol (vitamina E), com concentrações menores das vitaminas A, D e C. Outras vitaminas encontradas majoritariamente no farelo são: tiamina, riboflavina e niacina (Walter, 2009).

3.4 Compostos bioativos do farelo de arroz

Além de ser fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas, minerais e fibras, o arroz também fornece compostos bioativos (CBAs) dos quais o metabolismo humano também é dependente. Estes compostos estão majoritariamente presentes nas camadas externas do grão, isto é, dentro das camadas de farelo biologicamente ativas, incluindo o germe (Rego, 2014).

Em um novo paradigma, a ingestão insuficiente de CBAs provenientes de vegetais constitui importante componente de risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), contribuindo na mesma magnitude do consumo excessivo de energia e de gorduras totais e saturadas na dieta. Isso indica que os CBAs, da mesma forma que os demais nutrientes, são essenciais para que se atinja a carga completa (geneticamente determinada) de longevidade. Segundo esse novo paradigma, as DCNT seriam doenças relacionadas também à deficiência de substâncias “essenciais para a longevidade” (*lifespan essential*) (Bastos et al, 2009).

Muitas pesquisas revelaram que os compostos bioativos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante nos frutos. A quantidade final destes compostos pode ser influenciada por fatores como: a maturação, a espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento (Soares et al, 2008; Vieira, 2009; Sousa et al., 2010). Além disso, essa quantidade também pode variar de acordo com fatores que não são intrínsecos ao alimento, como radiação solar, época do ano, períodos chuvosos, radiação UV, entre outros fatores, podem interferir no metabolismo e produção de fenólicos nos alimentos (Machado et al., 2008).

Dos vários compostos antioxidantes que se conhecem, destacam-se nos cereais, os carotenoides, as vitaminas antioxidantes (A, C e E) e os compostos fenólicos. Os compostos fenólicos ou polifenóis, segundo Naczki e Shahidi (2004), são considerados metabolitos secundários que são sintetizados pelas plantas durante o seu desenvolvimento normal como resposta a condições de *stress* como infecções, feridas, entre outros. São substâncias que possuem anel aromático, com um ou mais substituintes hidroxila, incluídos nos seus grupos funcionais. Estes compostos são classificados em cinco categorias que são apresentadas na Figura 4, das quais se destacam os flavonoides e ácidos fenólicos; por sua vez, os ácidos fenólicos, dividem-se no grupo de compostos que derivam do ácido hidroxicinâmico

ou que derivam do ácido hidrozibenzoico. Os fenólicos referidos como sendo os mais predominantes no farelo de arroz são o ácido ferúlico e p-cumárico e existem nas formas conjugadas ou livres (Rego, 2014).

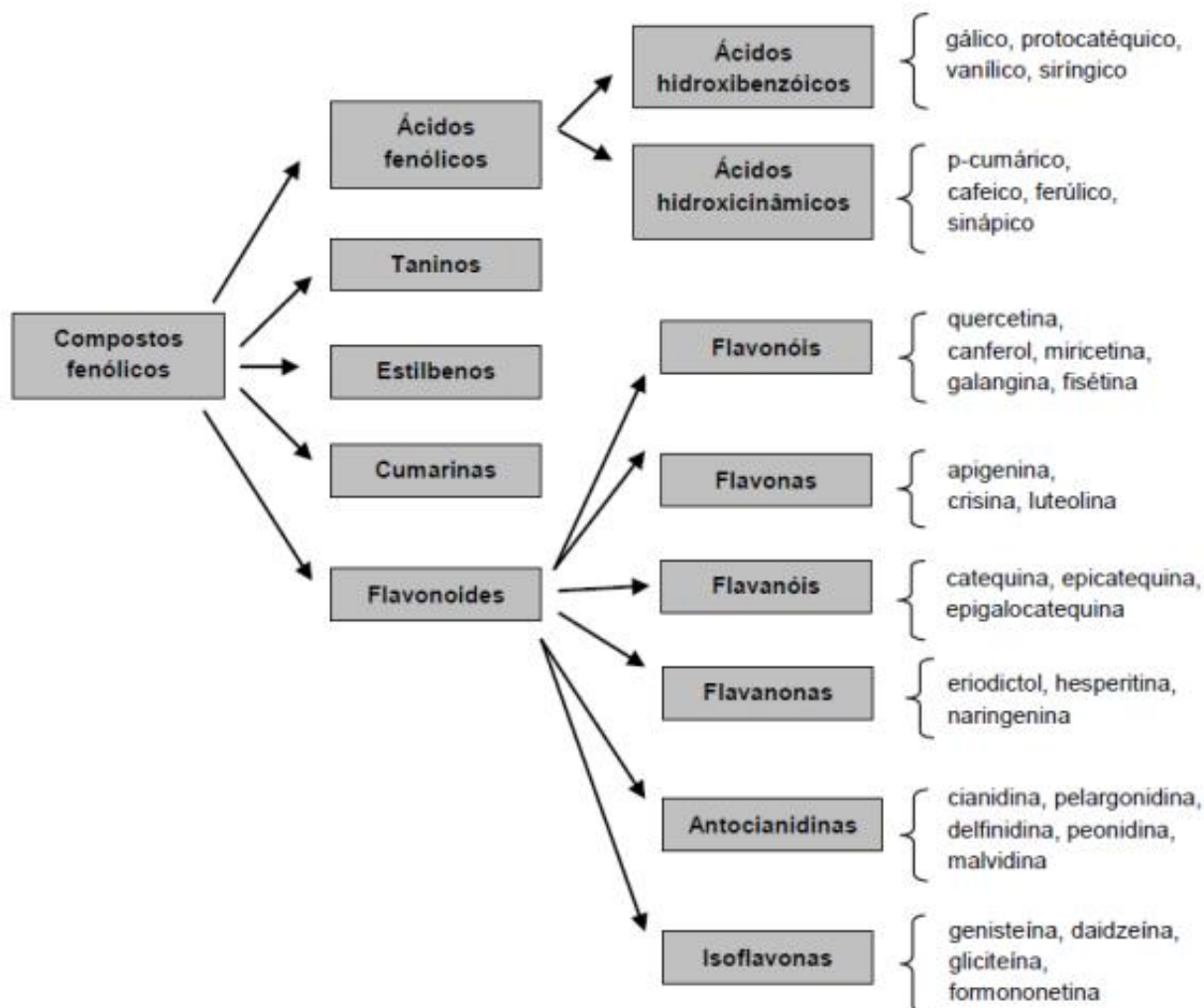


Figura 4. Principais classes de compostos fenólicos.

Fonte: Rego, 2014.

Os carotenoides compreendem uma família de compostos naturais, dos quais mais de 600 variantes estruturais estão reportadas e caracterizadas, a partir de bactérias, algas, fungos e plantas superiores. A produção natural mundial é estimada em 100 milhões de toneladas por ano, e é encabeçada pela fucoxantina das algas fotossintéticas marrons. Destes 600 carotenoides já identificados, apenas 40 estão presentes em uma típica dieta ocidental, e destes apenas 20% foram encontrados na corrente sanguínea ou tecidos (Minatel, 2015).

São pigmentos responsáveis pelas cores do amarelo ao vermelho de frutas, vegetais, fungos e flores, e têm sido utilizados comercialmente como corantes alimentícios e em suplementos nutricionais (Fraser & Bramley, 2004).

Os carotenóides mais comumente encontrados nos alimentos vegetais são o β -caroteno, o licopeno, várias xantofilas, zeaxantina, luteína e a bixina (aditivo culinário e corante dérmico usado por indígenas amazônicos, obtido do urucum), dentre estes, o que mais se destaca no farelo de arroz é a luteína, carotenoide macular de pigmentação amarela, pertencente a classe das xantofilas (Fontana et al., 2000).

Quanto à estrutura química, os carotenoides são classificados como tetraterpenoides de 40 carbonos, ligados por 8 unidades isoprenoides (Figura 5). É uma molécula com característica simétrica, graças à ligação das unidades isoprenoides, grupos metil e inúmeras duplas ligações conjugadas (Minatel, 2015).

Os carotenoides apresentam muitas possibilidades de ocorrência de isomeria geométrica, por modificações na estrutura molecular (ciclização, hidrogenação, etc). Estas modificações conferem aos carotenoides propriedades bioativas variadas e permitem classifica-los em compostos pró-vitamina A (caroteno, beta-criptoxantina) ou não pró-vitamina A, ou seja, que são ou não convertidos em retinol (Fontana et al., 2000). Eles são constituídos por dois grandes grupos, denominados: (1) carotenos, que são consistem em hidrocarbonetos puros; e (2) xantofilas, hidrocarbonetos que possuem grupos funcionais oxigenados (Maldonade, 2003). Estes dois grupos principais podem ser subdivididos estruturalmente em sete subgrupos:

1. Hidrocarbonetos – São carotenoides que apresentam em sua estrutura somente átomos de carbono e hidrogênio. Este grupo é representado pelos carotenos (α , β , γ e δ) e pelo licopeno. Ao lado destes, encontram-se na natureza derivados super-hidrogenados (com até 76 átomos de hidrogênio), incolores, denominados fitoenos e fitofluenos.

2. Alcoóis – São carotenoides que possuem um grupo hidroxila (OH-) ligado aos anéis iononas da cadeia. Abrangem as verdadeiras xantofilas, como a criptoxantina (3-hidroxi- β - caroteno), encontrado em frutos e no milho amarelo; a zeaxantina (3,3'-diidroxi- β -caroteno), também chamada luteína, que se encontra nas folhas verdes, nas flores, nos frutos, no corpo lúteo e na gema do ovo.

3. Cetonas – São carotenoides que possuem grupos carbonilas ligados aos anéis iononas. São exemplos: a equinenona (4-ceto- β -caroteno), encontrada em invertebrados marinhos; a cantaxantina (4,4-diceto- β -caroteno), presente em cogumelos; a astacina (3,3',4,4'-tetraceto- β -caroteno) responsável pela cor da carcaça de crustáceos.

4. Epóxidos – São carotenoides que apresentam oxigênio entre carbonos, formando ciclos. Pertence a este grupo a flavoxantina (5,6,5,6'-di-epoxi-zeaxantina).

5. Éteres – São carotenoides que apresentam oxigênio entre carbonos. Exemplo: a espiriloxantina (dimetoxil-licopeno).

6. Ácidos – São carotenoides que possuem grupos carboxila ligados na extremidade da cadeia carbônica, pois não possuem anéis ionona. Cognominaram-se ácidos carotênicos, cujo exemplo principal é a crocetina, pigmento do açafrão. Trata-se, todavia, de derivado diterpênico; tem 20 átomos de carbono formando cadeia poli-insaturada, tetrametilada e dicarbolxílica.

7. Ésteres – São carotenoides que apresentam o grupo carboxil entre carbonos. Englobam: a) ésteres de ácido carotênico, como a bixina, pigmento vermelho do urucum; a crocina, diéster da crocetina com duas unidades de gentiobiose; b) ésteres das xantofilas com ácidos graxos comuns (Villela et al., 1976).

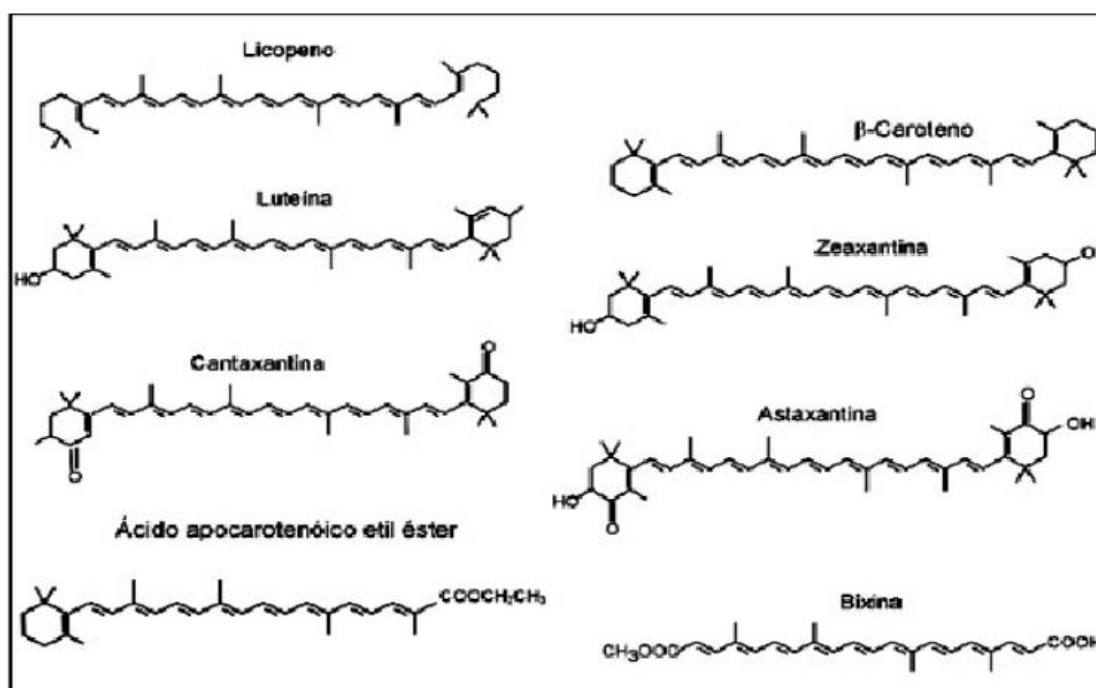


Figura 5. - Estrutura isoprênica dos carotenóides.

Fonte: Bobbio & Bobbio, 2001.

A vitamina E foi descoberta em 1923 e engloba um conjunto de compostos lipossolúveis que podem ser divididos em dois grupos principais, os tocoferóis (α -, β -, γ -, δ -tocoferol) e os tocotrienóis (α -, β -, γ -, δ -tocotrienol). Os tocoferóis são antioxidantes fenólicos, num grupo composto de quatro diferentes isômeros, que se diferenciam pelo número e posição do grupo metila, ligado ao anel fenólico. Os isômeros do tocoferol também contêm uma cadeia lateral fítica, que pode ser saturada, no caso do tocoferóis, ou insaturada, no caso dos tocotrienóis, perfazendo, então, oito homólogos naturais da vitamina E, que diferem em sua estrutura e atividade biológica (Jordão Júnior et al, 1998).

O α -tocoferol tem sido considerado o biologicamente mais ativo, inclusive no que diz respeito a sua atividade como antioxidante, sendo o principal antioxidante lipossolúvel, nas membranas celulares. O fato de ser lipossolúvel confere ao α -tocoferol propriedade de se acumular no interior das membranas e de ser transportado pelas lipoproteínas, especialmente pela lipoproteína de baixa densidade (LDL). O α -tocoferol da dieta é armazenado em vários tecidos, especialmente no fígado, tecido adiposo e músculo (Chan & Decker, 1994). Sua função antioxidante é, essencialmente, a captura de radicais, levando ao término da reação em cadeia da lipoperoxidação por formar um aduto não radicalar. Nesse processo, o α -tocoferol atua, doando um átomo de hidrogênio para estes radicais, derivados da oxidação de ácidos graxos. O radical peroxila, analogamente, oxida a vitamina E e produz o radical tocoferoxila, um radical estável, que não propaga a cadeia (Jordão Júnior et al, 1998).

Outro composto bioativo, que é um dos principais componentes presentes no farelo de arroz, é o γ - orizanol. Ele foi identificado pela primeira vez em 1954 por Kaneko & Tsuchiya, a partir do óleo extraído do farelo de arroz. Inicialmente era considerado como uma substância simples de fitoesteróis, mas posteriormente foi caracterizado como um composto formado pela mistura de ésteres de ácido ferúlico, formados pela esterificação do grupo hidroxila de esteróis (campesteril, β -sitoesteril e estigmasteril) ou de álcool triterpeno (cicloartenil, 24-metilenocicloartanil e cicloartanol) com o grupo carboxílico do ácido ferúlico, conforme demonstrado na Figura 6 (Xu & Godber, 1999).

Com base na absorbância de no máximo 330nm, ao menos 25 componentes do γ -orizanol foram identificados até o momento. Porém, apenas 5 destes

componentes correspondem a 95% do conteúdo total do composto. Estes 5 componentes são: cicloartenil *trans*-ferulato, com 34-44%; 24-metilenocicloartanil *trans*-ferulato, com 19-26%; campesteril *trans*-ferulato, com 15-23%; β -sitoesteril *trans*-ferulato, com 7-17% e estigmasteril *trans*-ferulato, com 1-7% (Minatel, 2015).

A concentração aproximada de γ -orizanol em grãos de arroz integral varia entre 0,2 e 1g/kg, dependendo do cultivar, subespécie, condições de cultivo e processamento (Xu & Godber, 1999).

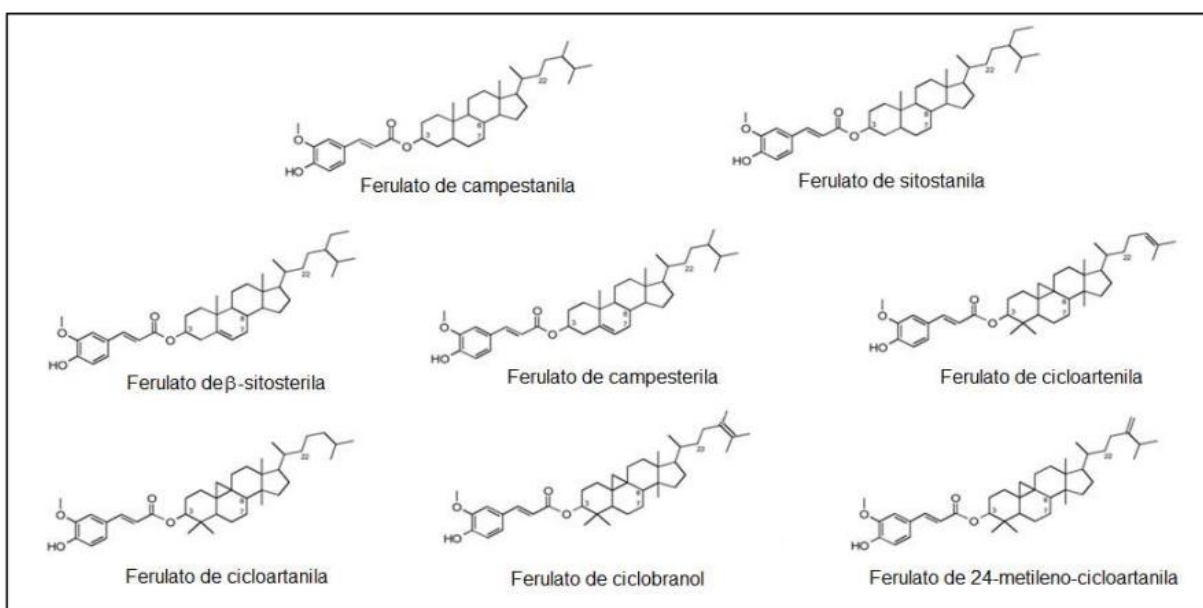


Figura 6. Fórmulas estruturais dos principais componentes do γ -orizanol.
Fonte: Santestevan, 2011.

3.5 Benefícios dos compostos bioativos do farelo de arroz à saúde

Para a obtenção de energia através da cadeia respiratória há uma série de reações geradoras de eletronegatividade, sendo o oxigênio oceptor final de elétrons. Nessa sequência oxidativa são gerados compostos como o ânion superóxido, o radical hidroperoxila, o peróxido de hidrogênio e o radical hidroxila que, de forma conjunta, são denominados espécies reativas de oxigênio (ERO). O termo radical livre é empregado quando um átomo ou uma molécula apresentam um ou mais elétrons não pareados, constituindo-se espécies instáveis, com meia-vida muito curta e que reagem rapidamente com diversos alvos celulares (Halliwell & Gutteridge, 2000).

Portanto, as reações oxidativas ocorrem fisiologicamente no organismo humano, e são contrabalançadas pela ação de antioxidantes tanto endógenos como provenientes da dieta. O desequilíbrio no estado de óxido-redução, em favor das reações pró-oxidativas, causando dano celular é chamado de estresse oxidativo (Sies & Sevania, 2005).

O organismo possui diversos mecanismos para manter o equilíbrio entre compostos pró- e antioxidantes e quando há insuficiência do potencial antioxidante em contrabalançar aumentos na formação de ERO, ocorrem danos oxidativos às células. Nos mecanismos de defesa antioxidante para prevenir ou reduzir os efeitos do estresse oxidativo, participam enzimas endógenas (superóxido dismutase – SOD, catalase e glutathione peroxidase) e outras substâncias disponíveis na dieta, como os carotenoides, o alfa-tocoferol, o ácido ascórbico, compostos fenólicos, entre outras (Choi et al., 2007).

O sistema enzimático representa a primeira defesa antioxidante endógena contra as ERO. No entanto, para impedir os danos celulares decorrentes de estresse oxidativo persistente, o aporte exógeno de substâncias com potencial antioxidante é de fundamental interesse (Meléndez-Martínez et al., 2004).

O estresse oxidativo está envolvido na fisiopatologia da hipertensão arterial sistêmica, diabetes melitus, câncer, doenças cardiovasculares e outras doenças crônicas. Diante disso, vários estudos têm demonstrado a importância da dieta no desenvolvimento dessas doenças (Stanner et al., 2004), onde o consumo de frutas, legumes, hortaliças e cereais integrais está associado à redução no risco de desenvolvimento das mesmas.

As análises dos reais efeitos fisiológicos de compostos bioativos, na prevenção ou recuperação de doenças, encontra-se em constante crescimento. No entanto, é marcante a dificuldade em analisar, através de testes laboratoriais ou experimentais, o exato mecanismo de ação no organismo humano destas moléculas e metabólitos (Minatel, 2015).

Em relação aos principais compostos bioativos presentes no farelo de arroz, podemos destacar os carotenoides, a vitamina E e o γ -orizanol. Segundo Eslami et al. (2014), o γ -orizanol apresenta capacidade antioxidante, anti-inflamatória e a propriedade de reduzir os níveis séricos de colesterol, melhorar o perfil lipídico e atuar na agregação de plaquetas. Esse fitoesterol também age no sistema hormonal,

aumentando os níveis do hormônio do crescimento, testosterona e outros hormônios anabolizantes.

Most e colaboradores (2005), também afirmaram que houve uma redução nas taxas de colesterol no sangue de homens e mulheres que apresentaram consumo de óleo de farelo de arroz em suas dietas. A capacidade de inibir a oxidação de colesterol ocorre via redução da peroxidação hepática de lipídeos e aumento dos níveis de glutathione e superóxido desmutase. Outra característica relacionada ao efeito hipocolesterolêmico deste composto bioativo é atribuída à inibição da síntese de novas moléculas de colesterol pelo organismo humano em função da similaridade molecular entre γ -orizanol e colesterol (Minatel, 2015).

Eslami e colaboradores (2014), estudaram o efeito do γ -orizanol em alterações no perfil oxidativo, endócrino e bioquímico em camundongas ovariectomizadas, e encontraram resultados que indicam que o γ -orizanol promove melhorias metabólicas que podem ser benéficas na manutenção dos níveis adequados de colesterol total e suas frações lipídicas, controle glicêmico e demais benefícios relacionados a sua capacidade antioxidante. Assim, ele pode ser considerado uma excelente alternativa terapêutica para o tratamento de complicações comuns no período pós-menopausa e reduzir as chances de outras comorbidades associadas.

Alguns estudos (Ho et al, 2012; Imam et al., 2013) também atribuem um efeito anti-obesidade ao γ -orizanol. O mecanismo desta ação envolve o impedimento da desregulação do PPAR- γ que está particularmente associada ao desenvolvimento de obesidade e distúrbios metabólicos. O γ -orizanol evitaria essa desregulação, contra-regulando os receptores ativados por proliferadores de peroxissomos (PPARs).

O γ -orizanol também tem sido associado à prevenção de câncer: vários estudos demonstram que estéril ferulatos possuem atividade anticarcinogênica principalmente no cólon e no tecido mamário (Minatel, 2015).

Além dos benefícios supracitados, esses compostos também apresentam outras ações, como por exemplo, tratamento de úlceras do estresse, efeitos no crescimento, combate a doenças cefálicas e cervicais e à anemia, prevenção da arteriosclerose, entre outros. A fração γ -orizanol além de possuir aplicações

nutracêuticas e farmacológicas, também é usada na composição de cosméticos, como antioxidante natural em alimentos, bebidas e cosméticos (Sanstevan, 2011).

Os carotenoides parecem desempenhar alguns papéis fundamentais na saúde humana, mas apesar de muitas hipóteses comprovadas, suas funções não estão completamente elucidadas in vivo (Choi et al., 2007).

Segundo Delgado-Vargas et al. (2000), os carotenoides possuem um efeito destacável na resposta imune e na comunicação intracelular e apresentam efeitos benéficos contra doenças relacionadas ao envelhecimento. Além disso, relatam indícios de que os carotenoides em associação com outros componentes de frutas e vegetais apresentam efeito protetor contra algumas doenças crônicas.

A capacidade dos carotenoides como agente quelante do oxigênio singlete molecular é bem conhecida. Portanto, assim como a prevenção de doenças crônicas, o potencial antioxidante dos carotenoides pode ser útil na inibição de outras doenças provocadas pela ação dos radicais livres (Uenojo et al., 2007). Alguns estudos demonstram que a suplementação ou o efeito direto dos carotenoides, ingeridos através da dieta, pode inibir a proliferação de células cancerígenas e reduzir o risco de câncer (Minatel, 2015).

O licopeno, caroteno presente em produtos de tomate, previne oxidação do LDL e reduz o risco do desenvolvimento de arteriosclerose e doenças coronárias. Estudos mostram que o consumo diário de produtos à base de tomate proporciona quantidades suficientes de licopeno para redução substancial da oxidação do LDL. Relata-se ainda que a absorção do licopeno advindo de produtos processados de tomate é mais eficiente que a absorção do composto no produto in natura pois, durante o processamento térmico, o licopeno ligado quimicamente a outros compostos é convertido em uma forma livre e mais facilmente absorvível (Uenojo et al., 2007).

A luteína, carotenóide macular de pigmentação amarela, é um potente antioxidante que previne danos causados por radicais livres nos tecidos. Segundo Dagnelie et al. (2000), este pigmento protege os fotoreceptores foveal ao filtrar a luz azul prejudicial à mácula, reduzindo em 40% a incidência da luz danosa à retina. A perda da sensibilidade visual, ocorrida em pessoas com idade avançada e baixa densidade do pigmento macular nos tecidos oculares, pode ser a precursora de algumas doenças dos olhos, incluindo a degeneração macular relacionada à idade

(DMRI). Dos principais benefícios associados à luteína, além das evidências na redução do risco de desenvolvimento da DMRI, destacam-se também os efeitos benéficos na proteção contra a aterosclerose, a catarata, o câncer e outras doenças.

Em relação à vitamina E, todas as suas isoformas são potentes antioxidantes, que exercem principalmente a função de remover radicais peroxil, através da doação de um hidrogênio presente no anel cromanol. Estudos recentes *in vivo*, sugerem que tocotrienóis possuem uma interação maior com os radicais peroxil, quando comparado com o tocoferol. Inclusive, alguns autores relatam um efeito neuroprotetor, anticâncer e depletor de colesterol maior por parte dos tocotrienóis do que o observado em tocoferóis (Minatel, 2015).

Os resultados sobre os possíveis benefícios da suplementação de vitamina E à saúde ainda são contraditórios na literatura. Uma metanálise de sete estudos evidenciou ausência de efeito benéfico ou clinicamente relevante dessa suplementação sobre os principais desfechos cardiovasculares. Um estudo observacional, derivado da coorte de *Framingham*, levantou a hipótese de que, em indivíduos saudáveis, a vitamina E poderia reduzir o risco cardiovascular, mas naqueles pacientes com DCV pré-existente ela não teria efeito ou poderia até mesmo ser prejudicial (Catania et al, 2009).

3.6 Aplicações do farelo de arroz na indústria alimentícia

A atividade antioxidante do farelo de arroz, em virtude da apresentação de componentes como γ -orizanol, carotenoides e tocoferol, é uma das características que impulsiona pesquisas para exploração desta capacidade na produção de alimentos (Silveira et al., 2003).

A conservação do farelo de arroz “in natura” torna-se problemática pela ação enzimática durante o armazenamento, que leva à decomposição dos triacilgliceróis e à conseqüente geração de ácidos graxos livres. Os ácidos graxos livres produzem sabor ácido e desagradável que compromete a utilização do farelo para consumo humano e como matéria-prima para extração de óleos comestíveis (Pestana, 2008).

A enzima presente no farelo de arroz, responsável pela degradação dos lipídeos neutros e elevação da acidez é a lipase e precisa ser inativada rapidamente para tornar o farelo estável e adequado ao armazenamento e ao emprego como matéria-prima alimentícia (Lakkakula, Lima, & Walker, 2004).

A estabilização dos componentes lipídicos do farelo de arroz pode ser alcançada com o emprego de temperatura (em torno de 100°C) e também por meio de tratamento com proteases, no qual a atividade da enzima lipase é afetada. Esse tratamento enzimático tem se mostrado bastante efetivo e benéfico para minimizar alterações na composição inicial do farelo de arroz. Além disso, reduz perdas de componentes essenciais como aminoácidos, gorduras e alguns compostos, especialmente o γ -orizanol (Pestana et al., 2008).

Com a introdução do farelo de arroz estabilizado, o mundo teve uma nova opinião sobre sua utilização na alimentação humana, já que anteriormente, esse subproduto era dito como impróprio para ser consumido na alimentação humana, devido a sua propriedade de acidificar-se (Grain of hope, 2004).

O farelo de arroz estabilizado alcança vida útil de seis meses, quando armazenado sob temperaturas inferiores a 30°C. Esse produto pode servir como matéria-prima para diversos alimentos processados (cereais matinais, granola em tabletes e “snacks”) e certos alimentos extrusados, além de ser empregado com sucesso em produtos de panificação e confeitaria (Saunders, 1990).

A partir do farelo, pode-se extrair proteína ainda pouco usada em produtos alimentícios, apesar de seu grande potencial de aplicação atribuída a sua estabilidade térmica. A vantagem da proteína do farelo de arroz é a ausência de efeitos indesejáveis em indivíduos intolerantes ou alérgicos ao glúten. Sua utilização tem demonstrado bons resultados como condicionador de massas em produtos de panificação por melhorar a retenção do gás e as propriedades de mistura das massas (Aoe et al., 1993).

O farelo de arroz apresenta grande potencial como emulsificante em produtos que contêm alto teor de gordura pelo seu poder relativamente alto de absorção de óleo. Além disso, pode substituir as gomas comerciais e amidos modificados usados como estabilizantes e emulsificantes em molhos prontos (Abdul-hamid & Luan, 2000).

O concentrado protéico, obtido do farelo, apresenta grande capacidade de emulsificação e estabilização de emulsões, sendo bastante apropriado para utilização em imitações de produtos cárneos. Quando utilizado em substituição à proteína animal é capaz de manter a qualidade nutricional do alimento (Vieira & Carvalho, 1999).

Kim e colaboradores (1999) ao elaborarem e avaliarem bolos de carne reestruturados contendo farelo de arroz e óleo de arroz, constataram que os bolos com fibra de arroz ou com óleo do arroz apresentam estabilidade oxidativa maior durante o armazenamento do que os bolos de carne sem esses componentes.

O farelo de arroz também assume grande importância na indústria de alimentos devido à sua quantidade de fibras, que por terem capacidade de absorção de água e óleo, podem ser utilizadas no desenvolvimento de grande variedade de produtos industrializados (Vieira & Carvalho, 1999). O teor significativo de fibras do farelo também impulsiona sua utilização no desenvolvimento de novos itens alimentícios mais saudáveis do que os produtos disponíveis no mercado, tendo em vista que a alimentação da população é atualmente caracterizada pela baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais, e está correlacionada ao aumento da incidência de algumas doenças crônicas (Perez e Germani, 2007).

A suplementação com fibras tem sido usada para aumentar seu conteúdo numa gama de produtos, tais como queijos, carnes, molhos e produtos à base de cereais. Nesse contexto, um produto com grande potencial é o biscoito pois está presente em 98% dos domicílios, e embora não constituam um alimento básico como o pão, são aceitos e consumidos por pessoas de qualquer idade, sobretudo entre as crianças (SIMABESP, 2008). Segundo El-Dash e Germani (1994), os consumidores passam a aceitar novos produtos desde que os mesmos possam fazer parte de seus hábitos alimentares, sejam gostosos, de boa qualidade e, ainda, que seu preço esteja em condições de competir com o do produto convencional.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de biscoitos, com 1,2 milhão de toneladas, sendo superado apenas pelos Estados Unidos (1,5 milhão de toneladas). Um dos principais fatores que impulsionam esta produção é a sua longa vida de prateleira que permite que sejam amplamente produzidos e distribuídos, e desta forma, apresentam-se como um bom veículo para o estudo de diferentes formulações, seja por razões econômicas ou nutricionais (Gutkoski et al., 2007).

Diversos estudos vêm sendo realizados e demonstram a viabilidade da substituição de parte da farinha de trigo de biscoitos por outras fontes de fibras ou proteínas, visando incrementar o valor nutricional, e neste contexto, o farelo de arroz - pela sua qualidade nutricional e grande disponibilidade - também pode ser um ingrediente com bastante potencial. Entre estes estudos destaca-se o uso da adição

de fécula de mandioca, polvilho azedo e albedo de laranja, farinha de aveia e farinha de arroz parboilizado, farinha de sementes de jaca e abóbora, microalga *Spirulina platensis*, farinha de amaranto, farinha de bocaiuva, farinha de jatobá-da-mata entre outras fontes (Feddern et al., 2011).

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para as análises físicas, análise sensorial, análises físico-químicas, avaliação microbiológica e composição centesimal o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco formulações: biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%. As porcentagens se referem à quantidade de farinha de arroz, estabelecida na receita controle, substituída pelo farelo de arroz nas diferentes formulações. Para as análises de atividade antioxidante, identificação e quantificação de compostos bioativos, o delineamento também foi inteiramente casualizado (DIC), porém com parcelas subdivididas e três repetições, sendo as parcelas representadas pelas cinco formulações (biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%) e as subparcelas pelos dias de avaliação. As avaliações foram realizadas a cada 15 dias, em um período de 30 dias de armazenamento.

4.2 PRODUÇÃO DOS BISCOITOS

A produção dos biscoitos ocorreu no laboratório de nutrição e dietética (LND) do Instituto de Biociências (IB) da Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), campus de Botucatu.

Inicialmente, foi feito um levantamento das formulações de biscoitos disponíveis no mercado, através de pesquisas na internet e pesquisas em redes de supermercados de Botucatu e região centro-oeste paulista. Nesta pesquisa pôde-se notar que, a maior parte dos produtos tinham formulações pouco equilibradas e nutritivas, e que portanto, não poderiam ser usadas como referências para este estudo. Em geral, as formulações eram a base de farinhas refinadas, açúcar refinado em grande quantidade, gordura vegetal hidrogenada, poucas fibras e excessiva quantidade de aditivos químicos.

Diante disso, foi feito um novo levantamento de receitas caseiras disponíveis na internet, que fossem adequadas para servir como referência para o desenvolvimento dos biscoitos com farelo de arroz. Essa adequação se refere a presença de ingredientes nutritivos e também no equilíbrio entre as proporções dos mesmos. As palavras chaves utilizadas para a pesquisa foram "receitas" e "biscoitos

saudáveis", e as formulações selecionadas, foram adaptadas aos requisitos deste estudo e testadas posteriormente no LND.

A melhor receita testada, tanto em aspectos nutricionais (tipos de ingredientes e equilíbrio entre eles) quanto em aspectos sensoriais (aroma, sabor e textura), foi definida como receita controle e formulação 1 da pesquisa. Esta receita foi padronizada com ingredientes dentre os quais podemos destacar a farinha de arroz, o cacau em pó, a clara de ovo e o açúcar mascavo (Figura 7).

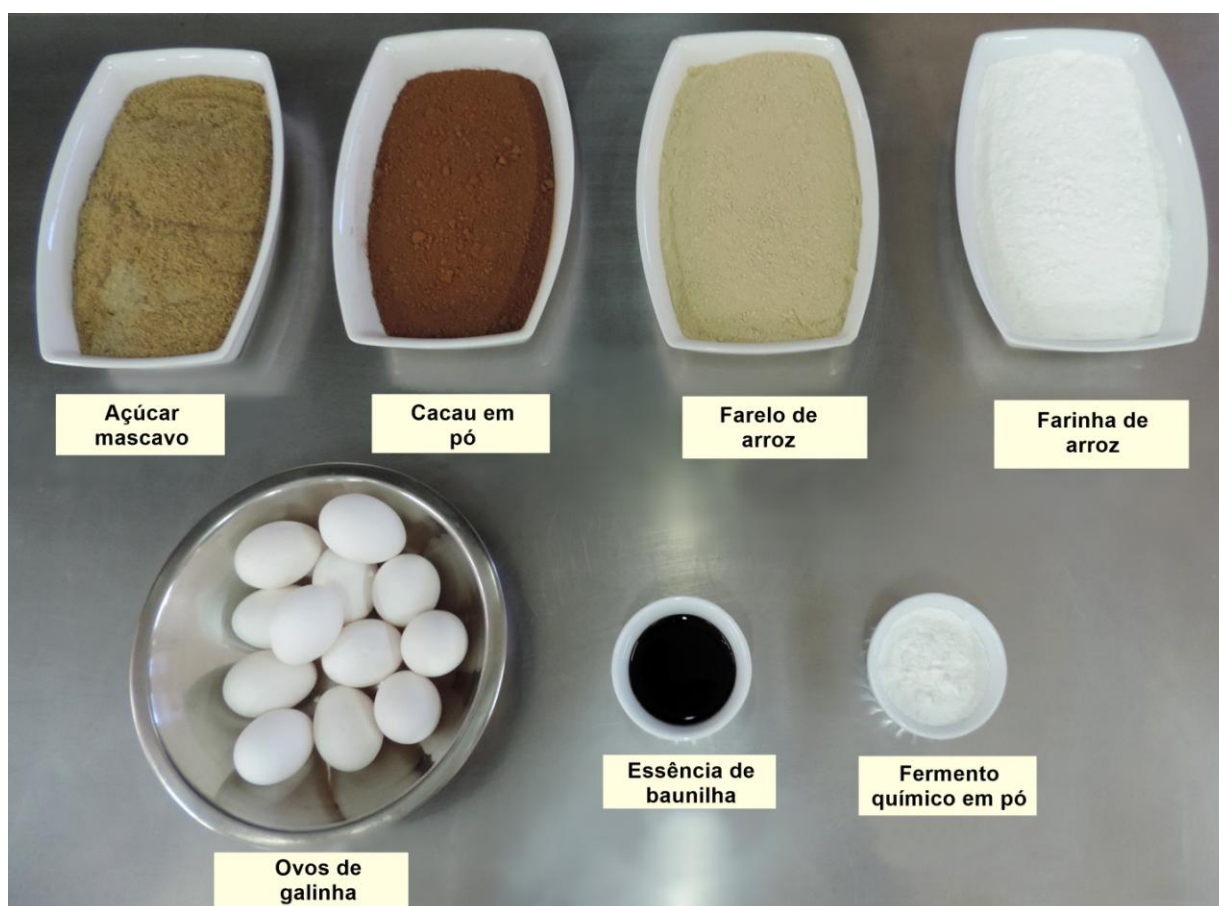


Figura 7. Ingredientes utilizados na produção dos biscoitos.

A escolha dos ingredientes justificou-se pelo objetivo do estudo: utilizar matérias-primas saudáveis e pouco encontradas nas formulações tradicionais da indústria, e dessa forma, oferecer um produto mais nutritivo para a população.

A escolha da farinha de arroz justificou-se pelo fato de ser produzida a partir do grão de arroz polido, ou seja, ser isenta de farelo de arroz e consequentemente de seus compostos bioativos. Sendo assim, trata-se de um excelente ingrediente para formulações controle a serem comparadas com formulações à base de farelo

de arroz. Além disso, a demanda por produtos isentos de glúten, necessários à indivíduos com doença celíaca, é crescente.

A partir desta receita controle, foram feitos novos testes para verificar a viabilidade da utilização do farelo de arroz em substituição à farinha de arroz, e assim, definir receitas que também resultassem em biscoitos adequados do ponto de vista nutricional e sensorial.

As melhores receitas foram definidas como as formulações deste estudo e tiveram as seguintes porcentagens de farelo de arroz em substituição às 200g de farinha de arroz da receita controle:

- Formulação 1: 0% de farelo de arroz e 100% de farinha de arroz;
- Formulação 2: 25% de farelo de arroz e 75% de farinha de arroz;
- Formulação 3: 50% de farelo de arroz e 50% de farinha de arroz;
- Formulação 4: 75% de farelo de arroz e 25% de farinha de arroz;
- Formulação 5: 100% de farelo de arroz e 0% de farinha de arroz.

Todas as matérias-primas foram adquiridas no comércio local de Botucatu/SP, com exceção do farelo de arroz, que foi concedido pela Empresa Grano Brasilis Ltda, situada na cidade de Santa Bárbara D'Oeste/SP, que aceitou a proposta de parceria oferecida pela equipe deste projeto. Esta empresa recebe o farelo de arroz de uma distribuidora de Pelotas/RS, e é responsável por desengordura-lo, estabiliza-lo e certifica-lo. Caso não passe por estes processos, o farelo de arroz, exceto em preparações que exijam cocção, deve ser tostado antes do consumo. Depois disso, pode ser adicionado ao final de preparações, como caldos, farofas, feijão, iogurtes com frutas, entre outros.

Foram utilizados utensílios domésticos tais como, tigelas, colheres, facas, xícaras de chá, xícaras de café e espátulas; provetas para mensuração dos ingredientes líquidos; balanças semianalíticas para pesagem dos ingredientes sólidos, geladeira e um equipamento de escala industrial, o forno combinado, para o cocção dos biscoitos (Figura 8)

Para a elaboração dos biscoitos misturou-se em tigela de inox, com auxílio de uma espátula de silicone, a farinha de arroz, o açúcar mascavo, o farelo de arroz (exceto na receita controle), o fermento químico em pó e o cacau em pó. Em seguida, foram acrescentadas as claras, a essência de baunilha e a água.

A medida que os ingredientes secos iam incorporando a água e os demais líquidos disponíveis, verificava-se a necessidade de acréscimo de mais água para atingir o ponto ideal da massa, já estudada anteriormente pelos manipuladores.



Figura 8. Utensílios e balança semianalítica utilizados na produção.

A partir do momento em que todos os ingredientes estavam misturados, finalizava-se a homogeneização com as mãos devidamente higienizadas, para garantir que a textura da massa ficasse adequada. Em seguida, a massa foi levada à geladeira por 15 minutos para adquirir mais firmeza para o momento do porcionamento. Após esse período, a massa foi aberta com o auxílio de um rolo para abertura de massas e cortada com aros de aço inoxidável de aproximadamente 32 mm de diâmetro e espessura de aproximadamente 10 mm. Os biscoitos foram assados em forno combinado (Rational®), com calor seco, a 200°C durante 10 minutos (Figura 9 e 10).

Após o forneamento, os biscoitos foram dispostos em grades de aço inox e resfriados em temperatura ambiente. Tais grades evitam o contato direto dos biscoitos com outras superfícies que possam gerar vapor e prejudicar sua textura (Figura 11).



Figura 9. Forno combinado Rational® utilizado para a cocção dos biscoitos



Figura 10. Aros de aço inox utilizados para o corte da massa.



Figura 11. Resfriamento dos biscoitos em grades de aço inox.

Logo após o resfriamento, os biscoitos foram armazenados em embalagens laminadas seladas, sob temperatura ambiente, até o momento das análises com zero, quinze e trinta dias de prateleira (Figura 12). Na data das análises os biscoitos foram macerados e armazenados em tubos Falcon sob temperatura de -80°C para serem analisados subsequentemente.

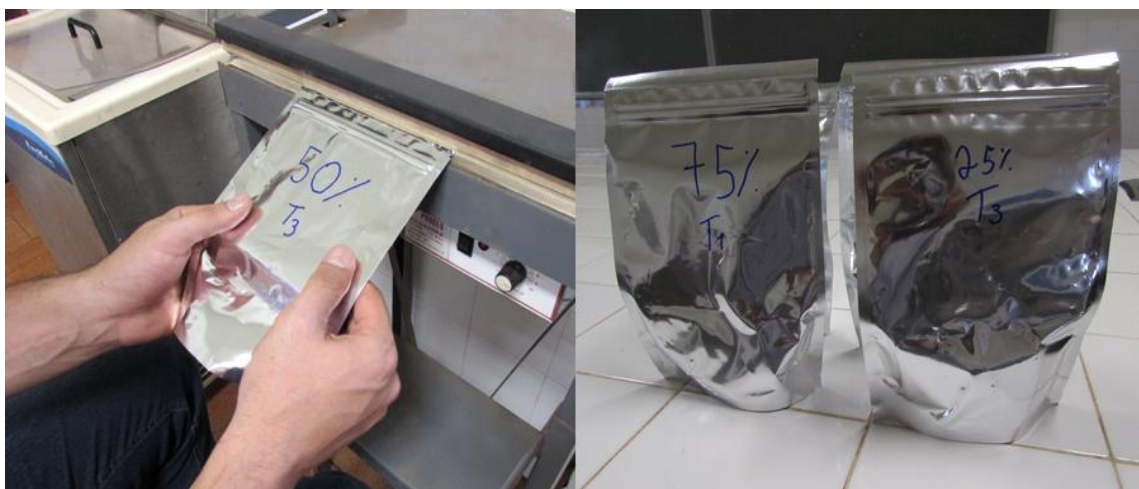


Figura 12. Selamento e embalagens prontas para o armazenamento.

4.3 ANÁLISES FÍSICAS

4.3.1 Peso, diâmetro e espessura

As análises físicas dos biscoitos foram determinadas de acordo com os procedimentos descritos no método 10-50D da AACC (1995) para determinação da massa e diâmetro dos biscoitos antes e após o forneamento, espessura e fator de expansão. Estas análises foram realizadas no LND do IB da Unesp/Botucatu no mesmo dia do forneamento, com seis biscoitos de cada formulação, escolhidos aleatoriamente e da mesma fornada. Todos os biscoitos foram moldados com o auxílio de aros de aço inoxidável de aproximadamente 32 milímetros de diâmetro e espessura de aproximadamente 10 milímetros.

O peso foi obtido em balança semianalítica e expresso em gramas; o diâmetro foi determinado com régua de escala milimetrada e expresso em milímetros; a espessura foi determinada com paquímetro (Paquímetro Digital King Tools) e também foi expressa em milímetros; o fator de expansão foi determinado pela razão entre os valores de diâmetro e espessura dos biscoitos após o forneamento.



Figura 13. Paquímetro digital aferindo a espessura do biscoito.

4.3.2 Avaliação de cor

As determinações dos parâmetros instrumentais de cor, do sistema CIELab – Commission Internationale de L'Eclairage foram realizadas utilizando-se amostras de farelo de arroz e dez biscoitos (não macerados) de cada tipo de formulação escolhidos aleatoriamente. As leituras foram feitas com colorímetro Minolta CR-300, com fonte de luz D65, 8 mm de abertura, em triplicata.

Foram obtidos os dados de L^* , a^* e b^* . A luminosidade (L^*) é uma coordenada do espaço de cores CIELab que pode variar do 0 ao 100, ou seja, do preto ao branco (do escuro ao claro). A coordenadas de cromaticidade a^* ou intensidade da cor vermelha (a^+), representa a cor vermelha, e a medida que diminui o valor, há uma tendência à coloração verde (a^-). A coordenada de cromaticidade b^* ou intensidade da cor amarela (b^+), representa a cor amarela, e a medida que diminui o valor, há uma tendência à coloração azul (b^-), em um plano cartesiano (Esteller; Lannes, 2005).

4.3.3 Textura

A determinação da força de quebra ou ruptura dos biscoitos foi realizada em texturômetro TAXT plus (Stable Micro Systems). Os biscoitos foram selecionados de forma aleatória e colocados horizontalmente em plataforma, utilizando-se lâmina de aço retangular Warner Bratzler para cortar o biscoito ao meio.

As condições do teste foram: distância de 10 mm; trigger for de 0,20 N; e velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 10,00, 5,00 e 10,00 mm/s, respectivamente. Foram realizadas 24 repetições aleatórias para cada formulação (com 24 horas de preparação), e a força empregada pelo probe constituiu-se até a quebra do biscoito. Os resultados foram expressos em Newton (N) e o valor utilizado foi o maior pico de força.

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Após 24 horas da produção dos biscoitos, amostras aleatórias de farelo de arroz e de biscoitos das cinco formulações (provenientes da mesma fornada e macerados previamente) passaram por análises físico-químicas no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP). Foram realizadas em triplicata e o resultado expresso pela média dos valores.

4.4.1 Sólidos Solúveis (SS)

Para a análise de sólidos solúveis foi usado refratômetro eletrônico (Pocket PAL-1) e os resultados foram expressos em °Brix de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (1985).

4.4.2 pH

O pH foi determinado por leituras diretas de extratos das amostras homogeneizadas de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (1985), utilizando um medidor de pH (modelo HI 4221, Hanna Instrumentos Brasil). As análises foram realizadas em triplicata e os valores expressos em médias.

4.4.3 Acidez Titulavel (AT)

O conteúdo de acidez titulavel foi determinado de acordo com metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), que baseia-se na titulação com solução padronizada de NaOH à 0,1N, tendo como indicador uma solução de fenolftaleína. Os resultados foram expressos em miliequivalente de NaOH por 100g de massa fresca ($\text{mEq NaOH } 100\text{g}^{-1}$). A análise foi realizada em triplicata e os valores expressos em médias.

4.4.4 Atividade de água (Aw)

A atividade de água foi determinada, em triplicata, diretamente em medidor eletrônico da marca Decagon, modelo Aqualab lite, à temperatura constante ($25,0 \pm 0,30$ °C).

4.5 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A composição centesimal dos biscoitos de todas as formulações, e também do farelo de arroz, foi determinada no Laboratório de Frutas e Hortaliças do

Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP).

A umidade foi determinada em estufa a 105°C, até peso constante, conforme método nº 925.10 da AOAC International (2005). A proteína bruta, o extrato etéreo e as cinzas foram quantificados de acordo com a metodologia indicada pela AOAC International (2005). As fibras alimentares (solúveis e insolúveis) foram determinadas segundo Asp et al. (1983). Os carboidratos foram determinados pelo cálculo da diferença entre 100 gramas do alimento e a soma total dos valores encontrados para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibra dietética). O valor energético foi calculado utilizando-se os seguintes fatores de conversão de Atwater: carboidratos 4 kcal.g⁻¹, proteínas 4 kcal.g⁻¹ e lipídios 9 kcal.g⁻¹ (Mendez et al., 1995).

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em médias das porcentagens (%) de base seca.

Também foram realizadas análises do teor de minerais (cálcio, sódio, magnésio, potássio, fósforo, ferro, cobre e manganês), dos biscoitos de todas as formulações e do farelo de arroz, no Departamento de Química e Bioquímica do IB/Unesp/Botucatu, conforme metodologia nº 9.1.01 e nº 9.1.06 da AOAC (2005). Estas análises foram realizadas em triplicata os resultados foram expressos em médias (incluindo o desvio padrão para o farelo de arroz).

4.6 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Para a determinação do *Shelf life*, ou vida útil dos biscoitos, foram realizadas análises microbiológicas, seguindo as recomendações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária RDC nº 12 de 01 de janeiro de 2001, no Laboratório Microbiologia de Alimentos do Departamento de Microbiologia e Imunologia do IB/Unesp/Botucatu.

O prazo de validade foi testado em armazenamento sob temperatura ambiente em embalagens laminadas e seladas. Estas condições foram estipuladas com base nos produtos similares disponibilizados no mercado pela indústria alimentícia.

O período de avaliação estipulado foi de 30 dias, e justificou-se pelo fato dos biscoitos serem caseiros e por isso, não possuírem aditivos alimentares, tais como

conservantes e antieméticos, utilizados industrialmente para prolongar o *shelf life*.

As análises realizadas foram determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais (CTo) e termotolerantes (CTe), enumeração de estafilococos coagulase positiva e detecção da presença de *Salmonella*, que atendem aos padrões microbiológicos recomendados pela legislação brasileira (BRASIL, 2001). Além disso, também foi feita a análise de contagem de bolores e leveduras, pois são micro-organismos que comumente se desenvolvem em produtos feitos à base de cereais.

4.6.1 Preparo das amostras e suas diluições

Para a análise, 25 gramas da amostra foram pesados e homogeneizados em 225 ml de água tamponada esterilizada, em sacos plásticos apropriados, que foram levados ao Stomacher Lab Blender 400 por trinta segundos. A partir desta diluição inicial de 10^{-1} , preparou-se uma série de diluições decimais, utilizando-se salina.

4.6.2. Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais (CTo) e termotolerantes (CTe) (Kornacki & Johnson, 2001)

Cada diluição da amostra foi inoculada em volumes de 1 mL, em cada série de três tubos por diluição, contendo 10 mL de caldo lauril sulfato com um tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 35°C por 24-48 horas. Os inóculos positivos se revelaram pela observação da produção de gás no tubo de Durham. A seguir, três alças de cada tubo positivo foram repicadas em tubos de ensaio com 10 mL de caldo lactosado bile verde brilhante (CLBVB) para confirmação de CTo e em 5 mL de caldo EC para a confirmação de CTe. Todos os tubos continham tubos de Durham invertidos. O caldo CLBVB foi incubado a 35°C/48 h e o caldo EC, 45°C/24 h. Após o período de incubação, a leitura foi realizada pela observação da presença de gás no tubo de Durham invertido. A seguir, utilizando-se a tabela do NMP, foram calculados os NMP de CTo e CTe por grama de amostra analisada.

4.6.3. Enumeração de estafilococos coagulase positiva (Lancette & Bennett, 2001)

Para a enumeração dos estafilococos, foi utilizado o método da semeadura em superfície, onde 0,1 mL das diversas diluições da amostra foram depositados em placas de Petri com ágar Baird-Parker suplementado com telurito de potássio e solução de gema de ovo e o inóculo foi espalhado com o auxílio de um bastão de vidro em L. Após a incubação a 35°C por 48 horas, foi realizada a contagem da placa que apresentou entre 25 e 250 UFC (Unidades Formadoras de Colônias). As colônias suspeitas de estafilococos coagulase positiva apresentam cor negra, com ou sem halo e um máximo de cinco colônias foram isoladas e repicadas para tubos com TSA inclinado, que foram incubados por 24 horas a 35°C. Foi realizado o teste da produção de catalase e coloração pelo método de Gram. Após estes testes iniciais, foi realizado o teste da coagulase em tubo e termonuclease.

Para identificação de *S. aureus*, as cepas positivas nas duas provas anteriores foram submetidas ao kit "Staphytest Test Dry Spot", onde partículas azuis de látex são recobertas com fibrinogênio humano e imunoglobulinas tipo G contra a proteína A de *S. aureus*, o Fator Clumping e a cápsula de *S. aureus* meticilina-resistente.

4.6.4. Detecção da presença de *Salmonella* (Andrews et al, 2001)

Para a detecção da presença de *Salmonella*, 25 gramas da amostra do alimento foram homogeneizados em 225 mL de água peptonada tamponada, em um saco plástico no "Stomacher" durante dois minutos. Após esse período, o homogeneizado foi transferido a um Erlenmeyer e incubado a 35°C por 24 horas. A seguir, 1 mL foi semeado em um tubo de ensaio contendo 10 mL de caldo tetrationato ao qual foi adicionado um volume de 0,2 mL de iodeto de potássio imediatamente antes do uso. O tubo foi incubado a 35°C por 24 horas. Outra alíquota de 0,1 mL foi transferida para um tubo com 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis e incubado a 42°C por 24 horas. Após este período, uma alçada de cada tubo foi semeada em placas de Petri contendo ágar xilose-lisina-desoxicolato (XLD) e placas contendo ágar *Salmonella-Shigella*. Após incubação de 24 horas a 35°C, as colônias características de *Salmonella* foram isoladas e repicadas para tubos de

ensaio contendo ágar tripticase soja inclinado (TSA), sendo consideradas as cepas estoque. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 horas.

A partir desse crescimento foram feitos repiques em tubos de ensaio contendo ágar tríplice açúcar ferro inclinado (TSI) e em tubos com ágar fenilalanina inclinado. Os tubos foram incubados a 35°C por 18-24 horas. Após os resultados esperados nestes 2 testes, a cepa foi submetida ao sistema API-20E (Biomérieux), que apresenta 20 provas bioquímicas para enterobactérias. Após leitura positiva no API, as cepas foram testadas frente ao soro polivalente somático e depois da positividade deste, ao soro flagelar.

4.6.5. Contagem de Bolores e Leveduras (Beuchat & Cousin, 2001)

Foi utilizada a técnica da semeadura em superfície. Assim, um inóculo de 0,1 mL das diversas diluições foi depositado na superfície do ágar batata dextrose (Difco), acidificado com ácido tartárico (pH 3,5). Após período de incubação a temperatura ambiente por 5 dias, foi realizada a contagem na placa entre 15 e 150 UFC. Como no item 4.6.3, o resultado era corrigido e expresso em UFC/g.

4.7 ANÁLISES DE ANTIOXIDANTES

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica Vegetal do Departamento de Química e Bioquímica do IB/Unesp/Botucatu nas seguintes ocasiões:

- No início do estudo, para caracterização do farelo de arroz;
- Com os biscoitos após zero, quinze e trinta dias de armazenamento (sob temperatura ambiente em embalagens laminadas seladas) para avaliação do *shelf life* segundo um novo parâmetro: deterioração de compostos bioativos.

Os biscoitos das cinco formulações, da mesma fornada e mesmo lote de armazenamento, foram macerados formando uma amostra homogênea. Desta amostra, foram analisadas amostras menores, aleatórias e de cada formulação. As amostras de farelo de arroz não precisaram de maceração ou outro tipo de preparo pois trata-se de um produto seco e minimamente homogeneizado.

As análises foram realizadas em triplicata e o resultado expresso pela média dos valores.

4.7.1 Flavonoides

A extração para análise dos teores dos flavonoides totais foi feita de acordo com o método de Awad et al. (2000), segundo as adaptações realizadas por Popova et al. (2004). Protegidas da luz, para evitar a degradação dos compostos de interesse, foram pesadas 0,1 g de amostras de material fresco previamente macerado (cacau em pó, farelo de arroz in natura, biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%).

À essas amostras adicionou-se 4 mL de metanol acidificado. Em seguida, as mesmas foram homogeneizadas e levadas para o banho ultrassônico por 30 minutos. Após esse tempo, adicionou-se 1 mL de cloreto de alumínio 5% à elas, que em seguida, foram centrifugadas por 20 minutos a 10.000 rpm com a temperatura de 5°C. Em seguida, as amostras foram filtradas e a leitura de absorvância realizada a 425 nm. Os resultados foram expressos em μg flavonoides g^{-1} massa fresca, em equivalente de ácido gálico.

4.7.2 Fenóis totais

O conteúdo de fenóis totais foi analisado utilizando como reagente o reativo de Folin Ciocalteu (Singleton; Rossi Jr., 1965). A extração foi feita da seguinte forma: protegidas da luz, para evitar a degradação dos compostos de interesse, foram pesadas 0,1 g de amostra de material fresco previamente macerado (cacau em pó, farelo de arroz in natura, biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%). À essas amostras adicionou-se 5 mL de metanol 50%. Em seguida, as mesmas foram homogeneizadas e levadas para o banho ultrassônico por 20 minutos. Após esse tempo, foram centrifugadas por 10 minutos a 5.000 rpm com a temperatura de 25°C. Em seguida, guardou-se o sobrenadante em tubos âmbar, que foram acondicionados em geladeira. Ao centrifugado, adicionou-se 5 mL de metanol 50%. Depois, as amostras foram homogeneizadas, levadas ao banho ultrassônico por 20 minutos e centrifugadas por 10 minutos a 5.000 rpm com a temperatura de 4°C. Em seguida, o sobrenadante foi retirado e misturado ao sobrenadante anterior nos tubos âmbar. O próximo passo foi realizar a reação em tubos de ensaio, seguindo estes passos:

- 1) Adicionar 0,5 mL de sobrenadante
- 2) Adicionar 0,5 mL de água destilada
- 3) Adicionar 0,5 mL do reagente Folin diluído
- 4) Adicionar 2,5 mL de carbonato de Sódio 20%
- 5) Agitar os tubos de ensaio e acondicioná-los por aproximadamente 60 minutos no escuro.

Após esse período, foi feita a leitura de absorbância a 725 nm.

Os resultados foram expressos em μg de equivalente de ácido gálico por 100 g^{-1} massa fresca.



Figura 14. Etapas do processo de extração para análise de fenóis totais.

4.8 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

4.8.1 Método de sequestro de radicais DPPH • (2,2 difenil-1-picril-hidrazil).

A atividade antioxidante foi determinada frente ao radical livre (DPPH) conforme o método proposto por Brand-Williams et al. (1995) com algumas adaptações. As análises foram realizadas em triplicata e o resultado expresso pela média dos valores. A solução de DPPH foi preparada a $2 \times 10^{-4} \text{ g.mL}^{-1}$ (0,002 g de DPPH em 10 ml de metanol a 80%). A extração foi realizada da seguinte forma: protegidas da luz, foram pesadas 0,1 g de amostra de material fresco previamente macerado (cacau em pó, farelo de arroz in natura, biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%). À essas amostras adicionou-se 10 ml de metanol 80%. Em seguida, foram homogeneizadas e levadas para o banho ultrassônico por 15 minutos. Após esse tempo, foram centrifugadas por 10 minutos a 2.000 rpm com a temperatura de 5°C. O próximo passo foi realizar a reação em tubos de ensaio, seguindo estes passos:

- 1) Adicionar 500 μL de sobrenadante
- 2) Adicionar 3 ml de etanol P.A.
- 3) Adicionar 300 μL de DPPH $2 \cdot 10^{-4} \text{ g.mL}^{-1}$
- 4) Homogeneizar e acondicionar por 60 minutos no escuro.

Após esse período, foi feita a leitura de absorbância a 517 nm e os resultados expressos em % DPPH reduzido de acordo com a seguinte fórmula:

$$\% \text{ DPPH reduzido} = \frac{\text{Abs Branco} - \text{Abs Amostra}}{\text{Abs Branco}} \times 100$$



Figura 15. Extratos após 60 minutos no escuro, prontos para a leitura.

4.8.2 Ensaio FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma)

Esta atividade antioxidante foi realizada de acordo com o método descrito por Benzie e Strain (1999), foram realizadas em triplicata e o resultado expresso pela média dos valores. A preparação do extrato foi realizada da seguinte forma: protegidas da luz, foram pesadas 0,1 g de amostra de material fresco previamente macerado (cacau em pó, farelo de arroz in natura, biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75% e biscoito 100%). À essas amostras adicionou-se 3 ml de metanol. Em seguida foram homogeneizadas e levadas para o banho ultrassônico por 10 minutos. Após esse tempo, foram centrifugadas por 10 minutos a 6.000 rpm com a temperatura de 10°C. O próximo passo foi realizar a reação em tubos de ensaio, seguindo estes passos:

- 1) Adicionar 900 µL de reagente (FRAP)
- 2) Adicionar 30 µl de amostra (sobrenadante após a centrifugação)
- 3) Adicionar 90 µL de água destilada
- 4) Homogeneizar e acondicionar por 60 minutos no escuro.

Após esse período, foi feita a leitura de absorbância a 594 nm e os resultados expressos em mmol Fe kg⁻¹.

4.9 QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS POR CROMATOGRAFIA DE ALTA EFICIÊNCIA (CLAE)

4.9.1. Extração dos compostos bioativos

Foram pesadas 0,5 g de amostra de material fresco previamente macerado (farelo de arroz, biscoito controle, biscoito 25%, biscoito 50%, biscoito 75 e biscoito 100%). À essas amostras adicionou-se 2,5 mL de tetra-hidrofurano (THF). Em seguida, foram homogeneizadas e levadas para o banho ultrassônico com gelo por 60 minutos. Durante esse período, as amostras foram homogeneizadas a cada 20 minutos. Após os 60 minutos, foram centrifugadas por 10 minutos a 3.500 rpm com a temperatura de 4°C. Em seguida, retirou-se o sobrenadante que foi armazenado em tubos âmbar e acondicionados em geladeira.

O próximo passo foi realizar o seguinte processo, três vezes:

- 1) Adicionar 2,5 mL de metanol de grau HPLC ao centrifugado.
- 2) Homogeneizar.
- 3) Centrifugar por 10 minutos a 3.500 rpm com a temperatura de 4°C.
- 4) Retirar o sobrenadante e juntar ao sobrenadante já armazenado.
- 5) O extrato total de cada amostra foi seco e ressuspenso em 1ml de etanol.

4.9.2. Identificação e quantificação por CLAE

O método usado para fazer a identificação dos compostos bioativos foi a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), em fase reversa, com detetor de matriz de fotodíodos (PDA), realizada em triplicata, cujo resultado foi expresso pela média dos valores.

Os reagentes utilizados foram metanol de grau HPLC (MeOH), tetra-hidrofurano (THF), éter terc-butil éter (MTBE), acetato de amônia e acetonitrilo. Os reagentes e padrões da luteína foram adquiridos na Sigma Co. (St. Louis, MO, EUA) e o padrão do Gammaorizanol foi obtido na empresa Wako (Osaka, Japão)

A partir dos extratos obtidos, um volume de 20 µL foi injetado em HPLC (Waters Co.) utilizando um sistema de fase reversa com os seguintes componentes: Waters Alliance 2695 (Waters Co., Milford, MA, EUA), coluna de guarda C18 (3 l, 33 · 4,6 mm; Perkin-Elmer, Norwalk, CT, EUA), coluna C30 de carotenóides (3 l, 150 · 3,0 milímetros; YMC, Wilmington, NC, EUA) e Waters 2996 detector de arranjo de diodos. A fase móvel do solvente A foi o MeOH / MTBE / água (85: 12: 3, v / v / v, com 1,5% de acetato de amônio na água), e a fase móvel do solvente B foi de MeOH / MTBE / água (8 : 90: 2, v / v / v, com 1% de acetato de amônio na água).

O gradiente foi configurado para 0,4 ml / min e iniciou com 100% de solvente A, seguido para 45% de solvente A após 21 minutos, mantendo este gradiente de 45% de A durante 1 minuto. Em seguida, houve um gradiente linear de 11 min a 5% de solvente A, 4 min "hold" em 5% de solvente A, finalizando com um gradiente linear de 2 min novamente com 100% de solvente A. O sistema é mantido no solvente 100% A durante 8 minutos para que o sistema equilibre e volte às condições iniciais. Os carotenóides e o γ-orizanol foram quantificados em 450 e 330 nm, respectivamente, determinando áreas de pico sob a curva no CLAE calibrados com quantidades conhecidas de padrões. A identificação de cada pico

desconhecido foi confirmada pelo tempo de retenção e espectros característicos dos padrões. A inter coeficiente de variação (CV) foi de 4% (n = 25) e o CV intra-ensaios foi de 4% (n = 9). Os resultados foram expressos em miligramas de γ -orizanol e carotenoides (luteína) por 100 gramas de amostra. As análises foram realizadas em triplicatae o resultado expresso pela média dos valores.

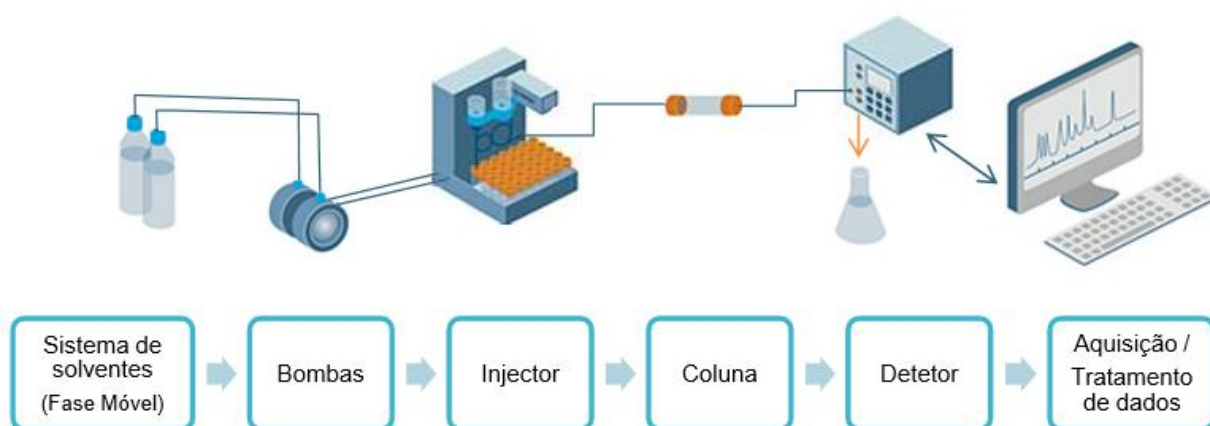


Figura 16. Esquema do processo de identificação e quantificação por CLAE.



Figura 17. Equipamento de CLAE utilizado no estudo.

4.10 ANÁLISE SENSORIAL DOS BISCOITOS

Os biscoitos das cinco formulações foram submetidos à análise sensorial através de testes de aceitação (por meio de degustação) e teste de intenção de compra, utilizando-se a escala hedônica de nove e três pontos estruturada, com blocos completos, conforme a metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). Trata-se de um teste afetivo onde o indivíduo expressa o grau de gostar ou de desgostar de um determinado produto, de forma globalizada ou em relação a um atributo específico.

Para o teste de aceitação foram utilizadas as escalas de 1 à 9, com termos definidos situados entre “desgostei extremamente” (nota 1) e “gostei extremamente” (nota 9), contendo um ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei” (nota 5), tendo em vista que é importante que as escalas possuam número balanceado de categorias para gosto e desgosto. Os atributos avaliados em todos os biscoitos foram aspecto global (aparência), textura, cor, aroma e sabor e, antes das degustações, também houve o preenchimento de um questionário para identificação do perfil dos participantes. Para o teste de intenção de compra utilizou-se escala estruturada de 3 pontos, com os termos “não” (nota 1), “talvez” (nota 2) e “sim” (nota 3). A ficha utilizada está apresentada na figura 19.

O teste foi realizado no Laboratório de Nutrição e Dietética da Unesp de Botucatu devido a disponibilidade da estrutura necessária, com a participação de 74 provadores não treinados, selecionados ao acaso, que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. A presença de alergias ou intolerâncias alimentares, resfriados e outras alterações de saúde com comprometimento de paladar, foram adotados como critérios de exclusão para os participantes.

A avaliação consistiu em apresentar as amostras preparadas no mesmo dia aos provadores, informando-lhes previamente os procedimentos e, depois, solicitando que degustassem os biscoitos e assinalassem, na ficha individual, a resposta que melhor refletisse o seu julgamento. Cada avaliador recebeu cinco amostras (correspondente às cinco formulações), pesando aproximadamente 14g cada, distribuídas aleatoriamente, em pratos brancos e codificadas. Também foi fornecido um copo de água para limpeza das papilas gustativas entre uma amostra e outra (Figura 18).

Após a avaliação sensorial, as notas dos provadores foram transformadas em valores numéricos para que pudessem ser analisados os resultados. Estes dados passaram pela análise de variância e teste de média (teste de Tukey), com um nível de significância de 0,05% por meio do programa computacional SISVAR (Ferreira, 2000). Com os resultados obtidos foi possível avaliar o grau de aceitação do produto, a fim de verificar a viabilidade de comercialização. Este trabalho teve seu projeto submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Medicina da Unesp de Botucatu e somente foi executado mediante sua aprovação - CAAE nº 62265516.7.0000.5411.



Figura 18. Itens recebidos pelos provadores para a análise sensorial.

Nome:						
Muito obrigada por participar da nossa pesquisa. Você receberá CINCO amostras de biscoitos para avaliar. Por favor, leia este questionário antes de iniciar o teste, depois prove os produtos e responda as questões a seguir:						
Ficha de identificação do consumidor						
Sexo: () Masculino () Feminino						
Faixa etária: () < 20 anos () 20 – 30 anos () 30 – 40 anos () 40 – 50 anos () > 50 anos						
Grau de escolaridade: () Ensino fundamental () Ensino médio () Superior () Pós-graduação						
Com que frequência você consome biscoitos doces?						
() Diariamente () Semanalmente () Mensalmente () Raramente () Nunca						
Estes biscoitos geralmente são integrais?						
() Sim () Não						
Indique onde você consome estes biscoitos:						
() Em casa () Em viagens () Em lanchonete/restaurante () No trabalho/Universidade						
() Outros__						
Teste de preferência – Escala hedônica						
Por favor, deguste e avalie os produtos atribuindo valores de 1 à 9 para cada amostra de acordo com as escalas a seguir:						
(1) Desgostei extremamente (2) Desgostei muito (3) Desgostei (4) Desgostei pouco (5) Não gostei nem desgostei (6) Gostei pouco (7) Gostei (8) Gostei muito (9) Gostei extremamente						
ASPECTO GLOBAL		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
TEXTURA		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
COR		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
AROMA		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
SABOR		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
Teste de intenção de compra	(1) Não (2) Talvez (3) Sim	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5

Figura 19. Ficha de identificação do consumidor e teste de preferência.

4.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das análises físicas, análises físico-químicas, análise sensorial e composição centesimal foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade através do programa computacional SISVAR (Ferreira, 2011). Uma análise de correlação foi feita entre os teores de cor, atividade de água, pH, sólidos solúveis e acidez, realizada no programa ASSISTAT (Silva, 2002).

Os dados das análises de atividade antioxidante, identificação e quantificação de compostos bioativos também foram submetidos à análise de variância (teste F) e análise de regressão polinomial para expressar o comportamento das variáveis em função dos dias de avaliação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES FÍSICAS

5.1.1 Peso, diâmetro, espessura e fator de expansão

O tamanho dos biscoitos é um dos parâmetros que definem a qualidade deste tipo de produto, pois o uso da embalagem, pesos pré-definidos para vendas e rotulagem estão intimamente relacionados a este parâmetro. Por isso, o controle do peso, diâmetro, espessura e fator de expansão dos biscoitos são tão importantes e essenciais (Cauvain & Young, 2009). Dessa maneira, a tabela 1 demonstra os resultados da avaliação física dos biscoitos elaborados neste estudo, mostrando as médias de peso, diâmetro, espessura, antes e após a cocção e o fator de expansão.

Tabela 1. Avaliação física dos biscoitos

Formulação	Peso AC	Peso DC	Diâmetro AC	Diâmetro DC	Espessura AC	Espessura DC	Fator de Expansão
Controle	11 ^a	7,96 ^a	32,09 ^a	31,03 ^a	10,66 ^a	15,13 ^a	0,49 ^a
25%	11 ^a	7,00 ^a	32,15 ^a	31,60 ^a	10,73 ^a	12,19 ^b	0,39 ^b
50%	11 ^a	7,66 ^a	32,26 ^a	31,32 ^a	10,63 ^a	12,04 ^b	0,38 ^b
75%	11 ^a	7,66 ^a	32,09 ^a	31,45 ^a	10,56 ^a	11,96 ^b	0,38 ^b
100%	11 ^a	7,66 ^a	32,00 ^a	31,60 ^a	10,56 ^a	11,34 ^b	0,37 ^b
CV(%)	0,00	3,68	0,97	2,76	3,11	6,13	6,92
DMS	0,00	0,98	0,84	1,46	0,88	2,06	0,07

AC = antes da cocção; DC = depois da cocção; peso em gramas; diâmetro e espessura em milímetros. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os pesos dos biscoitos antes da cocção não diferiram estatisticamente entre si, o que demonstrou um elevado grau de homogeneidade nos biscoitos produzidos, indicando que quaisquer diferenças que pudessem ser obtidas nesta variável após a cocção seria devida a interferências causadas pela presença do farelo de arroz na massa. No entanto, apesar da diminuição, também não houve diferença significativa

entre os pesos das diferentes formulações após a cocção, demonstrando que o farelo não causa interferências na massa, e que mesmo tendo diferentes teores de fibra – que influenciam na capacidade de retenção de água – o comportamento das diferentes formulações foi semelhante durante a cocção.

Fasolin et al. (2007), elaboraram biscoitos com farinha de banana, e também observaram diminuição de peso em todas as formulações. No entanto, estes autores encontraram diferenças nesta variável entre as formulações e atribuíram a uma menor capacidade de retenção de água pelos componentes da massa do biscoito após a adição de maiores quantidades de farinha de banana verde, e também aos teores significativamente menores de açúcares redutores e açúcares não redutores que apresentam elevada higroscopicidade.

Ainda em relação à higroscopicidade, segundo Vieira e Carvalho (1999), um dos motivos que tornam o farelo de arroz benéfico para a utilização em produtos na indústria alimentícia é a sua quantidade de fibras, que por possuírem alta capacidade de absorção de água e óleo, favorecem a emulsificação e estabilização de alguns produtos. No entanto, esta propriedade também pode acarretar problemas, caso favoreça o aumento do peso em produtos em que tenha-se a intenção de substituir farinhas refinadas por farelos, sem que haja alteração do peso do produto final, e a partir dos dados deste estudo, pode-se afirmar que o emprego do farelo de arroz nestas substituições de farinhas refinadas pode ser de grande valia pois não altera significativamente parâmetros físicos como o peso, favorecendo a padronização dos produtos.

Os biscoitos não apresentaram diferença significativa em relação a variável diâmetro, tanto antes quanto após a cocção. A homogeneidade apresentada antes da cocção deve-se ao fato de todos os biscoitos terem sido moldados com aros de aço inox com diâmetros semelhantes, e após, pelo fato do farelo de arroz não ter causado interferências na massa.

No entanto, ao contrário do que ocorre com a maioria dos estudos com adições de farinhas ricas em fibras, houve diminuição do diâmetro em todos os biscoitos após a cocção. Essa diminuição pode ser atribuída à perda de umidade de seus constituintes e também à utilização de farinha de arroz e farelo de arroz, dois produtos isentos de glúten (Zoulias; Oreopoulou; Kounalaki, 2002). O glúten é um complexo proteico que, além de conferir elasticidade e viscosidade às massas,

retêm gases produzidos durante a fermentação de massas, através de uma rede tridimensional formada por pontes dissulfeto, permitindo maiores volumes (diâmetro e expansão) dos produtos.

Fasolin et al. (2007) obtiveram diâmetros de biscoitos maiores após a cocção, onde os biscoitos com maior teor de farinha de banana apresentaram maior diferença de diâmetro pré e pós-cocção, indicando que a adição de grandes quantidades de farinha de banana também pode ter interferido na formação da rede de glúten do biscoito, mas neste caso, fez com que a massa sofresse maior espalhamento durante a cocção e aumentasse o diâmetro do biscoito.

Em relação à espessura e o fator de expansão, que se caracteriza pela razão entre o diâmetro e espessura (após a cocção), houve diferença significativa apenas em relação ao biscoito controle. Entre as demais formulações não houve diferença significativa, demonstrando que a adição do farelo de arroz, interfere pouco nesses parâmetros e até certo ponto, pois não há diferença significativa na espessura e expansão da massa ao adicionar 25% ou 100% de farelo (Figura 20).



Figura 20 Espessura do biscoito controle (à esquerda) e do biscoito 100% (à direita).

Possivelmente, os biscoitos com farelo de arroz apresentaram espessura e fator de expansão menores, porque a maior quantidade de material fibroso pode ter tornado a massa mais pesada e com maior dificuldade de expansão. Mishra e Chandra (2012) também observaram tendência de diminuição na largura e fator de expansão com o aumento de farinha de soja e farelo de arroz em biscoitos.

No entanto, é importante ressaltar que a utilização de diferentes matérias-primas em biscoitos pode causar diferentes comportamentos nas dimensões do produto final. Silva et al. (2001) verificaram tendência de aumento na largura e fator de expansão com o aumento na porcentagem de farinha de jatobá (que possui importante quantidade de fibras). Por outro lado, Yadav, Yadav e Dhull (2012) não obtiveram diferença no diâmetro e espessura de biscoitos elaborados com farinha de banana-da-terra e grão de bico. Estes diferentes comportamentos observados nas dimensões de biscoitos após a cocção, entre diferentes estudos, podem ser atribuídos ao tipo de farinhas experimentais utilizadas no produto elaborado (Raymundo, Fradinho & Nunes, 2014).

5.1.2 Avaliação de cor

Avaliar as mudanças que podem ocorrer na coloração dos biscoitos com a utilização do farelo de arroz é de extrema importância, considerando que este é um dos principais parâmetros que influenciam a aceitabilidade dos produtos pelo consumidor (Khouryieh e Aramouni, 2012).

Tabela 2. Análise de cor dos biscoitos e farelo de arroz

Amostra	L*	a*	b*
Farelo	68,31 ^a	3,45 ^a	24,78 ^a
Biscoito Controle	29,33 ^b	7,51 ^b	10,38 ^c
Biscoito 25%	28,56 ^{bc}	8,81 ^b	11,46 ^{bc}
Biscoito 50%	27,06 ^{cd}	8,48 ^b	11,58 ^{bc}
Biscoito 75%	26,53 ^d	8,48 ^b	11,91 ^b
Biscoito 100%	26,23 ^d	8,41 ^b	12,16 ^b
CV(%)	2,24	6,15	4,36
DMS	1,65	1,37	1,34

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. L* ou luminosidade, a* ou intensidade da cor vermelha (+) e verde (-) e b* ou intensidade da cor amarela (+) e azul (-).

Foram obtidos os dados de L^* (luminosidade) que varia do preto ($L=0$) ao branco ($L=100$); a^* ou intensidade da cor vermelha (+a) e verde (-a); e b^* ou intensidade da cor amarela (+b) e azul (-b). Assim, a Tabela 2 mostra os parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* , b^*) do farelo de arroz e dos biscoitos elaborados.

É possível verificar que a luminosidade (L^*) dos biscoitos é influenciada pela adição do farelo de arroz, pois há diferença, dentre as quais algumas são significativas, entre a formulação controle e as demais formulações experimentais. A medida que a quantidade de farelo aumenta, a luminosidade (L^*) fica menor, ou seja, ocorre maior escurecimento da massa, conforme pode ser observado na Figura 21. Segundo Esteller e Lannes (2005), valores de luminosidade (L^*) mais altos indicam maior reflectância da luz, traduzindo-se em produtos com coloração mais clara.



Figura 21. Biscoitos elaborados com diferentes teores de farelo de arroz.

Estes dados corroboram com os achados de Airani (2007) que elaborou biscoitos com farinha de semente de jaca e detectou que a adição deste tipo de farinha provocou escurecimento das amostras. Vicentini (2005), ao avaliar biscoitos amanteigados isentos de açúcar de adição elaborados parcialmente com polpa e semente de jaca, também verificou que maiores quantidades de farinha de semente de jaca produziu biscoitos com luminosidade menor. Baik e Chinachoti (2000) também analisaram massas de bolos utilizando o sistema (L^* , a^* , b^*) e verificaram que com o aumento do tempo de forno ocorreu aumento no escurecimento da massa, ocasionando redução nos valores de L^* .

A coordenada de cromaticidade a^* também sofreu influência da adição do farelo de arroz, apresentando diferenças (embora não significativas) entre a formulação controle e as demais formulações. Os valores aumentaram a medida que a quantidade de farelo aumentou, demonstrando que a utilização deste ingrediente aumenta a tendência dos biscoitos à coloração vermelha ($+a^*$). Em relação à coordenada de cromaticidade b^* , o acréscimo do farelo de arroz também causou influência, fazendo com que os biscoitos da formulação controle apresentassem valores menores do que os biscoitos das formulações com farelo. Essas diferenças foram significativas entre a formulação controle e as formulações 75% e 100%, e demonstram que maiores teores de farelo de arroz aumentam a tendência dos biscoitos à coloração amarela. Estes achados também estão de acordo com Vicentini (2015), cujos biscoitos com maiores teores de farinha de polpa de jaca ficaram mais amarelados e avermelhados, provavelmente devido à coloração da própria farinha.

Vale ressaltar que as diferenças encontradas entre os valores do farelo de arroz e os valores das formulações podem ser explicadas pela influência que todos os ingredientes de uma receita exercem na coloração final de um produto (Perez e Germani, 2007). Ou seja, os valores obtidos nas 5 formulações são o resultado da influência, não somente do farelo, mas também do açúcar mascavo, do cacau em pó, entre outros ingredientes utilizados. Além disso, os biscoitos formulados também podem ter apresentado coloração mais intensa, devido à ocorrência de reações tais como a de caramelização do açúcar e reação de Maillard, que também exercem influência direta sobre a coloração de produtos.

Não existem parâmetros determinados pela legislação vigente quanto à coloração de biscoitos, porém, sabe-se que essa é uma das primeiras variáveis observadas pelo consumidor, afetando a aceitabilidade do produto (ZOULIAS; PIKNIS; OREOPOULOU, 2000). Maiores valores de L^* em biscoitos geralmente são menos apreciados, pois os produtos ficam com aparência de que foram mal forneados, por outro lado, biscoitos muito escuros também tendem a ser menos aceitos, pois ficam com a aparência de que foram forneados excessivamente (Morais, 2014). Ou seja, a relação coloração versus aceitação pode variar para cada tipo de produto desenvolvido. Silva e colaboradores (1998) por exemplo, avaliaram a

utilização de farinha de jatobá e revelaram que as fórmulas de coloração mais clara apresentaram melhor nível de aceitação do que as fórmulas mais escuras.

5.1.3 Textura

A textura dos biscoitos também sofreu alterações com o acréscimo do farelo de arroz. Maiores valores de farelo de arroz deixaram os biscoitos com força de quebra maior, ou seja, mais resistentes. Este fato pode ser observado com o maior valor (8,14 newtons) apresentado pelo biscoito 100%, além da diferença significativa entre o biscoito controle e as demais formulações (tabela 3). Vale ressaltar que, embora haja diferença entre as formulações que apresentam farelo de arroz na composição, esta não é significativa, demonstrando que a adição do farelo torna o biscoito mais resistente, porém não é um valor diretamente proporcional (quanto mais farelo, mais resistente).

Tabela 3. Análise de textura dos biscoitos

Formulações	Textura (Newton)
Biscoito Controle	7,01 ^b
Biscoito 25%	8,06 ^a
Biscoito 50%	8,12 ^a
Biscoito 75%	8,10 ^a
Biscoito 100%	8,14 ^a
CV (%) 2,17	
DMS 1,10	
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.	

Estes resultados não corroboram com Bick e colaboradores (2014) que desenvolveram biscoitos com diferentes concentrações de farinha de quinoa em substituição parcial à farinha de trigo e observaram que conforme aumentou-se a concentração de farinha de quinoa, houve diminuição significativa da dureza dos biscoitos, provavelmente devido ao enfraquecimento da rede de glúten. Estes

diferentes comportamentos, entre diferentes estudos, podem ser atribuídos ao tipo de fibra presente nas farinhas utilizadas no produto (Raymundo, Fradinho & Nunes, 2014).

5.2 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

Em análise de alimentos, é de suma importância a determinação de alguns parâmetros relacionados à estabilidade e conservação do produto. Desta forma, a tabela 4 apresenta as características físico-químicas dos biscoitos e do farelo de arroz.

Tabela 4. Atividade de água, pH, acidez titulável e sólidos solúveis dos biscoitos e farelo de arroz

Amostra	Atividade de água	pH	Acidez Titulável (mEq NaOH 100g ⁻¹)	Sólidos Solúveis (°Brix)
Farelo	0,430 ^f	6,10 ^e	4,25 ^a	19,50 ^b
Controle	0,528 ^e	7,66 ^a	0,56 ^e	21,03 ^a
25%	0,546 ^d	7,13 ^b	1,73 ^d	21,90 ^a
50%	0,600 ^c	7,11 ^b	2,30 ^c	22,15 ^a
75%	0,603 ^b	6,93 ^c	3,06 ^b	21,06 ^a
100%	0,609 ^a	6,85 ^d	4,26 ^a	21,43 ^a
CV(%)	0,41	0,27	4,67	2,32
DMS	0,00	0,05	0,29	1,34

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

5.2.1 pH e acidez

Os valores de pH e acidez titulável fornecem informação quanto à qualidade dos biscoitos, visto que quanto menor o valor de pH e maior o valor de acidez titulável, maior é a chance de oxidação e degradação destes produtos.

Assim, a determinação do pH é importante para situações relacionadas a deterioração de alimentos, para atividade de enzimas, retenção do sabor-odor de produtos, controle de qualidade do alimento, desenvolvimento de novos produtos e monitoração da legislação (Cecchi, 2003).

A determinação da acidez em alimentos também é muito importante em diversas aplicações: valor nutritivo (manutenção do balanceamento ácido-base no organismo), indicação de pureza e qualidade de produtos fermentados; indicação de deterioração por bactérias com produção de ácido; indicação de deterioração de óleos e gorduras pela presença de ácidos graxos livres provenientes da hidrólise dos triacilgliceróis, e ainda sob a ótica da conservação de alimentos, a acidez figura como um parâmetro de grande importância pois, sendo seletivo da presença microbiana e da ocorrência de interações químicas define o rigor dos tratamentos industriais (Vicentini, 2015).

Neste estudo os biscoitos com acréscimo de farelo de arroz apresentaram valores mais altos para a acidez titulável e valores mais baixos para o pH, quando comparados à formulação controle, e esta diferença foi significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Ao analisarmos apenas os biscoitos que contém farelo de arroz em sua composição, é possível observar que a medida que a porcentagem de farelo de arroz aumenta, menor é o valor de pH e maior é a acidez titulável. Essa diferença foi significativa entre o biscoitos 25% e 50% em relação ao pH, e entre todas as formulações em relação a acidez titulável.

Pereira e colaboradores (1999), ao elaborarem biscoitos utilizando féculas fermentadas (araruta, batata baroa, batata inglesa, mandioca e polvilho azedo), também encontraram valores inferiores para pH e superiores para acidez titulável na comparação com biscoitos controle. No entanto, segundo Cereda (1987), durante a fermentação dessas féculas, ocorre uma diminuição do valor do pH, com produção concomitante de ácidos orgânicos e compostos aromáticos, justificando tais achados. O que não ocorreu neste estudo, reafirmando que os maiores valores de Acidez Titulável e menores valores de pH podem ser atribuídos a adição de farelo de arroz, cujas características físico-químicas (pH no valor de 6 e Acidez titulável de 4,25) influenciam diretamente o produto final.

Os valores de pH dos biscoitos 25%, 50%, 75% e 100% deste estudo, apesar de terem sofrido influência do farelo de arroz, situou-se em média, entre 6,85 e 7,13,

e portanto, não podem ser considerados produtos ácidos, principalmente porque enquadram-se na faixa normal para biscoitos (entre 6,5 e 8,0), conforme a legislação brasileira. A única ressalva é que estas médias também estão na faixa de pH (2,0 e 8,5) em que os mofo e leveduras podem se multiplicar, e que associada a valores mais altos de acidez podem contribuir para maior conversão de ácidos graxos de cadeia longa em ácidos orgânicos de cadeia curta, os quais conferem sabor e odor desagradáveis aos produtos. (Amorim et al., 2012).

Desta forma, estes achados sugerem que os biscoitos das formulações que contem farelo de arroz, requerem um maior rigor nas estratégias de produção e armazenamento, visando estabilidade e segurança destes produtos.

Outro importante ponto a ser destacado é que o pH também exerce influência significativa em outros processos químicos que ocorrem nos alimentos: valores próximos a 6,0 favorecem, por exemplo, a reação de Maillard (Amorim et al., 2012). Neste processo ocorre o escurecimento dos produtos durante cocção por meio da reação de açúcares redutores, aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados do produto (Bemiller, 1984). Sendo assim, o maior escurecimento dos biscoitos com maiores porcentagens de farelo de arroz deste estudo também pode ser atribuído aos valores de pH encontrados nos mesmos (aproximadamente 6,0).

5.2.2 Sólidos Solúveis e Atividade de água

Os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos em água no produto, incluindo açúcar, proteínas, óleos essenciais, aminoácidos livres e ácidos orgânicos, onde 85% são constituídos principalmente por açúcares. Observa-se que, paralelamente ao acúmulo destes açúcares, há um aumento nos níveis de ácidos orgânicos, que leva a uma diminuição do pH dos produtos ou alimentos (Matsuura, 2005).

Neste estudo, os sólidos solúveis expressos em °Brix, foram maiores nos biscoitos 25%, 50%, 75% e 100%, do que no biscoito controle, porém esta diferença não foi significativa pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Esses valores podem ser atribuídos ao acréscimo de farelo de arroz, partindo-se do princípio de que todos os demais ingredientes não foram modificados e de que também não houve diferença significativa entre as formulações que contem farelo de arroz na composição.

Os maiores valores de SS (formulações com farelo de arroz) coincidem com os menores valores de pH e maiores valores de acidez, confirmando a correlação citada neste tópico entre açúcares e desenvolvimento de ácidos orgânicos.

Estes açúcares, também favoreceram a reação de Maillard, principalmente quando estão associados a valores de pH próximos de 6,0, exatamente o valor aproximado do pH dos biscoitos 75% e 100% que são exatamente as formulações que apresentaram menor luminosidade. Desta forma, podemos reafirmar que a medida que o farelo de arroz foi adicionado, novas colorações (escurecimento) e sabores foram desenvolvidos.

No entanto, é importante citar que há um outro fator que pode influenciar a reação de Maillard: a atividade de água. Quando os reagentes estão muito diluídos (atividade de água superior a 0,9) há diminuição da velocidade, que também pode chegar a zero quando há falta de solvente para a reação acontecer. Por isso, o ideal é que a atividade de água esteja próximo de 0,2 a 0,25 (Dias, 2011). Mas neste estudo, os dados de luminosidade sugerem que, mesmo com uma atividade de água elevada, a reação de Maillard ocorreu desenvolvendo escurecimento e novos sabores. Além da reação de Maillard, outro fator que pode provocar o escurecimento de biscoitos é a caramelização dos sólidos solúveis (açúcares).

Por isso, é muito importante que estes fatores aqui mencionados, sejam controlados neste tipo de produto, uma vez que a coloração é considerada como o primeiro fator de aceitação por parte dos consumidores. Ademais, durante estas reações produtos indesejados, como a formação de sabores e aromas desagradáveis e substâncias tóxicas, também podem ser formados (Purilis, 2010).

Ainda em relação à atividade de água, o farelo de arroz também exerceu influência sobre esta variável. Quanto maior a quantidade de farelo, maior foi a atividade de água e estas diferenças foram significativas ($p < 0,05$) entre todas as formulações. Essa variável tem sido considerada como uma propriedade fundamental no controle de qualidade de alimentos. De acordo com Chisté et al. (2006), considera-se a atividade de água de 0,60 como o limite mínimo capaz de permitir o desenvolvimento de microrganismo, explicando o fato de os alimentos desidratados, como farinhas e farelos, serem considerados microbiologicamente estáveis. Neste trabalho, as amostras em estudo apresentaram atividade de água na faixa de 0,43 (farelo de arroz) a 0,60 (biscoitos 50%, 75% e 100%) nos permitindo

afirmar que estão dentro dos critérios de controle de qualidade, bem como que o acréscimo de farelo, mesmo aumentando, não prejudicou este parâmetro.

A tabela a seguir, demonstra a correlação entre as principais variáveis físicas e físico-químicas avaliadas nos biscoitos deste estudo.

Tabela 5. Correlação entre fator de expansão (FE), sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), atividade de água (Aw) e avaliação de cor (L*, a* e b*).

	L	a	b	Aw	pH	SS	AT
a*	-0,290 ^{NS}						
b*	-0,709**	0,328 ^{NS}					
Aw	-0,857**	0,336 ^{NS}	0,718**				
pH	0,830**	-0,568*	-0,835**	-0,857**			
SS	0,400 ^{NS}	0,163 ^{NS}	-0,083 ^{NS}	-0,405 ^{NS}	0,189 ^{NS}		
AT	-0,878**	0,360 ^{NS}	0,783**	0,901**	-0,919**	-0,283 ^{NS}	
FE	0,756**	-0,597*	-0,729**	-0,667**	0,874**	0,125 ^{NS}	-0,720**

NS= não significativo; ** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo Teste t.

Analisando-se a correlação, destaca-se que:

Os teores de sólidos solúveis (SS) não apresentaram correlação significativa com nenhuma das demais variáveis. O pH apresentou correlação moderada positiva com a Luminosidade ($r = 0,830$), moderada negativa com a Aw e b* ($r = -0,835$ e $r = -0,857$) e forte correlação negativa com a*, demonstrando que os biscoitos com menores valores de pH apresentaram maiores valores de Aw, coloração avermelhada, coloração amarelada e menores valores de Luminosidade.

Em relação à acidez titulável (AT) verificou-se correlação moderada positiva com a atividade de água (Aw) e b*, e correlação moderada negativa com L* e pH.

O fator de expansão apresentou correlação moderada positiva com a L e o pH, moderada negativa com AT, Aw e b* e forte correlação negativa com a*. Desta forma podemos inferir que os biscoitos com maior fator de expansão, apresentaram valores maiores de pH e luminosidade e menores de atividade de água, acidez titulável, coloração avermelhada e coloração amarelada.

5.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Os resultados descritos a seguir mostram as características do farelo de arroz utilizado na elaboração dos biscoitos. A tabela 6 mostra sua composição centesimal em base seca.

Tabela 6. Composição centesimal do farelo de arroz

Componente	Quantidade (g.100 g⁻¹)
Umidade	7,28 ± 0,13
Matéria seca	92,72 ± 0,09
Cinzas	13,55 ± 0,05
Proteína	4,81 ± 0,11
Lipídeo	1,74 ± 0,09
Fibras totais	1,65 ± 0,08
Carboidrato	12,82 ± 0,07
Valor energético (kcal)	86,17

O farelo de arroz apresentou 7,28 g 100 g⁻¹ de umidade. Dentre os estudos da literatura referentes ao farelo de arroz há uma grande variedade de resultados em relação à umidade, que podem variar de 1,46 a 10g 100 g⁻¹ (Lacerda et al.,2009). Tal fato pode estar relacionado com a metodologia de obtenção do farelo, assim como, pelos diferentes processos industriais para estabilização e comercialização dos mesmos. O controle deste parâmetro é essencial, pois quanto menor o teor de umidade, maior é o tempo de prateleira e qualidade, o que também beneficia sua utilização em produtos (Airani, 2007). A umidade encontrada neste estudo para o farelo de arroz está de acordo com a legislação sanitária vigente que estabelece, dentre os requisitos específicos, umidade máxima de 12g 100 g⁻¹ para farinhas e farelos (BRASIL, 2005).

Os resultados demonstraram que, excluindo-se as cinzas (13,55g 100 g⁻¹), o farelo de arroz é composto predominantemente por carboidratos (12,82g 100 g⁻¹), fato esperado para um subproduto derivado de um cereal, mesmo sendo constituído pelas partes externas do grão. Vieira & Carvalho (1999) também inferiram em seu estudo que o farelo de arroz contém teores variáveis de amido proveniente do endosperma, além de resíduos da casca e de fragmentos de grão, devido ao processo de descasque e polimento do cereal.

No entanto, além das quantidades esperadas de carboidratos, o farelo de arroz contém teores maiores de fibras ($1,65 \pm 0,08 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), lipídeos ($1,74 \pm 0,09 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), e proteínas ($4,81 \pm 0,11 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), do que a farinha de arroz enriquecida usualmente empregada na produção de biscoito pela indústria. A farinha de arroz enriquecida apresenta em 100 gramas: 1,3g de proteínas, 0,3g de lipídeos, 0,6g de fibras e 85,5g de carboidratos (TACO, 2014).

Além de ser mais nutritivo que a farinha de arroz, a menor quantidade de carboidratos presentes no farelo o tornam menos calórico, com densidade energética de 0,86 kcal/g de alimento, colocando-o na categoria de alimentos com baixa densidade energética.

Os alimentos são classificados em:

- 1. Alimentos com densidade energética muito baixa:** 0 a 0,7 Kcal/g;
- 2. Alimentos com baixa densidade energética:** 0,7 a 1,5 Kcal/g;
- 3. Alimentos com média densidade energética:** 1,5 a 4 Kcal/g;
- 4. Alimentos com alta densidade energética:** 4 a 9 Kcal/g.

Esta propriedade pode ser benéfica em dietas onde a quantidade de calorias ou de carboidratos precisem ser restringidas ou controladas, como por exemplo, em tratamentos dietoterápicos de indivíduos com obesidade e/ou diabetes. Além disso, para uma mesma quantidade de calorias da dieta, os alimentos que apresentam baixa densidade energética podem ser consumidos em quantidade maior quando comparados com alimentos de alta densidade energética (Rolls e col., 2005).

Na tabela 7, pode-se observar o teor médio dos principais minerais presentes no farelo de arroz. Os resultados demonstram que o farelo de arroz também é um alimento nutritivo em relação à micronutrientes: tendo como referência um homem de 19 a 30 anos, 100g de biscoitos pode oferecer mais de 100% das recomendações de ingestão diária de alguns minerais, como o ferro e manganês, e uma quantidade muito próxima à recomendação de zinco, todos micronutrientes fundamentais para o bom funcionamento do organismo.

Tabela 7. Teor médio dos principais minerais presentes no farelo de arroz e sua contribuição nas recomendações diárias de ingestão.

Componente	Quantidade (mg/100g)	%VD(*)
Fósforo	0,36 ± 0,19	0,06
Cálcio	0,01 ± 0,00	0,01
Potássio	0,25 ± 0,12	0,00
Sódio	0,00 ± 0,02	0,00
Magnésio	0,15 ± 0,07	0,04
Ferro	17,99 ± 0,36	224,87
Manganês	27,78 ± 1,98	1207,00
Cobre	0,62 ± 0,33	68,88
Zinco	10,48 ± 1,46	95,27

* %VD – Valores Diários de referência para um indivíduo do sexo masculino de 19 a 30 anos (DRIs, 1997, 2001, 2005 e 2011).

Estes dados corroboram com o trabalho de Sharif e colaboradores (2014) onde eles afirmam que o farelo constitui a parte mais nutritiva do arroz e é uma boa fonte de compostos bioativos que têm propriedades benéficas para a saúde e atividade antioxidante, e que é constituído essencialmente por fibras e minerais.

Além disso, o farelo de arroz também apresenta superioridade em relação a alguns minerais como zinco, ferro, manganês e cobre, quando comparado com a farinha de arroz enriquecida e também com a farinha de trigo refinada, que é a farinha mais utilizada no desenvolvimento de biscoitos tanto na indústria quanto no âmbito domiciliar. A farinha de arroz enriquecida apresenta em 100 gramas: 1,3mg de zinco, 0,04mg de manganês e traços de cobre (TACO, 2014). A farinha de trigo refinada apresenta em 100 gramas: 0,8mg de zinco, 0,46mg de manganês, 1mg de ferro e 0,15mg de cobre (TACO, 2014).

Há alguns anos, a ingestão de nutrientes tinha um pequeno papel no tratamento dos problemas de saúde. Hoje, a Organização Mundial de Saúde (OMS) reconhece o papel de 18 minerais, como zinco, cálcio, ferro, magnésio, iodo, selênio

e outros, como fundamentais para o bom funcionamento do organismo. Com isso, os resultados obtidos nesse estudo, demonstra que a inclusão do farelo de arroz na substituição de farinhas refinadas pode trazer inúmeros benefícios à saúde da população, ao ofertar produtos com qualidade nutricional superior, tanto em macro quanto em micronutrientes.

Os resultados descritos a seguir mostram as características dos biscoitos elaborados neste estudo com diferentes porcentagens de farelo de arroz. A tabela 8 mostra suas composições centesimais em base seca.

Tabela 8. Composição centesimal do biscoitos

Formulação	Umidade *	Cinzas*	Proteína *	Lípídeo*	Fibra solúvel*	Fibra insolúvel*	Fibras totais*	Carboidrato*	Valor energético**
Controle	8,54 ^b	5,35 ^a	2,64 ^b	0,90 ^c	0,36 ^e	4,75 ^e	5,11 ^e	72,46 ^a	308,50 ^a
25%	10,62 ^b	3,40 ^a	2,13 ^b	1,03 ^c	1,22 ^d	8,23 ^d	9,45 ^d	68,37 ^b	291,24 ^b
50%	11,00 ^b	4,96 ^a	2,12 ^b	1,35 ^b	1,81 ^c	10,18 ^c	12,00 ^c	63,57 ^c	274,89 ^c
75%	12,54 ^a	6,03 ^a	2,95 ^b	1,52 ^b	1,95 ^b	15,43 ^b	17,77 ^b	51,28 ^d	230,60 ^d
100%	13,00 ^a	7,40 ^a	4,37 ^a	2,05 ^a	2,34 ^a	17,93 ^a	19,89 ^a	46,21 ^e	220,74 ^e
CV (%)	6,14	70,85	17,81	8,65	0,05	0,00	0,00	0,00	0,10
DMS	2,82	8,96	1,36	0,31	0,89	1,26	0,00	0,75	1,35

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * Expresso em % ou g.100 g⁻¹. ** Expresso em kcal.

Pode-se observar que houve diferença entre os valores médios de umidade entre todas as formulações, com maior conteúdo encontrado no biscoito 100%. No entanto esta diferença foi significativa apenas entre as formulações controle, 25% e 50% quando comparadas às formulações 75% e 100%. Estas diferenças demonstram que a adição do farelo de arroz interferiu na umidade dos biscoitos, elevando este parâmetro e, ao analisarmos os biscoitos com farelo de arroz entre si, também é possível notar que a medida que a porcentagem de farelo aumenta, a umidade aumenta também, demonstrando que a umidade é diretamente proporcional a adição do farelo e determinante para esta variável.

Lacerda et. al (2009), também encontraram resultados semelhantes em um estudo que avaliou a qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado (FAE) em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca, onde a umidade dos biscoitos variou de 1,86 g 100 g⁻¹ (controle) à 3,42 g 100 g⁻¹ (nas formulações com a FAE) indicando que o conteúdo de farelo de arroz extrusado (FAE) adicionado à massa afetou a umidade dos biscoitos.

No entanto, mesmo com o aumento da umidade pela adição do farelo de arroz, todos os biscoitos estão de acordo com as Normas Técnicas Especiais para Biscoitos e Bolachas, do Estado de São Paulo, revistas pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (CNNPA/BRASIL, 1978), relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro, que determina o limite máximo de umidade de 14% p/p.

A tabela 9 apresenta a adequação das quantidades de macronutrientes presentes em 100 gramas de biscoitos em relação às recomendações diárias de ingestão (%VD) para um indivíduo do sexo feminino de 19 a 30 anos.

O teor médio de proteínas nos biscoitos variou entre 2,64 e 4,37g 100 g⁻¹, com diferença entre as formulações (significativa em relação ao biscoito 100%) e maior conteúdo encontrado no biscoito 100%. Como pode-se observar na tabela 9, a quantidade de proteína encontrada em 100 gramas de biscoito 100% representa quase 10% da quantidade diária de proteína recomendada para um indivíduo do sexo feminino com idade entre 19 e 30 anos, ou seja, contribui significativamente, na adequação da ingestão de proteínas por refeição, tendo em vista que a maioria dos biscoitos disponíveis no mercado, em geral fornecem altas quantidades de carboidratos e pouca proteína, resultando em refeições desbalanceadas.

Tabela 9. Adequação das quantidades de macronutrientes presentes em 100 gramas de biscoitos em relação às recomendações diárias de ingestão (%VD)*

Formulação	Proteína (%)	Lipídeo (%)	Fibras totais (%)	Carboidrato (%)
Controle	5,74	ND ^a	20,45	55,74
25%	4,63	ND	37,82	52,59
50%	4,61	ND	48,00	48,90
75%	6,41	ND	71,08	39,44
100%	9,49	ND	79,56	35,55

* %VD – Valores Diários de referência para um indivíduo do sexo feminino de 19 a 30 anos (DRIs, 1997, 2001, 2005 e 2011). ^a Não determinado.

O conteúdo médio de lipídios em 100 gramas de biscoitos variou entre 0,90 e 2,05g 100 g⁻¹, com diferença significativa entre as formulações e maior conteúdo encontrado no biscoito 100%.

O nível médio de cinzas variou entre 5,35 e 7,40 g 100 g⁻¹, sendo maior no biscoito 100%, no entanto, essa diferença não foi significativa.

O teor médio de carboidratos variou entre 46,21 e 72,46 g 100 g⁻¹, com diferença significativa entre as formulações e maior conteúdo encontrado nas 100 gramas de biscoito controle que representa 55,74% da quantidade diária de carboidratos recomendada para um indivíduo do sexo feminino com idade entre 19 e 30 anos.

Em relação as fibras, o teor médio de fibras solúveis variou entre 0,36 e 1,95g 100 g⁻¹, com diferença significativa entre as formulações e maior conteúdo encontrado nas 100 gramas do biscoito 100%. O teor médio de fibras insolúveis variou entre 4,75 e 17,93 g 100 g⁻¹, com diferença significativa entre as formulações e maior conteúdo encontrado nas 100 gramas de biscoito 100%, e o mesmo ocorreu em relação ao teor médio de fibras totais, cujo maior teor foi encontrado no biscoito 100% que representa 79,56% da quantidade diária de fibras recomendada para um indivíduo do sexo feminino com idade entre 19 e 30 anos.

Estes resultados eram esperados pois vários autores relatam o mesmo aumento de fibras com o uso de farinhas com maiores teores de fibras do que as

farinhas tradicionais, como a farinha de jatobá (Silva et al., 1998), farinha de gelim (Clerici & Oliveira, 2013) e farinha de aveia (Gutkoski et al., 2007).

No Brasil, através da resolução - RDC Nº 54, de 12 de novembro de 2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2012), estabelece-se que um alimento pode ser considerado fonte de fibra alimentar quando existir 3 gramas de fibras por 100 gramas ou 100ml em pratos preparados conforme o caso, ou 2,5 gramas de fibra por porção, especificações estas atendidas pelos biscoitos experimentais deste estudo.

Estudos têm demonstrado que dietas com 10% de hemicelulose, proveniente do farelo de arroz, aumentam o número de leucócitos e de linfócitos no sangue de ratos. O polissacarídeo derivado do farelo de arroz, designado de RON, quando administrado por via oral em camundongos demonstrou atividade antitumoral. Estudos realizados *in vitro* evidenciaram que esse polissacarídeo estimula os macrófagos aumentando a produção de interleucina e gerando efeito tumoricida (Carvalho & Felipe Junior, 2006).

Portanto, estes dados permitem inferir que quanto maior a quantidade de farelo de arroz presente em um produto, maior será o aporte nutricional de macronutrientes e fibras, com exceção do teor de carboidratos que diminui à medida que o farelo de arroz aumenta na composição. Demonstrando que incluir os biscoitos com farelo de arroz na rotina alimentar pode trazer benefícios à saúde, melhorando a qualidade da alimentação da população que tem sido caracterizada pela baixa ingestão de nutrientes (Fasolin et al., 2007).

Em relação ao valor energético, houve variação entre 220,74 calorias em 100g de biscoito 100% e 308,50 calorias em 100g de biscoito controle. Demonstrando que a inclusão do farelo de arroz, reduz a densidade energética dos produtos e que, como citado anteriormente, seu uso pode ser benéfico em situações em que, por exemplo, é preciso controlar ou restringir calorias para o alcance ou manutenção de peso corporal saudável e/ou controlar doenças como diabetes e dislipidemias. A variação no valor energético ocorreu pela redução da quantidade de carboidratos nas formulações 25%, 50%, 75% e 100%. Em virtude dessa redução, estes biscoitos podem ser classificados como alimentos com média densidade energética, podendo portanto, ser consumidos em maior quantidade que os alimentos com alta densidade energética (Rolls e col., 2005). A tabela 10 apresenta

o teor médio dos principais minerais presente nas diferentes formulações deste estudo e a tabela 11 mostra a adequação do teor destes minerais em relação às recomendações diárias de ingestão (%VD) para um indivíduo do sexo feminino com idade entre 19 e 30 anos.

Em relação aos minerais, destaca-se significativas quantidades de ferro e manganês, que em 100 gramas de biscoito 100%, suprem mais de 100% das recomendações diárias de ingestão. O teor de zinco também é importante, suprimindo cerca de 88% das mesmas necessidades mencionadas, também em 100g de biscoito 100%. Os biscoitos das formulações 25%, 50% e 75%, mesmo não suprimindo as recomendações diárias em 100 gramas, são superiores nutricionalmente quando comparados ao biscoito controle e com a maioria dos biscoitos sem recheio ou *cookies* disponíveis no mercado. O biscoito doce de amido de milho, por exemplo, tem em 100 gramas: 1,8 mg de ferro, 0,78mg de manganês e 1 mg de zinco, valores bastante inferiores aos encontrados nesse estudo em biscoitos elaborados com farelo de arroz.

Tabela 10. Teor dos principais minerais presentes em 100 gramas de biscoitos

Formulações	Fósforo (mg/100g)	Cálcio (mg/100g)	Potássio (mg/100g)	Sódio (mg/100g)	Magnésio (mg/100g)	Ferro (mg/100g)	Manganês (mg/100g)	Cobre (mg/100g)	Zinco (mg/100g)
Controle	0,03 ^d	0,019 ^b	0,05 ^c	0,02 ^a	0,01 ^e	12,83 ^c	1,10 ^e	0,25 ^b	2,04 ^d
25%	0,08 ^c	0,018 ^b	0,10 ^b	0,02 ^a	0,03 ^d	17,09 ^b	5,20 ^d	0,63 ^a	3,58 ^c
50%	0,12 ^b	0,019 ^{ab}	0,12 ^{ab}	0,02 ^a	0,05 ^c	18,12 ^b	8,98 ^c	0,45 ^{ab}	4,65 ^b
75%	0,15 ^b	0,018 ^b	0,13 ^a	0,02 ^a	0,08 ^b	20,15 ^a	12,82 ^b	0,60 ^{ab}	6,45 ^a
100%	0,20 ^a	0,022 ^a	0,12 ^{ab}	0,02 ^a	0,09 ^a	21,27 ^a	16,32 ^a	0,60 ^{ab}	7,00 ^a
CV (%)	13,97	5,59	7,13	35,19	3,06	3,93	1,94	27,34	4,63
DMS	0,43	0,02	0,20	0,15	0,04	18,92	4,73	3,71	5,90

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Adequação do teor de minerais presentes em 100 gramas de biscoitos em relação às recomendações diárias de ingestão (%VD)*

Formulações	Fósforo (%)	Cálcio (%)	Potássio (%)	Sódio (%)	Magnésio (%)	Ferro (%)	Manganes (%)	Cobre (%)	Zinco (%)
Controle									
25%	0,004	0,002	0,001	0,001	0,003	71,277	61,111	27,778	25,500
50%	0,011	0,002	0,002	0,001	0,009	94,944	288,888	70,000	44,750
75%	0,017	0,002	0,002	0,001	0,016	100,666	498,888	50,000	58,125
100%	0,021	0,002	0,002	0,001	0,025	111,944	712,222	66,667	80,625
	0,029	0,002	0,002	0,001	0,029	118,166	906,666	66,667	87,500

* %VD – Valores Diários de referência para um indivíduo do sexo feminino de 19 a 30 anos (DRIs, 1997, 2001, 2005 e 2011).

Clerice & Oliveira (2013), produziram cookies com 10 % de farinha desengordurada de gergelim (FDG) em substituição à farinha de trigo, que apresentaram maiores teores de sais minerais, proteínas e fibra alimentar do que o produto controle, que continha apenas farinha de trigo.

Estes dados permitem inferir que, assim como em relação aos macronutrientes, quanto maior for a quantidade de farelo de arroz presente em um produto, maior será o aporte nutricional de micronutrientes dele, quando comparado ao uso de farinhas refinadas tais como farinha de trigo e farinha de arroz. Isso demonstra que incluir os biscoitos com farelo de arroz na rotina alimentar pode auxiliar na adequação da alimentação de muitas pessoas que têm sua rotina alimentar baseada em alimentos ultraprocessados e pobres, especialmente em fibras e micronutrientes (Dias,2011).

No entanto, vale ressaltar que, assim como todos os demais nutrientes, o conteúdo mineral sofre influência das condições de cultivo e processamento, e embora as formulações 25%, 50%, 75% e 100% tenham maior concentração de minerais do que o biscoitos controle, não significa necessariamente maior quantidade de minerais absorvidos pelo organismo, visto que a biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de maiores teores de fibra e ácido fítico (Juliano, 1993).

5.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

Os resultados microbiológicos, apresentados na tabela 12, obtidos para coliformes totais, *Salmonella*, *Estafilococcus coagulase* e bolores e leveduras demonstram que não houve nenhum crescimento microbiológico durante os 30 dias de armazenamento dos biscoitos de todas as formulações, estando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente (Brasil, 2001).

Tabela 12. Resultados das análises de coliformes totais, *estafilococcus coagulase* positiva, *Salmonella* e contagem de bolores e leveduras após 30 dias de armazenamento

Formulação	Coliformes totais	<i>Estafilococcus coagulase</i>	<i>Salmonella</i>	Bolores e leveduras
Controle	0,0 ou <3 NMP/g de alimento	0,0 ou < 100 UFC/g de alimento	Ausente	0,0 ou < 100 UFC/g
25%	0,0 ou <3 NMP/g de alimento	0,0 ou < 100 UFC/g de alimento	Ausente	0,0 ou < 100 UFC/g
50%	0,0 ou <3 NMP/g de alimento	0,0 ou < 100 UFC/g de alimento	Ausente	0,0 ou < 100 UFC/g
75%	0,0 ou <3 NMP/g de alimento	0,0 ou < 100 UFC/g de alimento	Ausente	0,0 ou < 100 UFC/g
100%	0,0 ou <3 NMP/g de alimento	0,0 ou < 100 UFC/g de alimento	Ausente	0,0 ou < 100 UFC/g

Araújo et al. (2007), obtiveram resultados semelhantes ao analisar dez amostras de biscoitos doces sem recheio, demonstrando que nenhuma unidade apresentou contagem positiva para coliformes totais e nem a presença de *Salmonella* sp. O mesmo resultado também foi obtido por Krüger et al. (2003), ao formular biscoitos tipo “cookie” e “snack” enriquecidos.

Zuniga et al (2011), obtiveram resultados semelhantes para *Salmonella* e contagem positiva para coliformes totais, ao avaliar a vida de prateleira de biscoitos de castanha de caju tipo integral, porém em sua contagem padrão de bolores e leveduras, houve variações durante todo o seu período de estocagem, indicando que ocorreu crescimento desses microorganismos. No entanto, a Portaria 12 do Ministério da Saúde de 02 de janeiro de 2001, não prevê limites para esses tipos de

microrganismos, recomendando uma análise visual do crescimento de bolores e leveduras.

Os fatores que afetam o desenvolvimento microbiano estão ligados à capacidade de sobrevivência ou de multiplicação dos microrganismos que estão presentes em um alimento. Entre esses fatores, podem ser destacados aqueles relacionados com as características do alimento (fatores intrínsecos) e os relacionados com o ambiente em que o alimento se encontra (fatores extrínsecos). São considerados fatores intrínsecos a atividade de água, a acidez (pH), o potencial de oxirredução, a composição química, a presença de fatores antimicrobianos naturais e as interações entre os microrganismos presentes nos alimentos. Entre os fatores extrínsecos, os mais importantes são a umidade relativa, a temperatura ambiente, a composição química da atmosfera O₂ e luz que envolve o alimento (Franco & Landgraf, 1996).

Os resultados destas análises demonstram que os fatores que estão ligados ao desenvolvimento microbiano foram bem controlados, não tendo ocorrido deficiências no processamento e na sua manipulação, nem durante a estocagem dos biscoitos ou período de resfriamento do produto à temperatura ambiente. Também podemos inferir que as embalagens escolhidas para o armazenamento se mostraram eficientes e que, todos estes fatores positivos juntos, favoreceram a determinação da vida de prateleira dos biscoitos com êxito, garantindo que após 30 dias de armazenamento os biscoitos de todas as formulações estivessem seguros para consumo do ponto de vista higiênico-sanitário.

5.5 ANÁLISE DE ANTIOXIDANTES

Os resultados descritos a seguir mostram as características do farelo de arroz em relação à capacidade antioxidante. A tabela 13 apresenta o teor de fenóis totais, flavonoides totais e atividade antioxidante avaliada através dos métodos DPPH e FRAP.

Tabela 13. Flavonoides totais^a, fenóis totais^b e atividade antioxidante (DPPH* e FRAP**) do farelo de arroz

DPPH	75,70 ± 0,26
FRAP	91,69 ± 1,02
Flavonoides	6,09 ± 0,26
Fenóis	6,18 ± 0,05

* Expresso em % DPPH reduzido **Expresso em mmol Fe kg⁻¹. ^{a,b} Expresso em mg/g de amostra.

A capacidade antioxidante do extrato do farelo de arroz foi determinada, utilizando o método DPPH, descrito por Brand-Williamns et al. (1995). Este método consiste em avaliar a capacidade antioxidante via atividade seqüestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila – DPPH. Os radicais livres de DPPH, que inicialmente apresentam cor roxa por possuírem elétron livre, perdem esta cor quando um radical hidrogênio doado por uma molécula antioxidante entra em ressonância com a molécula de DPPH, e este é reduzido formando difenil-picril-hidrazina, de coloração amarela, com conseqüente desaparecimento da absorção, podendo a mesma ser monitorada pelo decréscimo da absorbância. Esta atividade sequestrante (%ASRL) ou porcentagem de descoloração (%descoloração) pode ser expressa em porcentagem por comparação a um controle ou branco.

Os resultados deste estudo foram expressos em porcentagem de inibição de oxidação, ou seja, a porcentagem de atividade antioxidante é correspondente à quantidade de DPPH consumida pelo antioxidante, onde quanto maior for o consumo de DPPH pela amostra, maior será sua atividade antioxidante (Alves et al., 2007).

Constatou-se que a amostra de farelo de arroz obteve 75,70% de atividade antioxidante demonstrando uma eficiente atividade antioxidante para o extrato testado. Segundo Santos et al. (2007), o DPPH é um radical estável e com baixa taxa de deterioração e reatividade com a maioria dos compostos. Assim sendo, apenas reagentes redutores fortes são capazes de reagir com estes radicais estáveis em um modo estequiométrico.

A capacidade antioxidante do farelo também foi testada pelo método FRAP, cujos resultados foram 91,69 mmol Fe kg⁻¹ de amostra, corroborando com os resultados encontrados através do DPPH, de eficiente capacidade antioxidativa.

O método de FRAP baseia-se na redução, em meio ácido, de um complexo férrico de TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) a um complexo ferroso de TPTZ com uma forte coloração azul escura. Quanto maior for a capacidade antioxidante da amostra, maior será a produção do complexo ferroso de TPTZ, podendo ser monitorizado através da leitura da absorbância a um comprimento de onda de 593 nm. Uma das limitações desta técnica consiste no fato de apenas avaliar a capacidade da amostra em reduzir íons férricos e não a sua capacidade em neutralizar radicais livres ou outras espécies antioxidantes. No entanto, trata-se de um ensaio simples,

reprodutível e pouco dispendioso, quando comparado com outros métodos de avaliação da atividade antioxidante (Rodrigues, 2011).

Também foram realizadas análises para verificação do teor de fenóis e flavonóides totais do farelo de arroz - compostos com alta capacidade antioxidante - cujos resultados, por não terem sido elevados (baseando-se nas atividades antioxidantes encontradas pelos métodos FRAP e DPPH), demonstram que a atividade antioxidante do farelo pode ser atribuída não somente aos compostos fenólicos, mas também a outros compostos bioativos que não foram investigados pelas análises espectrofotométricas. Segundo Choi et al. (2002), os compostos polifenólicos são os principais responsáveis pela atividade antioxidante em frutos, o que pode servir como elucidação para o comportamento diferenciado do farelo de arroz.

A atividade antioxidante do farelo de arroz, é descrita na literatura em virtude da apresentação de componentes como gama-orizanol e carotenoides, e estes dados têm impulsionado as pesquisas para exploração desta capacidade na produção de alimentos (Minatel, 2015).

Batista et al. (2004), ao avaliar a atividade antioxidante de extratos de farelo de arroz com alguns solventes, revelaram o alto potencial antioxidativo do extrato de farelo de arroz obtido com acetona, em comparação ao uso de BHT (Hidroxitolueno butilado) em óleo de girassol. Martinez et al. (2007), trabalhando também com óleo de girassol, submetido à oxidação induzida a 60°C, compararam a atividade antioxidante do orizanol (presente no extrato de farelo de arroz) com a do BHA (Hidroxianisol butilado) e do BHT (Hidroxitolueno butilado), os quais são antioxidantes sintéticos empregados na indústria de alimentos. Segundo estes pesquisadores o orizanol exerceu atividade antioxidante superior aos antioxidantes sintéticos. Parrado et al. (2006) demonstraram que extratos enzimáticos de farelo de arroz, com alta capacidade antioxidante, induziram a morte de células leucêmicas e assim, puderam inferir que estes extratos poderiam suplementar dietas para pacientes portadores de alguns tumores com o mínimo de efeitos tóxicos. Desta forma, a presença de componentes antioxidantes no farelo de arroz, ratificam seu potencial para compor alimentos funcionais ou nutraceuticos.

Com o objetivo de identificar e quantificar os compostos bioativos majoritariamente responsáveis pela atividade antioxidante do farelo de arroz,

realizou-se análises de extratos através da cromatografia líquida de alta eficiência. A tabela 14 apresenta as concentrações de γ -orizanol e do carotenoide luteína identificados e quantificados.

Tabela 14. Concentrações de luteína^a e γ -orizanol^b do farelo de arroz

Luteína	119,11 $\pm$ 0,05
γ -orizanol	24028,63 $\pm$ 1,20

^{a,b} Expresso em mg/100mg de amostra

Esta análise permitiu identificar e quantificar as concentrações de luteína e γ -orizanol presentes no farelo de arroz. Pode-se observar que, mesmo considerando a diferença de extratos e acuracidade das análises, as quantidades de luteína e γ -orizanol encontradas, são superiores as quantidades de fenóis e flavonóides totais obtidas pela análise espectrofotométrica, nos permitindo inferir que a atividade antioxidante do farelo de arroz, não pode ser atribuída somente aos compostos fenólicos, e sim à presença de carotenóides antioxidantes como a luteína e de γ -orizanol. Xu e Godber (1999), afirmaram que um dos principais componentes presentes no farelo de arroz é o γ -orizanol e segundo Minatel (2015), entre os principais compostos bioativos encontrados no farelo de arroz, pode-se destacar os carotenoides, vitamina E e o γ -orizanol.

Estes dados nos permitem afirmar que o farelo de arroz é de fato um alimento funcional, pois além de ser bastante nutritivo - como pôde-se avaliar através da composição centesimal - também é uma excelente fonte de compostos com atividades antioxidantes e benéficas à saúde.

A correlação entre altos níveis de carotenóides e benefícios à saúde surgiu na literatura na década de 70. As dietas ricas em frutas e legumes estavam associadas a reduzidas taxas de câncer e doenças coronárias. Como consequência, a população foi encorajada a consumir ao menos 5 porções de frutas e hortaliças diariamente, equivalente a aproximadamente 6mg de carotenoides (Stringheta et al., 2006).

A luteína, carotenoide macular de coloração amarela, é um potente antioxidante que previne danos causados por radicais livres nos tecidos (Alves-Rodrigues, 2004. Segundo Dagnelie et al. (2000), este pigmento protege os

fotoreceptores foveal ao filtrar a luz azul prejudicial à mácula, reduzindo em 40% a incidência da luz danosa à retina. A perda da sensibilidade visual, ocorrida em pessoas com idade avançada e baixa densidade do pigmento macular nos tecidos oculares, pode ser a precursora de algumas doenças dos olhos, incluindo a degeneração macular relacionada à idade (Stringheta et al., 2006).

Em relação ao γ -orizanol, diversos estudos têm atestado sua alta atividade antioxidante que atua como agente cardioprotetor, redutor de colesterol plasmático e da absorção de colesterol hepático e agente de prevenção da arteriosclerose (Silva, Sanches e Amante, 2001; Wilson et al., 2002). No entanto, sua utilização tem sido ainda bastante restrita, entre outros aspectos, pela relativa falta de estudos sobre a atividade antioxidante desse componente quando associado com outros constituintes dos alimentos (Xu, Hua & Godber, 2001).

Diante disso, objetivou-se avaliar a atividade antioxidante dos principais compostos bioativos presentes no farelo de arroz após processamento térmico e também associado à outros alimentos. Os resultados descritos a seguir mostram as características dos biscoitos elaborados com farelo de arroz em relação à capacidade antioxidante.

Tabela 15. Atividade antioxidante dos biscoitos pelo método DPPH* em diferentes dias de avaliação dos biscoitos

Formulação	Dias de avaliação		
	0	15	30
Controle	32,37 ^{eA}	28,59 ^{eB}	20,54 ^{eC}
25%	54,59 ^{dA}	53,25 ^{dB}	52,71 ^{dB}
50%	63,70 ^{cA}	62,22 ^{cB}	61,08 ^{cB}
75%	72,96 ^{bA}	71,11 ^{bB}	70,15 ^{bB}
100%	86,29 ^{aA}	85,55 ^{aA}	84,03 ^{aB}
CV1 (%) 1,10			
CV2 (%) 1,14			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

* Expresso em % DPPH reduzido.

A partir da tabela 15, pode-se observar que a atividade antioxidante avaliada pelo método DPPH, apresentou diferença significativa entre todas as formulações e

em todos os momentos de avaliação. Os biscoitos desenvolvidos com farelo de arroz apresentaram capacidade antioxidante maior do que a observada no biscoito controle, e ao fazermos uma análise somente entre os biscoitos com farelo de arroz é possível verificar que a medida que a porcentagem de farelo aumenta na formulação, maior é a capacidade antioxidante. Essas diferenças foram significativas, demonstrando que a presença do farelo de arroz foi determinante nesses resultados ao aumentar o teor de compostos bioativos com atividade antioxidante.

Segundo Eslami et al. (2014), o γ -orizanol apresenta potente capacidade antioxidante, sendo um composto bioativos que é encontrado predominantemente no farelo de arroz. Além deste composto, o farelo de arroz possui também minerais e carotenoides, que também apresentam ação antioxidante (Grain of hope, 2004).

Ao analisarmos o período de armazenamento, nota-se que todas as formulações apresentaram perdas significativas após 30 dias. O biscoito controle teve perdas significativas em sua capacidade antioxidante no período de 1 à 15 dias e também no período de 16 à 30 dias. Os biscoitos com farelo de arroz na formulação também apresentaram perdas significativas no armazenamento, porém entre as formulações com 25%, 50% e 75%, essa perda só ocorreu no período de 1 à 15 dias, e praticamente se estabilizou durante o próximo período de 15 dias. O biscoito 100% foi o único que apresentou perdas significativas somente no período de 16 à 30 dias, e que, quando comparada com as demais diminuições, foi a menor diminuição de capacidade antioxidante (2,61%).

A menor atividade antioxidante foi a do biscoito controle. Esse efeito pode ser atribuído às pequenas quantidades de compostos bioativos presentes na farinha de arroz, que utiliza o arroz branco polido como matéria prima. Segundo Walter (2009), o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto de amido, originando as diferenças na composição entre o arroz integral e o polido. Por outro lado, as formulações dos biscoitos também continham cacau, outro alimento fonte de antioxidantes, que pode também ter sido responsável pela atividade antioxidante encontrada no biscoito controle pelo método DPPH, independente do conteúdo de antioxidantes da farinha de arroz.

A maior atividade antioxidante foi observada no biscoito com 100% de farelo em sua composição. Como o valor foi superior ao encontrado no farelo *in natura*,

podemos inferir que o processamento térmico não diminui de forma importante o conteúdo de compostos bioativos do farelo de arroz, e que este aumento, possivelmente ocorreu pela contribuição de compostos bioativos de outros ingredientes do biscoito, como o cacau em pó.

Segundo Pestana et al. (2008), o γ -orizanol é o antioxidante mais estável do farelo de arroz, tornando-se mais efetivo que os tocoferóis. O γ -orizanol consiste numa complexa mistura de ésteres do ácido ferúlico com alcóois triterpenos e esteróis. Mais de 23 ésteres dos ácidos ferúlico e caféico já foram identificados no γ -orizanol, sendo os principais componentes (mais de 80% da fração do γ -orizanol) o 24-metileno cicloartenil ferulato, cicloartenilferulato ou cicloartenol, β -sistoterilferulato e campesterilferulato ou campesterol (Kim et al., 1999).

O efeito da atividade antioxidante dos ésteres do ácido ferúlico e tocoferóis foi estudado por Nyström et al. (2005) que verificaram que esses compostos reduziram a formação de polímeros em altas temperaturas, tanto quando foram utilizados juntos quanto individualizados, sendo que nenhum efeito de sinergismo foi observado entre eles. Os ésteres do ácido ferúlico foram degradados em menor intensidade que o alfa-tocoferol, indicando o potencial do sitostanil ferulato para ser empregado sob altas temperaturas. A mistura de ésteres do ácido ferúlico, comumente conhecida como γ -orizanol, varia bastante de acordo com o cereal que a origina (arroz, milho, centeio ou trigo). Enquanto no arroz domina o dimetilesterol (cicloartenol e 24-metilenecycloartanol) nos demais cereais predominam os desmetilterols (sitosterol, campesterol e suas formas saturadas, estanóis).

A atividade antioxidante dos ésteres do ácido ferúlico é baseada na doação de hidrogênio do grupo hidroxil do ácido ferúlico. Assim, esses compostos atuam como os demais antioxidantes comumente utilizados na indústria de alimentos (BHT, BHA e TBHQ). Esses ésteres são compostos polares com baixo peso molecular e solubilidade limitada em óleos, sendo facilmente volatilizados. Desta forma, longos períodos de aquecimento podem reduzir o efeito antioxidante dos mesmos. A solubilidade em óleo dos ésteres do ácido ferúlico pode ser aumentada quando ocorre a esterificação desses componentes com outros compostos não-polares presentes no óleo, como o fitoesterol. Esse processo também promove o aumento da estabilidade térmica dos óleos. Shopova e Milkova (2000) avaliaram a decomposição térmica desses compostos e verificaram que os ésteres do ácido

ferúlico são mais estáveis do que o ácido ferúlico livre sob altas temperaturas, ebulição e fritura (Pestana et al., 2008). Na atividade antioxidante mensurada pelo método FRAP (tabela 16) podemos observar o mesmo comportamento obtido com o método DPPH: os biscoitos com maiores quantidades de farelo de arroz apresentaram atividade antioxidante significativamente mais elevadas do que o biscoito controle, e ao fazer uma análise entre as formulações 25%, 50%, 75% e 100%, a medida que a porcentagem de farelo de arroz aumentou, também aumentou significativamente a atividade antioxidante.

Tabela 16. Atividade antioxidante dos biscoitos pelo método FRAP* em diferentes dias de avaliação dos biscoitos

Formulação	Dias de avaliação		
	0	15	30
Controle	68,89 ^{eA}	67,33 ^{eA}	54,91 ^{eB}
25%	118,37 ^{dA}	117,40 ^{dAB}	115,85 ^{dB}
50%	131,96 ^{cA}	128,46 ^{cB}	127,10 ^{cB}
75%	178,53 ^{bA}	177,56 ^{bAB}	176,01 ^{bB}
100%	229,96 ^{aA}	227,43 ^{aB}	226,85 ^{aB}
CV1 (%) 0,84			
CV2 (%) 1,00			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * Expresso em mmol Fe kg⁻¹.

Ao analisarmos o período de armazenamento, nota-se que todas as formulações apresentaram perdas significativas após 30 dias. A formulação controle teve perdas significativas em sua capacidade antioxidante apenas no período de 16 à 30 dias. As formulações 25% e 75% não apresentaram perdas significativas entre os períodos de 1 à 15 dias, porém ao final do armazenamento suas perdas foram significativas quando comparadas com a atividade antioxidante inicial. As formulações 50% e 100% apresentaram perdas significativas apenas no período de 1 à 15 dias. Novamente, a formulação 100% teve a menor perda durante o armazenamento (1,35%).

Ao analisarmos os dados obtidos, tanto com o método DPPH quanto com o método FRAP, podemos inferir que a inclusão do farelo de arroz na composição

aumenta a atividade antioxidante dos biscoitos e diminui a perda desta atividade durante o armazenamento, possivelmente pela redução da oxidação atribuída às maiores quantidades de compostos como luteína e gama-orizanol.

Durante o armazenamento também foram avaliados os teores de fenóis totais e flavonóides totais das 5 formulações. As tabelas 17 e 18 apresentam os dados obtidos nestas avaliações.

Tabela 17. Concentração de fenóis totais* em diferentes dias de avaliação dos biscoitos

Formulação	Dias de avaliação		
	0	15	30
Controle	2,70 ^{eA}	2,35 ^{eB}	1,88 ^{eC}
25%	3,96 ^{dA}	3,81 ^{dB}	3,47 ^{dC}
50%	4,25 ^{cA}	4,05 ^{cB}	3,75 ^{cC}
75%	5,00 ^{bA}	4,71 ^{bB}	4,51 ^{bC}
100%	6,25 ^{aA}	6,02 ^{aB}	5,84 ^{aC}
CV1 (%) 1,02			
CV2 (%) 1,81			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

* Expresso em mg equivalente de quercetina 100 g⁻¹ de amostra.

Houve diferença significativa entre os teores de fenóis totais encontrados nas 5 formulações. Os biscoitos com maiores quantidade de farelo de arroz na composição tiveram valores mais elevados do que o biscoito controle, e, ao avaliarmos os biscoitos 25%, 50%, 75% e 100% entre si, nota-se que quanto maior é a porcentagem de farelo na formulação, também é significativamente maior a quantidade de fenóis.

Ao analisarmos o período de armazenamento, nota-se que todas as formulações apresentaram perdas significativas após 30 dias. A formulação controle foi a que apresentou maior perda de fenóis durante o armazenamento (30,37%) e a formulação 100% foi a que apresentou menor perda (6,56%).

Em relação ao flavonóides, pode-se observar na Tabela 18 que as formulações com farelo de arroz apresentaram quantidades maiores do que a formulação controle, sendo essa diferença significativa. Avaliando as formulações

com farelo de arroz entre si, nota-se que, embora maiores quantidades de farelo signifiquem maiores teores de flavonóides, essa diferença não é significativa entre todas as formulações. A diferença foi significativa apenas quando comparamos a formulação 100% com as formulações 25% e 50%.

Não houve interação estatística, mas ao analisarmos o período de armazenamento nota-se que a média de concentrações de flavonóides diminuiu, e esta diferença foi significativa, tanto no período de 1 à 15 dias, quanto no período de 16 à 30 dias. Essa perda ocorreu provavelmente porque os compostos fenólicos são substâncias menos estáveis do que carotenóides e gama-orzanol, por exemplo (Pestana et, al, 2008).

Tabela 18. Concentração de flavonoides totais* em diferentes dias de avaliação dos biscoitos

Formulação	Flavonoides
Controle	0,009 ^c
25%	0,012 ^b
50%	0,013 ^b
75%	0,014 ^{ab}
100%	0,015 ^a
Dias de avaliação	Médias de concentração de flavonoides
0	0,0138 ^a
15	0,0130 ^b
30	0,0121 ^c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. * Expresso em mg equivalente de ácido gálico 100 g-1 de amostra.

Baseando-se nas atividades antioxidantes encontradas pelos métodos FRAP e DPPH, podemos inferir que os valores de fenóis totais e flavonóides totais não foram muito elevados e que a capacidade antioxidante dos biscoitos (especialmente dos que contém farelo de arroz) pode ser atribuída não somente aos compostos fenólicos, mas também a outros compostos bioativos que não foram investigados pelas análises espectrofotométricas.

Com o objetivo de identificar e quantificar os compostos bioativos majoritariamente responsáveis pela atividade antioxidante dos biscoitos, realizou-se análises de extratos através da cromatografia líquida de alta eficiência. A tabela 19 e a tabela 20 apresentam as concentrações de γ -orizanol e do carotenoide luteína identificados e quantificados no período de armazenamento dos biscoitos.

Tabela 19. Concentrações de γ -orizanol^a em diferentes dias de avaliação dos biscoitos

Formulação	Dias de avaliação		
	0	15	30
Controle	627,47 ^{eA}	519,14 ^{eB}	514,62 ^{eC}
25%	7256,80 ^{dA}	7085,31 ^{dA}	7039,83 ^{dA}
50%	15673,18 ^{cA}	15454,89 ^{cA}	15431,89 ^{cA}
75%	19988,81 ^{bA}	19887,93 ^{bA}	19456,61 ^{bA}
100%	24565,85 ^{aA}	24421,39 ^{aA}	24324,33 ^{aA}
CV 1 (%) =		5.35	
CV 2 (%) =		7.80	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

^aExpresso em mg/100mg de amostra.

Tabela 20. Concentrações de luteína^a em diferentes dias de avaliação dos biscoitos

Formulação	Dias de avaliação		
	0	15	30
Controle	45,48 ^{eA}	44,97 ^{eB}	44,87 ^{eB}
25%	63,69 ^{dA}	63,41 ^{dA}	63,10 ^{dA}
50%	95,48 ^{cA}	94,61 ^{cA}	93,87 ^{cB}
75%	103,44 ^{bA}	102,55 ^{bA}	102,16 ^{bA}
100%	120,48 ^{aA}	120,00 ^{aA}	119,46 ^{aA}
CV 1 (%) =		5.41	
CV 2 (%) =		6.00	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

^aExpresso em mg/100mg de amostra.

Pode-se observar que a medida que a quantidade de farelo de arroz aumenta na formulação dos biscoitos, maiores são os valores quantificados de luteína e γ -orizanol, nos permitindo afirmar mais uma vez, que a presença deste ingrediente foi determinante para tais achados. Também é possível notar que o mesmo extrato forneceu quantidades muito diferentes para concentrações de luteína e γ -orizanol, demonstrando que de fato, este é o composto mais abundante no farelo de arroz, como afirmado por outros autores (Silva, Sanches e Amante, 2001; Wilson et al., 2002).

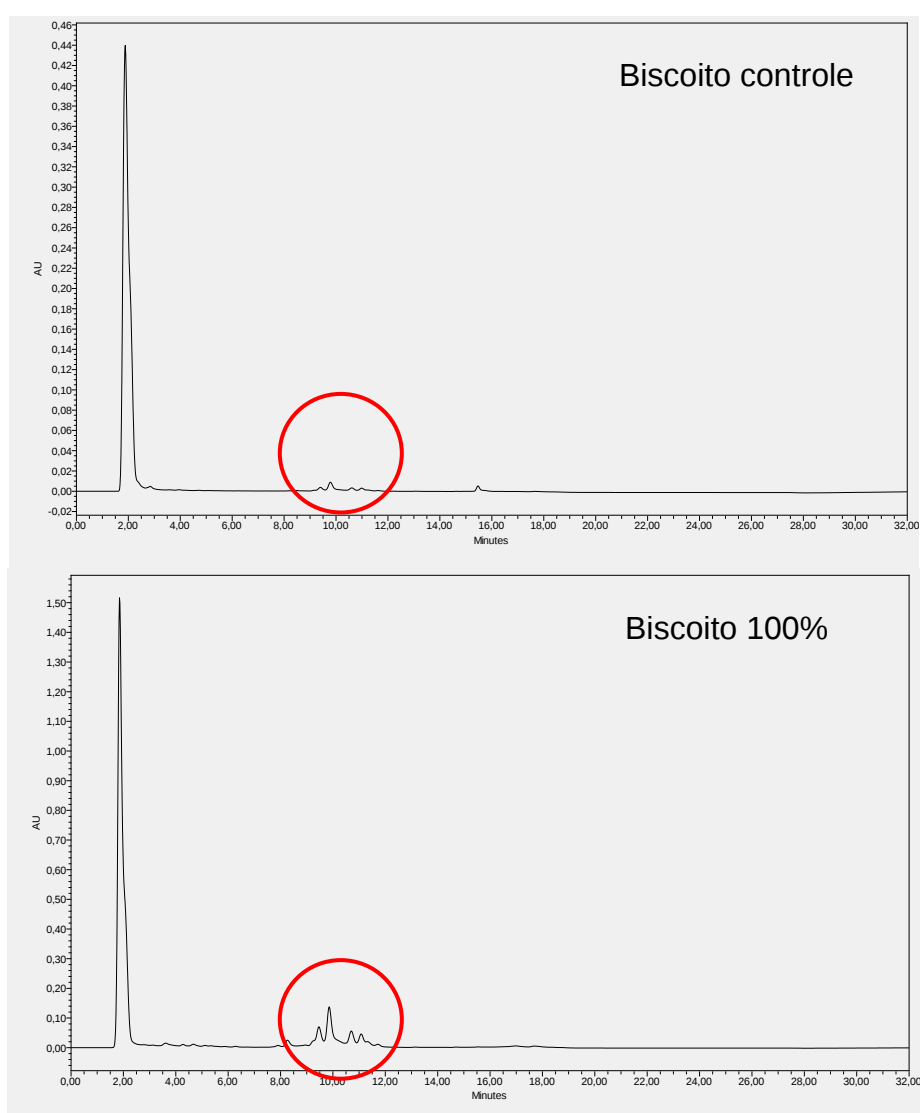


Figura 22. Cromatogramas com identificação de γ -orizanol em amostras de biscoitos com formulação controle e 100%.

Em relação às concentrações de luteína, houve diferença significativa entre as 5 formulações. Os biscoitos com maiores quantidade de farelo de arroz na composição tiveram valores significativamente mais elevados do que o biscoito controle, e, ao avaliarmos os biscoitos 25%, 50%, 75% e 100% entre si, nota-se que a medida que a porcentagem de farelo na formulação aumenta, também aumenta significativamente a concentração de luteína. Ao analisarmos o período de armazenamento, nota-se que houve diminuição significativa apenas nas formulações controle (após 15) e 50% (após 30 dias) e que as formulações com maiores quantidades de farelo de arroz sofreram menor degradação.

Em relação à concentração de γ -orizanol, houve diferença significativa entre as 5 formulações. Os biscoitos com maiores quantidade de farelo de arroz na composição tiveram valores significativamente mais elevados do que o biscoito controle e, ao avaliarmos os biscoitos 25%, 50%, 75% e 100% entre si, nota-se que a medida que a porcentagem de farelo na formulação aumenta, também aumenta significativamente a concentração de γ -orizanol. Ao analisarmos o período de armazenamento, nota-se que houve diminuição significativa apenas na formulação controle após 15 e 30 dias, que também apresentou a maior diminuição durante o armazenamento (17,98%).

A formulação 100% foi a que apresentou menor perda (0,98%) durante os 30 dias de armazenamento, e teve concentrações muito próximas às encontradas no farelo de arroz *in natura*, demonstrando que o processamento térmico parece não afetar de forma importante o conteúdo destes compostos bioativos.

Através destes resultados é possível inferir que o γ -orizanol é de fato o agente principal da atividade antioxidante do farelo de arroz e conseqüentemente dos biscoitos elaborados. Diversos estudos têm atestado a alta atividade antioxidante deste composto (Silva, Sanches e Amante, 2001; Wilson et al., 2002), no entanto, sua utilização tem sido ainda bastante restrita, principalmente pela relativa falta de estudos sobre a sua atividade antioxidante quando associado com outros constituintes dos alimentos e/ou após processamentos (Xu, Hua & Godber, 2001). Desta forma, este estudo colaborou para evidenciar alguns aspectos que ainda não foram muito bem embasados acerca dos compostos bioativos do farelo de arroz, especialmente do γ -orizanol.

5.6 ANÁLISE SENSORIAL DOS BISCOITOS

Os resultados descritos a seguir referem-se à análise sensorial realizada através de testes de aceitação (por meio de degustação) e teste de intenção de compra, utilizando-se a escala hedônica de nove e três pontos estruturada.

Para o teste de aceitação foram utilizadas as escalas de 1 à 9, com termos definidos, situados entre “desgostei extremamente” (nota 1) e “gostei extremamente” (nota 9), contendo um ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei” (nota 5). Para o teste de intenção de compra utilizou-se as escalas 1 (não), 2 (talvez) e 3 (sim), além disso, antes das degustações, também houve o preenchimento de um questionário para identificação do perfil dos participantes.

Analisando a Ficha de Identificação do Consumidor, indicamos algumas características da população de avaliadores. Essas características estão demonstradas nas figuras 23 e 24, e mostram uma população de avaliadores de 66,22% do sexo feminino e 33,78% do sexo masculino, predominantemente adulta, estando a maioria entre 20 e 30 anos. O grau de escolaridade dominante foi o ensino médio e o local mais citado entre os provadores para o consumo de biscoito doce foi em casa, seguido pelo local de trabalho ou universidade. Em relação à frequência de consumo e o tipo de biscoitos doces consumidos, houve prevalência de consumo semanal e biscoitos doces não integrais, demonstrando que estes produtos encontram-se frequentemente presentes na alimentação dos avaliadores porém em versões tradicionais da indústria brasileira, que em geral, são a base de farinhas refinadas.

Este perfil corrobora, exceto pela prevalência de sexo, com a população de avaliadores encontrada por Mauro e colaboradores (2010) no estudo de caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com Farinha de Talo de Couve (FTC) e Farinha de Talo de Espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar onde 45,5% era do sexo feminino e 54,5% do sexo masculino, predominantemente adulta, estando a maioria entre 20 e 30 anos; ensino médio como grau de escolaridade dominante e prevalência de consumo semanal.

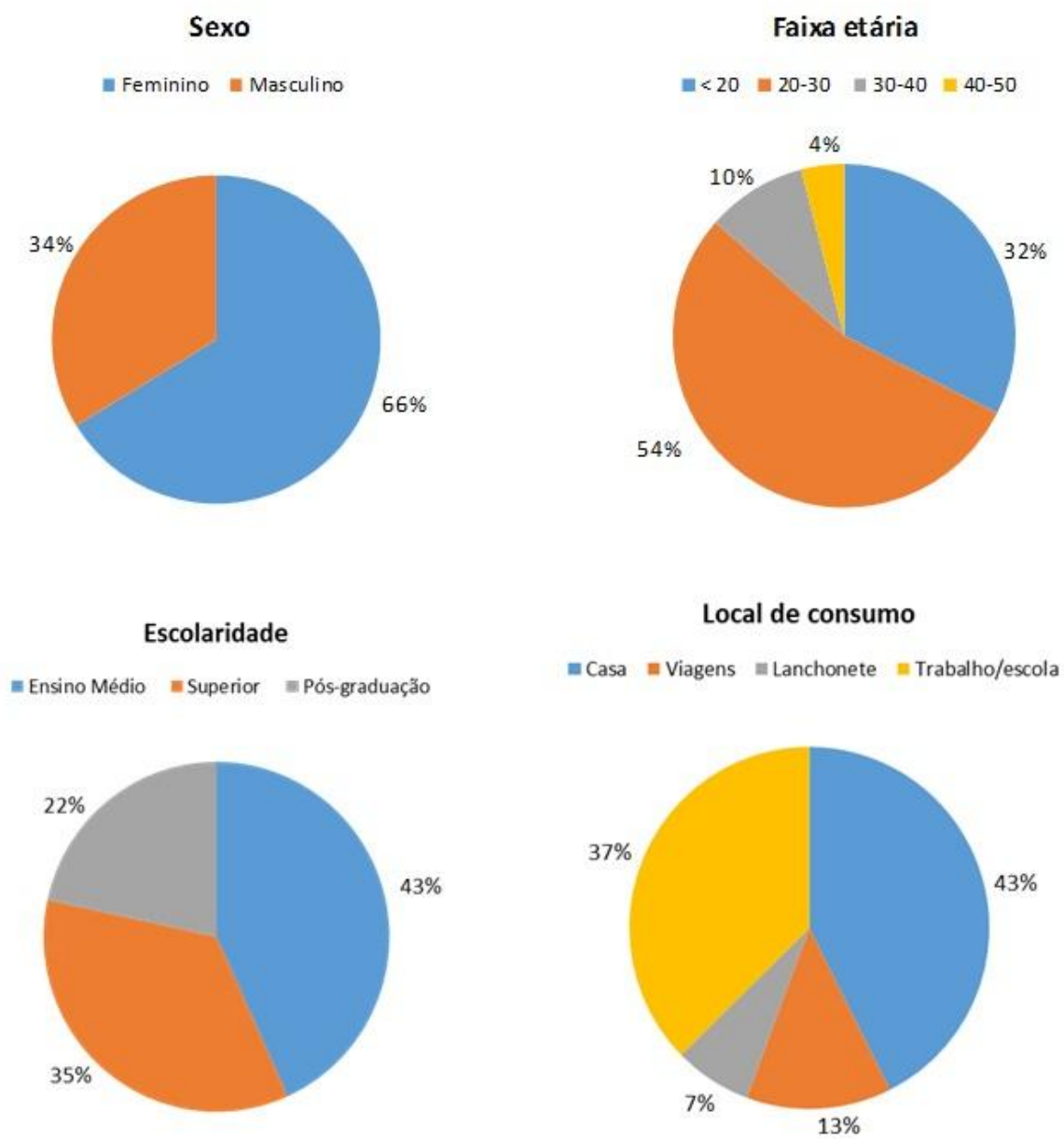


Figura 23. Prevalência de sexo e faixa etária entre os provedores.

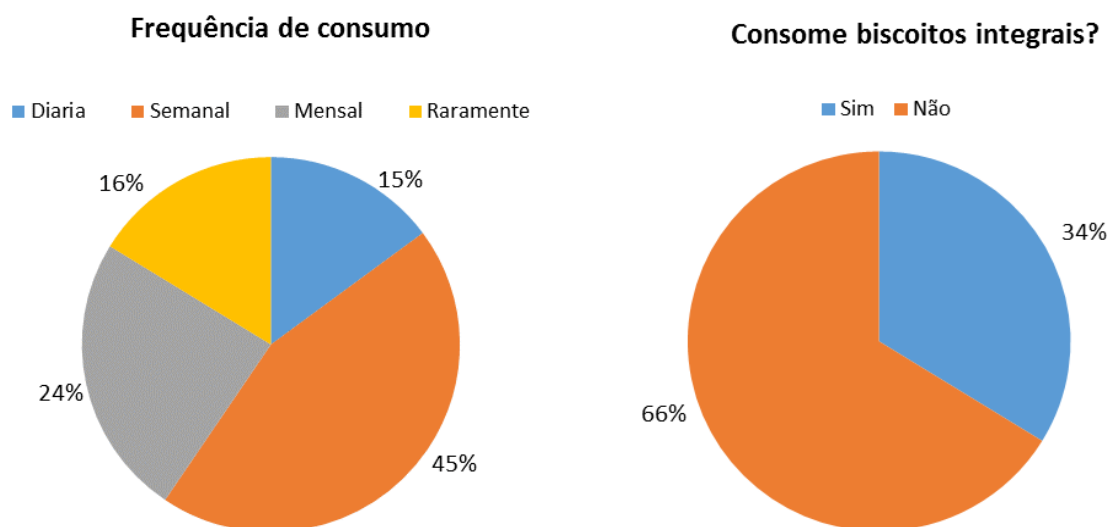


Figura 24. Prevalência da frequência de consumo e tipo de biscoitos doces consumidos.

Em relação à preferência dos provadores quanto aos 5 atributos avaliados nos biscoitos experimentais, para a síntese de dados, as escalas hedônicas de 1 à 4 foram reunidas em uma única, correspondendo ao termo “desgostei”, a escala hedônica 5 corresponde ao termo “neutro” e as escalas hedônicas de 6 à 9 foram reunidas em uma única, correspondendo aos termos “gostei”.

Quanto ao atributo sabor, o biscoito 75% foi a formulação que apresentou maior aceitação com prevalência de 78,38% de notas na escala “gostei”, seguido pelo biscoito 100% (com 75,68%) e 50% (com 72,97%). Os biscoitos com menor aceitação em relação ao sabor foram os biscoitos 25% (com 70,27%) e controle (66,22%).

Todas as formulações apresentaram boa aceitação em relação aos atributos:

- Cor - prevalência maior que 90% de notas na escala “gostei”,
- Aspecto global - prevalência maior que 70% de notas na escala “gostei”
- Aroma – prevalência maior que 70% de notas na escala “gostei”.

Porém, vale ressaltar que em relação ao aroma e o aspecto global, o pior desempenho foi obtido pelo biscoito controle (com 74,32 e 72,97%, respectivamente).

Em relação à textura, os biscoitos 75% e o biscoito 50% foram as formulações que apresentaram maior aceitação com prevalência de 75,68% de notas na escala “gostei”, seguido pelo biscoito 25% (com 72,97%) e biscoito 100% (com 63,51). O

biscoito controle foi o que apresentou menor aceitação, com prevalência de 33,78% de notas na escala "desgostei"

A Figura 25 e a Figura 26 demonstram a distribuição da avaliação dos provadores quanto aos 5 atributos analisados nos biscoitos experimentais.

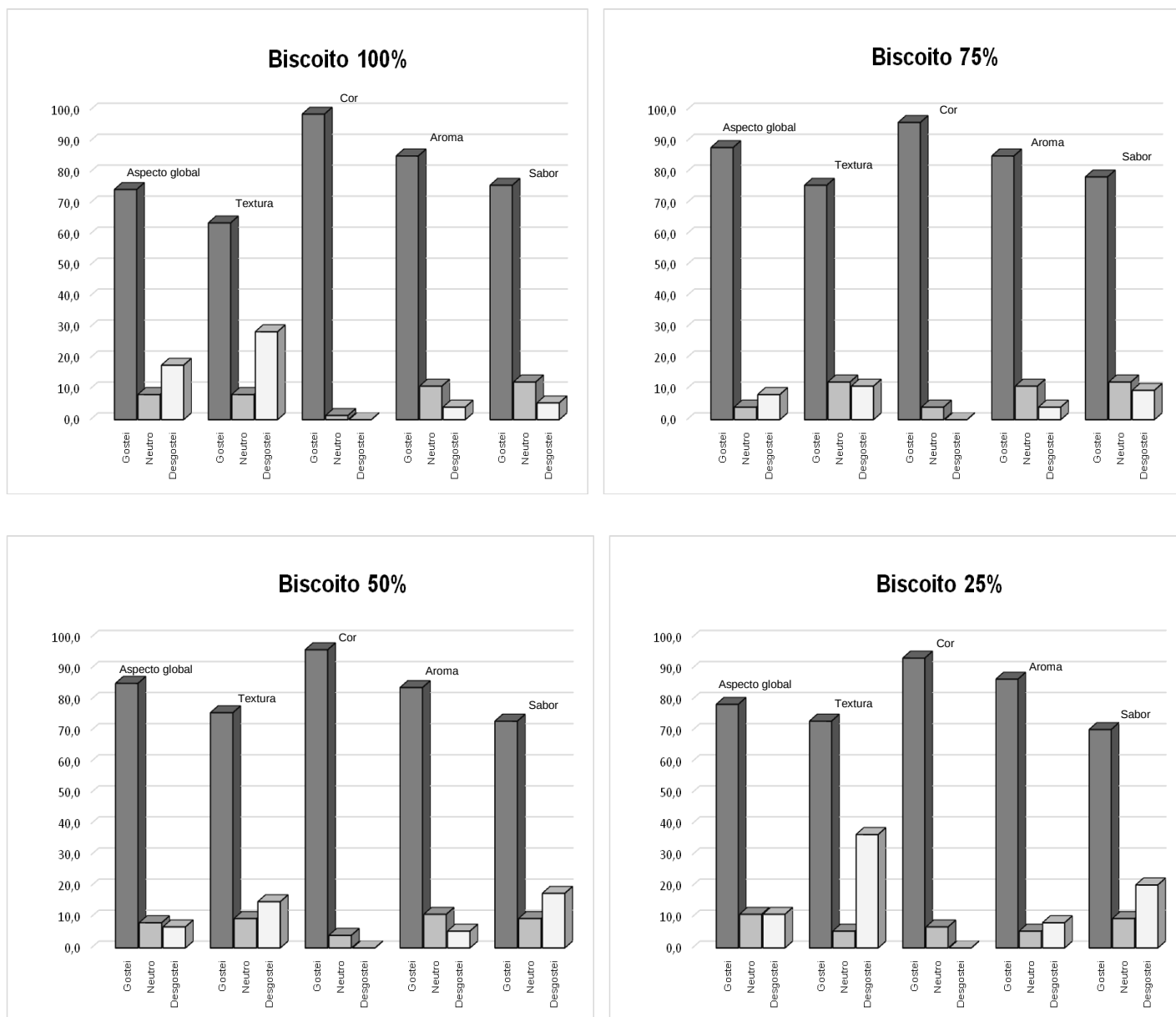


Figura 25. Distribuição dos provadores em relação às escalas atribuídas às formulações 100%, 75%, 50% e 25%.

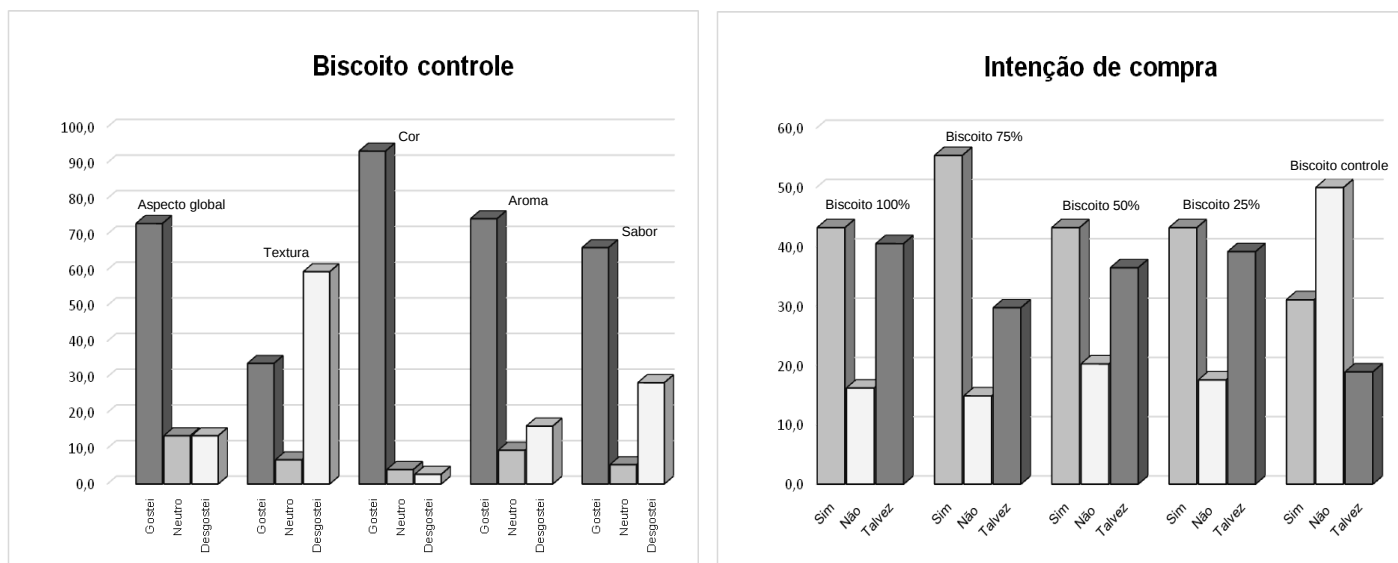


Figura 26. Distribuição dos provadores em relação às escalas atribuídas às formulações controle e intenção de compra.

Estes dados nos permitem inferir que os biscoitos com farelo de arroz na composição obtiveram melhor aceitação do que o biscoito controle, demonstrando que a adição de farelo de arroz não propicia características sensoriais desagradáveis e que os biscoitos são bons veículos para o consumo desta matéria-prima. As formulações 25%, 50% e 100% obtiveram boa aceitação, mas de acordo com os resultados, pode-se afirmar que a formulação de 75% foi a que mais agradou sensorialmente os provadores.

Este achado corrobora com alguns estudos, tal qual o de Abud e Narain (2009), que avaliaram a incorporação de até 20% de resíduos de frutas em substituição da farinha de trigo em biscoitos, e verificaram que os biscoitos mais apreciados foram aqueles com maior percentual de fibras. Bick et al. (2014), ao elaborarem biscoitos com diferentes concentrações de farinha de quinoa em substituição parcial à farinha de trigo, também não observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) de aceitabilidade entre os biscoitos com formulações de 10, 20 e 30% de farinha de quinoa, e portanto, puderam afirmar que a adição de até 30% de farinha de quinoa em biscoitos não altera negativamente suas características sensoriais de aceitabilidade, em relação aos biscoitos com quantidades menores desta farinha.

No entanto, alguns estudos também revelam que há uma tendência a diminuição da aceitação de biscoitos experimentais quando comparados com biscoitos padrão. Clerici et al. (2013), ao avaliarem a qualidade física, química e

sensorial de biscoitos tipo *cookies* elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim (FDG) verificaram que aumento da substituição da farinha de trigo por FDG interferiu negativamente na aceitação dos *cookies* pelos provadores. Mariani (2010) elaborou biscoitos utilizando farinha de arroz, farelo de arroz e farinha de soja, onde seus resultados foram em média, para todos os atributos analisados, gostei regularmente e indiferente. Lupatini et al. (2011), ao utilizarem farinha mista à base de resíduos, casca de maracujá e torta de soja (okara), avaliaram o efeito do uso diferentes concentrações e ao testarem formulações com maior percentual de substituição, observaram queda da aceitação dos provadores. Aquino et al. (2010) observaram que a incorporação de farinha de resíduos de acerola promoveu uma menor aceitação dos biscoitos em comparação a formulação padrão, principalmente pela mudança de cor e presença de grânulos verificadas pelos provadores. Por isso, a aceitação encontrada neste estudo é animadora e demonstra que a adição desse farelo na formulação de biscoitos pode ser uma alternativa promissora para o desenvolvimento de novos produtos.

A figura 26 também demonstra a distribuição dos provadores em relação à intenção de compra. Pode-se observar que a maior prevalência de intenção de compra positiva foi obtida pelo biscoito 75% (com 55,41%) e a menor pelo biscoito controle (com 31,08%). Os biscoitos 100%, 50% e 25% apresentaram a mesma intenção positiva de compra de 43,24%, porém entre eles, a escala “talvez” foi atribuída majoritariamente ao biscoito 100% (com 40,54%), além disso, todos os biscoitos formulados com farelo de arroz obtiveram intenção positiva de compra superior ao biscoito controle. Estes dados demonstram novamente que a adição do farelo de arroz na formulação dos biscoitos não interferiu negativamente nas características sensoriais, e que pode inclusive, ter melhorado a aceitação e a intenção de compra comparando-os com o biscoito sem farelo. Borges, Bonilha e Mancini (2006), ao realizar um teste de intenção de compra de biscoitos *cookies* elaborados com farinha de semente de abóbora (com substituição de 30%), teve como resultado um percentual de 77% de provadores dispostos a comprar o produto, apontando para a viabilidade de comercialização de *cookies* formulados com farinhas mistas contendo resíduos vegetais.

Além da distribuição das prevalências, também foram calculadas as médias das notas atribuídas e do teste de intenção de compra dos biscoitos formulados com diferentes níveis de farelo de arroz. Os dados estão indicados na Tabela 21.

Tabela 21. Valores médios das notas atribuídas às características analisadas e a intenção de compra dos biscoitos das cinco formulações.

Amostra	Aspecto global	Textura	Cor	Aroma	Sabor	Intenção de compra
Biscoito 100%	6,38 ^a	5,72 ^a	7,50 ^a	6,36 ^a	6,32 ^a	2,27 ^a
Biscoito 75%	6,85 ^a	6,34 ^a	7,53 ^a	6,93 ^a	6,42 ^a	2,38 ^a
Biscoito 50%	6,81 ^a	6,43 ^a	7,51 ^a	7,00 ^a	6,38 ^a	2,26 ^a
Biscoito 25%	6,58 ^a	5,89 ^a	7,42 ^a	6,95 ^a	6,23 ^a	2,26 ^a
Biscoito controle	6,16 ^a	4,31 ^b	7,30 ^a	6,47 ^a	5,85 ^a	1,81 ^b
CV (%)	24,79	31,62	13,20	22,58	27,18	35,34
DMS	0,73	0,81	0,44	0,05	0,05	0,34

Médias seguidas de mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao aspecto global, cor e aroma todos as formulações obtiveram médias superiores a 6 (gosto pouco). Quanto ao atributo textura, apenas as formulações 75% e 50% obtiveram médias acima de 6, sendo a pior média a apresentada pelo biscoito controle. O sabor foi o atributo em que quase todas as formulações apresentaram médias superiores a 6, onde a exceção foi apresentada pelo biscoito controle que obteve a pior média no valor de 5,85. A melhor média quanto a este atributo foi a do biscoito 75% com 6,42.

Os valores das médias encontrados também indicam uma aceitação satisfatória dos biscoitos com farelo de arroz pelos provadores, demonstrando que do ponto de vista sensorial, estes produtos são uma boa alternativa para a inclusão do farelo de arroz na alimentação humana. De acordo com Santucci et al. (2003), a mistura de farinhas não convencionais com a farinha de trigo, ou farinhas tradicionalmente mais usadas, melhora a qualidade nutricional de biscoitos e pode até melhorar sua palatabilidade tornando-o mais aceito pelos consumidores. E por ser um produto de baixo custo, pode facilmente ser consumido pelas classes sociais menos privilegiadas.

Os dados descritos até aqui são suficientes para podermos inferir que os biscoitos com farelo de arroz na composição obtiveram aceitação satisfatória e que apresentam potencial para serem comercializados, no entanto, segundo Teixeira et al. (1987) e Viera et al. (2010), para que um produto seja considerado como aceito, em termos de suas propriedades sensoriais, é necessário que obtenha-se um índice de aceitabilidade (IA) de, no mínimo, 70%. Por isso este cálculo também foi realizado, utilizando a Equação 2, em que M é a média das notas obtidas e X a nota máxima, a qual foi 9 para o teste de aceitabilidade.

$$IA = \frac{M}{X} \times 100\% \quad (2)$$

A tabela 22 mostra os índices de aceitabilidade com relação aos diferentes atributos avaliados e intenção de compra para todos os biscoitos elaborados com as distintas formulações.

Tabela 22. Índice de aceitabilidade (%) para as características analisadas e intenção de compra dos biscoitos das cinco formulações.

Amostra	Aspecto global	Textura	Cor	Aroma	Sabor	Intenção de compra
Biscoito 100%	70,87	63,66	83,33	70,72	70,27	75,68
Biscoito 75%	76,13	70,42	86,63	77,03	71,32	79,28
Biscoito 50%	75,68	71,47	83,48	77,78	70,87	75,23
Biscoito 25%	73,12	65,47	82,43	77,18	69,22	75,23
Biscoito controle	68,47	47,90	81,08	71,92	65,02	60,36

Pode-se observar que a cor de todos os biscoitos foi aceita com IA acima de 80%, assim como o aroma com aceitabilidade superior à 70%. Em relação ao atributo "aspecto global", a única formulação que não pode ser considerada como aceita, é a do biscoito controle pois apresentou IA de 68,47%, o que está de acordo com os interesse do estudo em promover o uso do farelo de arroz.

Em relação à textura, um dos principais atributos que influenciam a aceitabilidade, apenas as formulações 75% e 50% podem ser consideradas como

aceitas pois as demais apresentaram IA inferior à 70%, sendo que destes, o pior índice foi obtido novamente pelo biscoito controle, com 47,90%, seguido pela formulação 100% que apresentou IA de 63,66%.

O sabor também é um atributo extremamente importante para determinação da aceitabilidade de um produto, e neste caso, somente as formulações 100%, 75% e 50% de farelo de arroz apresentaram IA superior à 70% e podem ser consideradas aceitas, seguidas pela formulação 25% e por último pelo biscoito controle (ambos não aceitos segundo o IA).

Sobre a intenção de compra, nota-se que todas as formulações com farelo de arroz em sua composição (25%, 50%, 75% e 100%) podem ser consideradas aceitas pois apresentaram IA superior à 70%, e novamente, o biscoito controle foi a formulação que não pode ser considerada aceita segundo este atributo.

Através destes dados podemos afirmar que, segundo o Índice de Aceitabilidade, as melhores formulações do ponto de vista sensorial, são as dos biscoitos 50 e 75% pois obtiveram IA superior à 70% em todos os atributos. Este achado concorda com os demais resultados encontrados na análise sensorial deste estudo através de outros parâmetros, tais como médias e distribuição da prevalência. No entanto, os resultados anteriores nos permitem inferir que todos os biscoitos com farelo de arroz podem ser considerados bem aceitos quando comparados ao biscoitos controle, demonstrando que o índice de aceitabilidade fez uma estratificação, destacando apenas os biscoitos com aceitabilidade em todos os quesitos.

De maneira geral, os resultados apresentados pela análise sensorial indicam que o farelo de arroz é uma matéria-prima com excelente potencial para a aplicação em produtos, viabilizando sua adição em substituição à quantidade total ou parcial de farinha de trigo ou farinha de arroz sem que haja perda da qualidade sensorial do produto.

Segundo Fasolin et al. (2007), outros trabalhos realizados com diferentes tipos de biscoito têm demonstrado forte tendência das indústrias e pesquisadores em promover o enriquecimento de biscoitos, pois, por serem um produto de baixo custo podem facilmente ser consumidos pelas classes sociais menos privilegiadas.

As pessoas tendem a aceitar melhor os alimentos preparados a partir de ingredientes tradicionalmente estabelecidos e próximos aos seus hábitos

alimentares, entretanto, características sensoriais, tais como sabor, satisfação e conveniência, também podem afetar a escolha do alimento e aumentar as razões para a escolha de um alimento em particular, e ainda que o teste afetivo realizado neste trabalho limite a significância dos resultados apenas aos provadores que participaram do teste, as análises dos resultados sugerem que os biscoitos formulados com farelo de arroz podem ser comercialmente viáveis e aceitos pela população, auxiliando não somente no uso sustentável deste subproduto, bem como na melhoria da oferta de nutrientes na alimentação humana.

6. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que é possível elaborar biscoitos com características sensorias e tecnológicas (rendimento, textura, cor, qualidade microbiológica e estabilidade de armazenamento) desejáveis e mais saudáveis do que os tradicionalmente disponibilizados no mercado por serem enriquecidos com fibras, minerais e principalmente, com compostos bioativos com atividade antioxidante. Desta forma, a pesquisa colaborou para o aproveitamento do farelo de arroz de forma sustentável ao viabilizar o aumento do seu consumo com boa aplicação tecnológica e valor nutricional.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O farelo de arroz tem demonstrado grande potencial como matéria-prima para o desenvolvimento de diversos produtos alimentícios pelo seu excelente valor nutricional e pela sua grande disponibilidade. Sua utilização para consumo humano ainda é bastante reduzida, no entanto, o aproveitamento integral e mais racional das culturas agrícolas tem sido objetivos da indústria e alvo de estudos por parte dos pesquisadores, fazendo com que suas oportunidades para aplicações sejam promissoras.

O desenvolvimento de doenças crônicas na população mundial apresenta níveis alarmantes e têm direcionado as pesquisas na área de biotecnologia dos alimentos para a busca de produtos mais saudáveis. Por isso, pesquisas que envolvam a viabilização da utilização do farelo de arroz na alimentação humana, podem garantir ao consumidor um produto seguro do ponto de vista nutricional, microbiológico e sensorial, além de auxiliar no planejamento de estratégias de promoção da saúde pública.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abud, A. K. S.; Narain, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2009.

Abdul-hamid, A. & Luan, Y. S. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*. v. 68, p. 15-19, 2000.

Airani, S. Nutritional quality and value addition to jack fruit seed flour. 2007. 48p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos e Nutrição) – College of Rural Home Science, University of Agricultural Sciences, Dharwad, 2007.

Alves C.Q, Brandão H.N, David J.M, David J.P, Lima L.S. Avaliação da atividade antioxidante de flavonóides. *Diálogos e ciência – Revista da rede ensino FTC*, 5(12): 78, 2007.

Alves-Rodrigues, A.; Shao, A. The science behind lutein. *Toxicol. Lett.*, v. 150, p. 57-83, 2004.

Amato, C. W.; Carvalho, J. L. V.; Silveira, F. S. Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre. Porto Alegre, RS: Ricardo Lenz Editora, 2002.

AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMISTS (AACC). Official methods of analysis. 9th ed. Saint Paul, 1995. v. 2.

Amorim, A. G.; Sousa, T. A.; Souza, A. O. Determinação do pH e acidez titulável da farinha de semente de abóbora (*cucurbita maxima*). VII CONNEPI®, 2012.

Andrews, W.H.; Flower, R.S.; Siliker, J.; Bailey, J. S. Salmonella. In: Vderzant, C., Splttstoesser, D.F. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination for Foods*. 4.ed. Washington: APHA, 2001, cap. 37,p.75-95.

Araújo, E. L.B.; Castro, A. M. V.; Nascimento, G. S. M. et al. Avaliação higiênico sanitária de 10 amostras de biscoito doce sem recheio fabricado por uma indústria do município de João Pessoa – PB. In: IX Encontro de extensão e X encontro de iniciação à docência, 2007, João Pessoa. Catálogo de Resumos do X Encontro de Iniciação à Docência, 2007.

Aoe, S.; Oda, T.; Tatsumi, K.; Yamauchi, M. &ayano, Y. Extraction of soluble dietary fibers from deffated rice bran. *Cereal Chemistry*. v. 70, n. 4, p. 423-425, 1993.

Aquino, A.C.M.S.; Moes R.S.; Leão, K.M.M.; Figueiredo, A.V.D.; Castro, A.A. Avaliação físico-química e aceitação sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com farinha de resíduos de acerola. *Rev Inst Adolfo Lutz*. São Paulo, 2010; 69(3):379-86.

Asp, N. G. et al. Rapid enzymatic assy of insoluble and soluble dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Method of Analysis. 18 ed. Gaithersburg: AOAC. 2005. 152p.

Awad, M.A., De Jager, A., Van Westing, L.M. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. *ScientiaHorticulturae*, 83, 249-263, 2000.

Barbosa, E. F.; Gil, E. S.; Lúcio, T. C.; Borges, L. L. Uma abordagem sobre métodos analíticos para determinação da atividade antioxidante em produtos naturais. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

Bastos, D. H. M.; Rogero, M. M. R.; Arêas, J. A. G. A. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2009.

Batista, A. et al. Ação antioxidante de extratos de farelo de arroz com diferentes níveis de polaridades. In: Congresso de ciências farmacêuticas de cascavel e

Simpósio em ciência e tecnologia de alimentos do mercosul. Resumos. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, 2004.

Bemiller, J.N. Acid Hydrolysis and Other Lytic Reactions of Starch in Whistler, R.L.; Bemiller, J.N.; PASCHALL, E.F. Starch: Chem. and Tech., v. 1, Academic Press, London., New York, p. 153-182, 1984.

Benzie, I.F.F., Strain, J.J., 1999. Ferric reducing (antioxidant) power as a measure of antioxidant capacity: the FRAP assay. Methods Enzym. 299, 15–36.

Beuchat, L. R.; Cousin, M. A. Yeasts and models. In: DOWNES, F. P; ITO, K. (Ed.). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington: Apha, 2001. p.209-215.

Bick, M. A.; Fogaça, A. O.; Storck, C. R. Biscoitos com diferentes concentrações de farinha de quinoa em substituição parcial à farinha de trigo. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 17, n. 2, p. 121-129, abr./jun. 2014.

Borges, S. V.; Bonilha, C. C.; Mancini, M. C. Sementes de jaca (*Artocarpus integrifolia*) e de abóbora (*Curcubita moschata*) desidratadas em diferentes temperaturas e utilizadas como ingredientes em biscoitos tipo cookie. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 317-321, 2006.

Bortoloni, V. M. S. Determinação da composição centesimal do arroz parboilizado (*Oriza sativa*) e seu subproduto. Revista Congrega, URCAMP, Bagé, 2010.

Botelho, L.; Conceição, A.; Carvalho, V.D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi “smooth cayenne”. Ciência & Agrotecnologia, Lavras, v. 26, n.2, p.362-367, mar/abr. 2002.

Bobbio, P.A.; Bobbio, F.O. Química do processamento de alimentos. 3. ed., São Paulo: Varela, p. 103-118, 2001.

Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.-The quantitative analysis of phenolic constituents. *LebensmWiss Technology*, 28, 25-30. 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO - RDC Nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO - RDC Nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – CNNPA nº 12, de 1978. Brasília, DF.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº263 de 22 de setembro de 2005. Aprova o “regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”. Brasília, Diário Oficial da União, Poder Executivo de 23 de setembro de 2005.

Carvalho, A. R. “Monitorização de Desreguladores Endócrinos em águas de rede e águas residuais por SPE-UPLC-ESI-MS / MS”, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

Carvalho, R. DE C.; Felipe Júnior J. de. Arroz integral: o farelo de arroz possui atividade anti-radical hidroxila, anti-radical superóxido e contém em sua composição: SODCu – Zn. Associação Brasileira de Medicina Complementar, 2006.

Catania, A. S.; Barros, C. R. B.; Ferreira, S. R. G. Vitaminas e minerais com propriedades antioxidantes e risco cardiometabólico: controvérsias e perspectivas. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 550-559, 2009.

Cauvain, S. P.; Young, L. S. O pão: o produto. In:_____. Característica da qualidade do pão. Tecnologia da Panificação. 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2009.

CDC-Centers for Disease Control and Prevention. Can eating fruits and vegetables help people to manage their weight? Research to Practice Series, no 1; Mar 2005.

Cecchi, H. M. Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos. 2. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

Cereda, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: Cereda, M. P. L (Coord.). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. Cap. 1, p. 13 - 37.

Chan, W.K.M.; Decker, E.A. Endogenous skeletal muscle antioxidants. Crit Rev Food Sci Nutr 34: 403-426, 1994.

Chisté, R. C.; Cohen, K. O.; Mathias, E. A.; Ramos Júnior, A. G. A. 2006. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26 (4): 861-864.

Choi Y, Jeong H-S, Lee J. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. Food Chemistry. 2007; 103: 130-38.

Choi, C et al. Antioxidant activity and radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Sci., v. 163, p. 1161-1168, 2002.

Clerici, M. T. P. S.; Oliveira M. E.; Nabeshima E. H. Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, v. 16, n. 2, p. 139-146, abr./jun. 2013.

Coral, E.; Rossetto, C. R.; Selig, P. M. Planejamento Estratégico para a Sustentabilidade Empresarial: uma proposta para convergência das estratégias econômicas, ambientais e sociais. In: Encontro nacional dos programas de pós-

graduação em administração, 27, 2003, Atibaia. Anais... Atibaia, SP: ENANPAD, 2003.

CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 4- Safra 2015/16 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, janeiro 2016.

Cunha, D. Casca de arroz pode substituir talco na fabricação de náilon. 2008. Disponível em:<<http://www.revistasustentabilidade.com.br/s02/noticias/residuos-de-casca-de-arroz-e-nova-aposta-de-pesquisadores-para-producao-de-nailon/>>. Acesso em: Jul. 2016.

Dagnelie, G.; Zorge, I.; McDonald, T. M. Lutein improves visual function in some patients with retinal degeneration: a pilot study via the internet. Optometry, v. 71, p. 147-164, 2000.

Della, V. P. et al. Estudo Comparativo entre Sílica Obtida por Lixívia Ácida da Casca de Arroz e Sílica Obtida por Tratamento Térmico da Cinza de Casca de Arroz. Química Nova, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1175-1179, 2006.

Delgado-Vargas, F.; Jiménez, A. R.; Paredes-López, O.; Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2000, 40, 173.

Demajorovic, Jacques. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. Revista de Adm. de Empresas, v. 35, n. 3, p. 88-93, 1995.

Dias, P.F.M.; Pedrozo A. E.; Anicet, C. N. Desafios e respostas inovadoras sustentáveis da agroindústria arroseira brasileira. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.4, n.1, p. 57-77, jan./abr. 2011 - ISSN 1981-9951.

El-dash, A.; Germani, R. Tecnologia de Farinhas Mistas: Uso de Farinhas Mistas na Produção de Biscoitos. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. v. 6, 47 p.

Eslami, S.; Esa, N. M.; Marandi, S. M.; Ghasemi, G.; Eslami, S. Effects of gamma oryzanol supplementation on anthropometric measurements & muscular strength in healthy males following chronic resistance training. Indian Journal of Medical Research, n. 139, p. 857-862, 2014.

Esteller, M. S.; Lannes, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

Fasolin, L. H.; Almeida, G. C.; Castanho, P. S.; Netto-Oliveira, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações químicas, físicas e sensorial. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, 2007.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

Feddern, V.; Durante, V. V. O.; Miranda, M. Z. Avaliação física e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionados de farelo de trigo e arroz. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 14, n. 4, p. 267-274, 2011.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

Ferreira, C.M.; Pinheiro, B. da S. Possíveis cenários de produção de arroz no Brasil e no Mercosul. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1, REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 7, v.2. Florianópolis. Anais, 2003. P. 169 – 185.

Franco. B. D. G. M.; Landgraf, M. Microbiologia de alimentos. São Paulo: Atheneu, 1996. 182p.

Fraser, P. D.; Bramley, P. M.; Prog. Lipid Res. 2004, 43, 228.

Fontana, J. D.; Mendes, S. V.; Persike, D. S.; Peracetta, L. F.; Passos, M. CAROTENOIDES. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, n.3, março/abril, 2000. p. 40-45.

Foletto, E. L.; Hoffmann, R.; Hoffmann, R. S.; Portugal Junior, U. L.; JAHN, S. L. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, p. 1055-1060, 2005.

Garrido, M.F.V. Avaliação in vivo do potencial de redução de colesterol, da capacidade antioxidante e anti-inflamatória de farelo de arroz. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Alimentar. Universidade de Lisboa, 2015.

Giordano, S. R.; Spers, E. E.; Nassar, A. M. Competitividade do Sistema Agroindustrial do Arroz. In: Farina, E. M. M. Q.; Zylbersztajn, D. (Coord.) Competitividade do agribusiness brasileiro. São Paulo, SP: USP.IPEA. PENSA, 1998. p. 1-101

Graf, E.; Eaton, J. W. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*, v.8, p.61-69, 1990.

GRAIN OF HOPE. Discover de power of stabilized rice. U.S.A, 20 abril. 2004.

Gutkoski, L. C.; Ianiski, F.; Damo, T. V.; Pedó, I. Biscoitos de aveia tipo “cookie” enriquecidos com concentrado de -glicanas. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 10, n. 2, p. 104-110, 2007.

Hall, J.; Vredenburg, H. The Challenges of Innovating for Sustainable Development. *MIT Sloan Management Review.*, v. 45, n. 1, p. 61-68, 2003.

Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free radicals in biology and medicine. 3ª ed. Oxford: Oxford University Press; 2000.

Hart, S. L. Innovation, creative destruction and sustainability. *Research Technology Management*, v. 48, n. 5, p. 21-27, September-October 2005.

_____; Milsten, M. B. Criando Valor Sustentável. *Revista de Administração de Empresas – RAE Executivo*, v. 3, n. 7, p. 65-79, maio/jun. 2004.

Ho J.N., Son M.E., Lim W.C., Lim S.T., Cho H.Y. Anti-obesity effects of germinated brown rice extract through down-regulation of lipogenic genes in high fat diet-induced obese mice. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2012; 76: 1068-74.

Hoseney, R. C. *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Acribia, 1991. 321 p. Zaragoza, Espanha.

Human Vitamin and Mineral Requirements, Report 7^a Joint FAO/ OMS Expert Consultation Bangkok, Thailand, 2001. Dietary Reference Intake, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. 1999-2001

Hurrell, R.F. et al. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.77, p.1213–1219, 2003.

Imam M.U., Ismail M., Ithnin H., Tubesha Z., Omar A.R. Effects of germinated brown rice and its bioactive compounds on the expression of the peroxisome proliferator-activated receptor gamma gene. *Nutrients*. 2013; 5: 468-77.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 25-26.

_____. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE – IRRI, 2009. Disponível em: <http://ricestat.irri.org:8080/wrs2/entrypoint.htm>. Acesso em junho de 2016.

IRGA - INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. Farelo de arroz: uma nova visão. 2008. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/index.php?action>.

Itani, T. et al. Distribution of amylose, nitrogen, and minerals in rice kernels with various characters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, p.5326-5332, 2002.

Jordão JR, A.A.; Chiarello, P.G.; Bernardes, M.S.M.; Vannucchi, H. Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutatona reduzida e da vitamina E. *Medicina*, v.31, n.3, p.434-449, 1998.

Juliano, B. O. Rice in human nutrition. Rome: FAO, 1993.

Juliano, B. O.; Bechtel, D. B. The rice grain and its gross composition. In: Juliano, B. O. (Ed.). *Rice: chemistry and technology*. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap. 2, p.17-57.

Kämpf, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agrolivros, 2.ed. , 2005. 254p.

Kearney J. Food consumption trends and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010.

Khouryieh, H.; Aramouni, F. Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *Journal of Science Food and Agriculture*, v. 92, p. 2366-2372, 2012.

Kim, H.; Lee, S.; Park, K. & Hong, I. Characterization of extraction and separation of rice bran oil rich in EFA using SFE process. *Separation and Purification Technology*. v. 15, p. 1-8, 1999.

Kornacki, J.L.; Johnson, J.L. Enterobacteriaceae, coliforms and ***Escherichia coli*** as quality and safety indicators. In: Vanderzant, C.; Splittstoesser, D.F. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: APHA - American Public Health Association, 2001. Cap.8, p.69-82

Krüger, C. C. H. et al. Biscoitos tipo “cookie” e “snack” enriquecidos, respectivamente com caseína obtida por coagulação enzimática e caseinato de sódio. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, n. 23, v.1, p. 81-86, jan.-abr. 2003.

Lacerda, D. B. C. L.; Soares Júnior, M. S.; Bassinello, P. Z.; Siqueira, B. S.; Koakuzu, S. N. Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz torrado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Caracas, v. 59, n. 2, p. 199-205, 2009.

Lago, I. Desenvolvimento do arroz e do arroz vermelho: modelagem e resposta à mudança climática. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

Lakkakula, N. R., Lima, M., & Walker, T. (2004). Rice bran stabilization and rice bran oil extraction using ohmic heating. Bioresource Technology, 92, 157–161.

Lancette, G.A., Bennett, R.W. Staphylococcus aureus. In: Vanderzant, C., Splittstoesser, D.F. Compendium of Methods for the Microbiological Examination for Foods. 3.ed. Washington: APHA, 2001, p.533-550.

Lemos, M.R.B.; Soares, L.A.de S. Farelo de arroz: um subproduto em estudo. Óleos & Grãos, v. 7, n. 51, p.40-48, 1999.

Liu, Z. H. et al. Grain phytic acid content in japonica rice as affected by cultivar and environment and its relation to protein content. Food Chemistry, v.89, n.1, p.49-52, 2005.

Lorenzetti, D. B.; Neuhaus, M.; Schwab N. T. Gestão de resíduos e a indústria de beneficiamento de arroz. Revista gestão industrial, v. 08, n. 01: p. 219-232, 2012.

Lumen, B. O.; Chow, H. Nutritional quality of rice endosperm. In: LUH, B. S. (Ed.). Rice utilization - vol II. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold Pub., 1995. Cap. 15, p.363- 395.

Lupatini, A.L. et al. Desenvolvimento de Biscoitos com Farinha de Casca de Maracujá-amarelo e Okara. Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.13, nº 3, Edição Especial, 2011.

Luzziatti, M.; Watanabe, M.; Carvalho, A.P.; Yamaguchi, C. K.; Neto, R. J. Estudo da utilização da casca de arroz na produção de bioenergia no município de Turvo/SC. Revista Espacios. Vol. 34 (2) 2013. Pág. 14

Machado, H. et al. Flavonóides e seu potencial terapêutico. Boletim do Centro de Biologia da Reprodução, Juiz de Fora, v. 27, n. 1/2, p. 33-39, 2008.

Maldonado, I. R. Produção de carotenoides por leveduras. Dissertação de Doutorado Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas- São Paulo, 2003.

Mano, Y. et al. Comparative composition of brown rice lipids (lipid fractions) of indica and japonica rices. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, v.63, n.4, p.619-626, 1999.

Mariani, M. et al. Elaboração e avaliação de biscoitos sem glúten a partir de farelo de arroz e farinhas de arroz e de soja. Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 18, n. 1, p. 70-78, jan./mar. 2015.

Martinez, D.M. et al. Comparação da atividade antioxidante de γ -orizanol, BHA e BHT em óleo de girassol submetido à oxidação induzida a 60°C. CIC e ENCONTRO DE PÓS GRADUAÇÃO UFPel. Resumos... Universidade Federal de Pelotas, 2007.

Matsuo, T. et al. Science of the rice plant. Vol. II - Physiology. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995.

Matsuura, F.C.A.U. Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barras de cereais. Tese de Doutorado em tecnologia de alimentos. Universidade de Campinas, Campinas, SP. 2005. 138p.

Mauro, A. K.; Silva, V. L. M.; Freitas, M. C. J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 30, n. 3, p. 719-728, 2010.

Mayer, F. D.; Hoffmann, R.; Ruppenthal, J. E. Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo de Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13, 06-08 nov. 2006, Bauru. Anais... São Paulo, SP: SIMPEP, 2006.

Meléndez-martínez, A. J.; Vicario, I. M.; Heredia, F. J. Importância nutricional de los pigmentos carotenoides. Archivos Latinoamericano de Nutrición, Caracas, v. 54, n. 2, p. 149-155, 2004a.

Meléndez-martínez, A. J.; Vicario, I. M.; Heredia, F. J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides em los alimentos. Archivos Latinoamericano de Nutrición, Caracas, v. 54, n. 2, p. 209-215, 2004b.

Mendez, M. H. M. et al. Tabela de composição de alimentos. Nitéroí: Universidade Federal Fluminense, 1995

Meyer, V. R. Practical High-Performance Liquid Chromatography, 5th ed. St. Gallen: Wiley, (2010).

Miller, J. B. et al. Rice: a high or low glycemic index food? American Journal of Clinical Nutrition, v.56, p.1034-1036, 1992.

Minatel, I. O. Compostos biotivos em variedades de arroz integral: caracterização, quantificação e estudo da atividade funcional em adipósitos diferenciados de células tronco mesenquimais. 2015. 78 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Medicina de Botucatu, 2015.

Mishra, N.; Chandra, R. Development of functional biscuit from soy flour & rice bran. International Journal of Agricultural and Food Science, Bhubaneshwar, v.2, n.1, p.14-20, 2012.

Miranda, S. H. G., et al. A Cadeia Agroindustrial Orizícola do Rio Grande do Sul. Análise Econômica, v. 27, n. 52, p. 75-96. Porto Alegre, RS, 2008.

Menezes, R. R.; Neves, G. A.; Ferreira, H. C.; Lira, H. L. Recycling of granite industry waste from the northeast region of Brazil. Environmental Management and Health, v.13, p.134-142, 2002.

Most, M.M., Tulley, R., Morales, S., Lefevre, M., American Journal of Clinical Nutrition, 2005, 81, 64.

Naczk, M.; Shahidi, F. "Extraction and analysis of phenolics in food", J. Chromatogr. A, (2004), 1054, 95–111.

Nyström, L.; Mäkinen, M.; Lampi, A.; Piironen, V. Antioxidant activity of steryl ferulate extracts from rye and wheat bran. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 53, n.7, p.2503–2510, 2005.

Paiva, A. P. Estudos tecnológico, químico, físico-químico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciências dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras, 2008.

Parrado, J.; Miramontes, E.; Jover, M.; Guitierrez, J. F.; Terán, L. C. DE; Batista, J. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. Food Chemistry, v.98, p.742–748, 2006.

Pelizer, L. H.; Pontieri, M. H.; Moraes, I. de O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. Journal of Technology Management & Innovation, v 2, p. 118-127, 2007.

Pereira, V.S. Indicadores de Sustentabilidade do Agroecossistema Arroz Orgânico na Bacia do Araranguá (SC). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008. 166f.

Pereira, J. et al. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: Estudo de fontes alternativas. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 19, n. 2, p. 287-293, 1999.

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

Pestana, V. R.; Mendonça, C. R. B.; Zambiasi, R. C. Farelo de arroz: características, benefícios à saúde e aplicações. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, v. 26, n. 1, p. 29-40, Curitiba, 2008.

Popova, M.; Bankova, V.; Butowska, D.; Petkov, V.; Nikolovadamyanova, B.; Sabatini, A.G.; Marcazzan, G.L.; Bogdanov, S. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. Phytochemical Analysis, 15, 235–240. 2004.

Purlis, E. Browning development in bakery products – A review. Journal of Food Engineering. v. 99, p. 239–249, 2010.

Qureshi, A. A. et al. Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v.8, p.290-298, 1997.

Raymundo, A.; Fradinho, P.; Nunes, M.C. Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre*, v. 3, p. 96 –105. 2014.

Rego, A. M. F. Estudo da extração e caracterização de compostos bioativos a partir de casca, farelo e arroz de variedades portuguesas. Dissertação para obtenção do título de mestre em Engenharia Química e Bioquímica. Universidade Nova de Lisboa, 2014.

Ribeiro, R.F. Pequi: o rei do cerrado. Belo Horizonte: Rede Cerrado,2000. 62p.

Rodrigues, J. A. Determinação da actividade antioxidante e composição fenólica de vinhos portugueses e correlação com parâmetros de cor. Dissertação para obtenção do título de mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar - Qualidade Alimentar. Universidade Nova de Lisboa, 2011.

Rolls B.J., Drewnowski A., Ledikwe J.H. Changing the energy density of the diet as a strategy for weight management. *J Am Diet Assoc.* 2005; 105 (Suppl 1): S98-S103.

Rong, N. et al. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. *Lipids*, v.32, n.3, p.303-309, 1997.

Saidelles et al., Gestão de resíduos sólidos na indústria de beneficiamento de arroz, *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental REGET/UFES* (e-ISSN: 2236-1170), v(5), n°5, p. 904-916, 2012

Saikusa, T. et al. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.42, p.1122-1125, 1994.

Santestevam, V. A. Desenvolvimento de metodologia para a análise de óleo de arroz. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Química, 2011.

Santos, et al., Influência do processamento e da torrefação sobre a atividade do café (Coffea arabica). Quimica Nova. 30, 604-610, 2007.

Santucci, M. C. C.; Alvim, I. D.; Faria, E. V.; Sgarbieri, V. C. Efeito do enriquecimento de biscoitos tipo água e sal com extrato de levedura (Saccharomyces sp.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 23, n. 3, p. 441-446, 2003.

Saunders, R. M. Stabilized rice bran: a new world food resource. Newsletter/ International Rice Commission, Roma, v. 39, n. 1, p. 179-183, 1990.

Sharif, M. K., Butt, M. S., Anjum, F. M. and Khan, S. H. (2014) "Rice bran: a novel functional ingredient", Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 54, 807–16. Shopova, N.; Milkova, T. Thermal decomposition of cholesteryl esters of cinnamic acid derivatives and their effect on the alphetetralylhydroperoxyde free-radical-induced decomposition. Thermochemica Acta, v.356, p.101– 107, 2000.

Sies H.; Stahl W.; Sevanian A. Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. J Nutr. 2005.

Silva, Francisco de A. S. e.(2002). Assistat: versão 7.7.

Silva, M.A.; Sanches, C.; Amante, E.R. Farelo de arroz: composição e propriedades. Óleos e Grãos, Julho/Agosto, 2001.

Silva, M.A.; Sanches, C.; Amante, E.R. Prevention of Hydrolytic rancidity in rice bran. Journal of Food Engineering, v.75, v.4, p. 487-491, 2006.

Silva, M. R.; Silva, M. A. P. da; Chang, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (Hymenaea stigonocarpa Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação

de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 25-34, Apr. 1998.

Silveira, S. T.; Bortolato, D. S.; Castiglioni, G.; Moraes, K.; Barbosa, L.; Bertolin, T. E.; Furlong, E. B. Solubilidade, Digestibilidade, Capacidade de Emulsificação e suas Relações em Farelos Fermentados e não Fermentados. XIV Simpósio Nacional de Fermentações – SINAFERM. Florianópolis, 2003.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE MASSAS ALIMENTÍCIAS E BISCOITOS DO ESTADO DE SÃO PAULO - SIMABESP. Setor de Biscoitos Cresce em 2008 o Equivalente a uma Nova Fábrica.

Singleton, V.L.; Rossi, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol/Vit*, 16, pp. 144–158. 1965.

Stanner, S. A. et al. A review of the epidemiological evidence for the 'antioxidant hypothesis. *Public Health Nutrition*. v. 7, p. 407 – 422, 2004.

Stringheta P.; Nachtigall A; Oliveira T. et al. Luteína: Propriedades Antioxidantes e Benefícios à Saúde. *Alimentos e Nutrição*, 17(2), 229-238, 2006.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. revisada e ampliada -- Campinas: NEPA- UNICAMP, 2011. 161 p.

Tardio, O. L. H. A questão dos resíduos industriais. CENED – Centro Nacional de Ensino à Distância. 2008.

Teixeira, E.; Meinert, E. M.; Barbeta, P. A. *Análise Sensorial de Alimentos*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1987.

Tian, S. et al. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.52, p.4808-4813, 2004.

Timofiecsyk, F.C.; Pawlowsky, U. Minimização de resíduos na indústria de alimentos: revisão. Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos. Curitiba. v.18, n.2, p.221-236, 2000.

Uenojo, M.; Maróstica Júnior, M. R.; Pastore, G. M. 2007. Carotenóides: Propriedades, Aplicações e Biotransformação para Formação de Compostos de Aroma. Química Nova, 30 (3): 616-622.

Vaz, F.N.; Restle, J. Características de Carcaça e da Carne de Novilhos Hereford Terminados em Confinamento com Diferentes Fontes de Volumoso. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 34, n. 1, p. 230-238, 2005.

Vicentini, M. S. Biscoitos amanteigados isentos de açúcar de adição elaborados parcialmente com polpa e semente de jaca. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo – Esalq – 2015.

Vieira, G.; Souza, C. R.; Dumont, P. V. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. Alimentos e Nutrição, v. 21, n. 1, p. 77-84, 2010.

Vieira, N. R. A.; Carvalho, J. L. V. Qualidade Tecnológica. In: Vieira, N. R. A.; Santos, A. B.; Sant'ana, E. P. A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. cap. 21, p. 582 – 604.

Villela, G. G. Pigmentos animais: Zoocromos. Editora: Academia Brasileira de Ciências, p. 5-31, 1976.

Walter, M. Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto. 2009. 119f. Tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2009.

Walter, M., Marchezan, E., De Avila, A. “Arroz: composição e características nutricionais”, Ciência Rural, 38, 2008. 1184–1192.

Walter, J. P.; Rossato, M. V. Destino do resíduo casca de arroz na microrregião de Restinga Seca - RS: um enfoque à responsabilidade sócio ambiental. In: VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 05 a 07 de Ago. 2010, Niterói, RJ. Anais eletrônicos... Niterói, RJ, 2010.

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., Godber, J.S.; *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 2724.

Xu, Z., Hua, N., & Godber, J. S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2, 2'-azobis (2methylpropionamidine) dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001:49(4):2077-2081.

Zhou, Z. et al. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology*, v.37, p.849-868, 2002.

Zoulias, E. I.; Oreopoulou, V.; Kounalaki, E. Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 82, n. 14, p. 1637-1644, 2002.

Zuniga, A. D. G.; Coelho, A. F. S.; Ferreira, E. M. S.; Resende, E. A., Almeida, K. N. Avaliação da vida de prateleira de biscoito de castanha de caju tipo integral. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.13, n.3, p.251-256, 2011.

Yadav R.B.; Dhull N., Yadav B.S. Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits. *Journal Food Science and Technology*, 2012. 49(2): 207–213.