

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

JANAÍNA PEREIRA DE MACEDO RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE  
BISCOITOS DE POLVILHO ENRIQUECIDOS COM FARELO  
DE MANDIOCA**

Goiânia  
2010

JANAÍNA PEREIRA DE MACEDO RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE  
BISCOITOS DE POLVILHO ENRIQUECIDOS COM FARELO  
DE MANDIOCA**

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

Orientador: Prof. Dr. Márcio Caliarí  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Kátia Flávia Fernandes

Goiânia  
2010



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

JANAÍNA PEREIRA DE MACEDO RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE  
BISCOITOS DE POLVILHO ENRIQUECIDOS COM  
FARELO DE MANDIOCA**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 14 de julho de 2010, pela  
Banca Examinadora constituída pelos membros:

A handwritten signature in blue ink, reading 'Rosângela Vera', is positioned above a horizontal line.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosângela Vera  
EA/UFG

A handwritten signature in blue ink, reading 'Clarissa Damiani', is positioned above a horizontal line.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Clarissa Damiani  
EA/UFG

A handwritten signature in blue ink, reading 'Márcio Caliani', is positioned above a horizontal line.

Prof. Dr. Márcio Caliani  
Orientador – EA/UFG

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à Deus por ter me concedido a vida, saúde, disposição e por me conceder sabedoria para concluir mais essa etapa.

Aos meus pais, Domingos e Maria Aparecida, base de tudo, que sempre estiveram ao meu lado e acreditaram em mim. Ao meu irmão Erik pela amizade sincera.

Ao meu esposo Emanuel pela compreensão, amor e carinho em todos os momentos, sabemos que não foi fácil. Obrigado por sempre me incentivar.

Ao Prof. Dr. Márcio Caliari pela confiança depositada em mim e pela excelente orientação. Agradeço, também, a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Goiás, por terem contribuído para minha formação acadêmica.

À Profª Drª Clarissa Damiani pelas palavras de incentivo e auxílio.

À Profª Drª Mara Reis Silva (Faculdade de Nutrição - UFG) e ao Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri (Faculdade de Farmácia - UFG) pelos espaços cedidos nos laboratórios.

À Profª Drª Maria Raquel Hidalgo Campos (Faculdade de Nutrição - UFG) pela análise microbiológica. À Profª. Drª. Eliana Paula Fernandes, pela análise de minerais.

Às minhas colegas de mestrado e grandes companheiras de laboratório Priscila Ramos Mortate e Silva, Jullyana Borges de Freitas, Ludmila de Paula Czeder e Aline Gomes de Moura, pessoas muito especiais que Deus colocou em meu caminho.

A todos os colegas de mestrado, Lilian Cristian Mattos Lopes, Andréia Di Martins Costa, Fernanda Salamoni Becker, Karla de Aleluia Batista, Jully-Ana Souza Tavares, Giselle Lima Paixão e Silva, Christiane Almeida Starling, Marina Costa Garcia, Karla Rúbia Ananias, Adriani Alexandre de Melo e Flávio Evans Vilela Pereira.

À Universidade Federal de Goiás, pela bolsa de estudos concedida.

À Febela (Fecularia Bela Vista Ltda.), pela doação dos resíduos utilizados no desenvolvimento do trabalho.

*Tudo posso naquele que me fortalece.*

*Filipenses 4:13.*

## RESUMO

O farelo de mandioca, subproduto do processamento da fécula de mandioca, vem sendo usado, principalmente, na alimentação animal. Entre suas principais características destaca-se o elevado teor de umidade, quando *in natura*, o teor de amido e o conteúdo de fibras alimentares. Este trabalho objetivou caracterizar físico e quimicamente a fécula de mandioca, o farelo de mandioca *in natura* e desidratado e os biscoitos de polvilho, formulados com diferentes proporções de farelo de mandioca desidratado, bem como analisá-los sensorialmente. Realizou-se, previamente, a desidratação do farelo de mandioca, em seguida elaborou-se formulações de biscoitos com concentrações deste de 0% (BP), 2% (BF2), 4% (BF4), 6% (BF6) e 8% (BF8), em substituição à fécula de mandioca. Os biscoitos foram analisados quanto à preferência, aceitabilidade, características físicas e químicas e qualidade microbiológica. Os dados foram analisados por meio da análise de variância, teste de Tukey, em nível de 5% de significância. A fécula de mandioca apresentou teor de amido de 90,65 g 100 g<sup>-1</sup>, carboidrato 89,34 g 100 g<sup>-1</sup>, zinco 0,88 g 100 g<sup>-1</sup>, teor de cinzas de 0,13 g 100 g<sup>-1</sup>, acidez de 1,01 mL de NaOH 0,1 100 g<sup>-1</sup>, fator ácido 0,28 mL de ácido clorídrico, fósforo 45,00 g 100 g<sup>-1</sup>, potássio 786,67 g 100 g<sup>-1</sup> e cálcio 200 g 100 g<sup>-1</sup>. O farelo de mandioca *in natura* apresentou elevado teor de umidade (85,60 g 100 g<sup>-1</sup>). O farelo de mandioca desidratado apresentou elevado teor de amido (75,04 g 100 g<sup>-1</sup>), fibra alimentar (60,28 g 100 g<sup>-1</sup>), fósforo (64,00 g 100 g<sup>-1</sup>), cálcio (500,00 g 100 g<sup>-1</sup>), magnésio (200 g 100 g<sup>-1</sup>) e manganês (4,00 g 100 g<sup>-1</sup>) e reduzido teor de lipídio (4,49 g 100 g<sup>-1</sup>) e cinzas (1,98 g 100 g<sup>-1</sup>). O teor de fibra alimentar e a cor dos biscoitos aumentaram, significativamente, com a adição do farelo de mandioca desidratado nas formulações, sendo que o teor de fibra alimentar variou de 5,47 g 100 g<sup>-1</sup> a 11,40 g 100 g<sup>-1</sup>. O volume específico dos biscoitos diminuiu com o aumento de incremento de farelo de mandioca desidratado na formulação. Não houve diferença significativa entre os biscoitos, quanto à preferência. Os biscoitos apresentaram boa aceitabilidade para aparência e sabor e qualidade microbiológica, estando de acordo com os padrões exigidos pela legislação. Conclui-se que biscoitos de polvilho elaborados com farelo de mandioca desidratado, constituem um produto com bom potencial nutricional e de boa aceitabilidade.

Palavras-chave: mandioca, farelo de mandioca, fibra alimentar, biscoito de polvilho, desenvolvimento de produto.

## ABSTRACT

The cassava bagasse, subproduct of the processing of the cassava starch, has been used mainly as animal feed. The main characteristic is to present high moisture content when in natura, starch content and dietary fiber. This study aimed to characterize the cassava starch physically and chemically, cassava bagasse in natura and cassava bagasse dehydrated and the biscuits formulated with different proportions of cassava bagasse dehydrated, with a sensorial biscuits analysis. Made, previously, the dehydration of cassava meal, then has been elaborated some biscuits formulas with concentrations of cassava from 0% (BP), 2% (BF2), 4% (BF4) 6% (BF6) and 8% (BF8), instead of cassava starch. The biscuits were analyzed for their preference, acceptability, physical and chemical characteristics and microbial quality. Data were analyzed by analysis of variance, Tukey test at 5% level of significance. The cassava starch presented content (90.65 g 100 g<sup>-1</sup>), carbohydrate (89,34 g 100 g<sup>-1</sup>) and zinc (0.88 g 100 g<sup>-1</sup>) and, lower ash content (0.13 g 100 g<sup>-1</sup>), acidity (1.01 mL of 0.1 NaOH 100 g<sup>-1</sup>), acid factor (0.28 mL of hydrochloric acid), phosphorus (45.00 g 100 g<sup>-1</sup>), potassium (786.67 g 100 g<sup>-1</sup>) and calcium (200 g 100 g<sup>-1</sup>). The in natura cassava meal showed high levels of moisture (85.60 g 100 g<sup>-1</sup>). The cassava bagasse dehydrated showed high starch content (75,04 g 100 g<sup>-1</sup>), dietary fiber (60.27 g 100 g<sup>-1</sup>), phosphorus (64.00 g 100 g<sup>-1</sup>), calcium (500.00 g 100 g<sup>-1</sup>), magnesium (200 g 100 g<sup>-1</sup>) and manganese (4.00 g 100 g<sup>-1</sup>) and, reduced lipid content (4.49 g 100 g<sup>-1</sup>) and ash (1.98 g 100 g<sup>-1</sup>). The dietary fiber content and color of the biscuits increased with the addition of cassava bagasse dehydrated on the formulation, and the dietary fiber content ranged from 5.47 g 100 g<sup>-1</sup> to 11.40 g 100 g<sup>-1</sup>. The specific volume of the biscuits decreased with the increasing of increment of cassava bagasse dehydrated in the formulation. There was no significant difference between the biscuits, as the preference. The biscuits had good acceptability for taste and appearance and microbiological quality according to the standards required by legislation. It is concluded that cassava biscuits made with cassava meal is a dried product with good nutritional potential and good acceptability.

**Keywords:** cassava, cassava bagasse, dietary fiber, cassava starch biscuits, product development.

## LISTA DE FIGURAS

|                  |                                                                                                                                      |    |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> | Esquema geral do processamento de mandioca para produção de fécula de mandioca e geração do farelo de mandioca.....                  | 15 |
| <b>Figura 2.</b> | Protocolo experimental.....                                                                                                          | 28 |
| <b>Figura 3.</b> | Fécula de mandioca (A), farelo de mandioca <i>in natura</i> (B) e farelo de mandioca desidratado (C).....                            | 37 |
| <b>Figura 4.</b> | Biscoitos BP, BF2, BF4, BF6 e BF8.....                                                                                               | 64 |
| <b>Figura 5.</b> | Resultados da intenção de compra do biscoito padrão e dos biscoitos formulados com incremento de farelo de mandioca desidratado..... | 66 |

## LISTA DE TABELAS

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b>  | Proporção de ingredientes utilizados na elaboração do biscoito padrão....                                                                                                                                                                                                | 29 |
| <b>Tabela 2.</b>  | Formulações (em gramas) do biscoito padrão e dos biscoitos com farelo de mandioca desidratado.....                                                                                                                                                                       | 30 |
| <b>Tabela 3.</b>  | Caracterização química da fécula de mandioca, farelo de mandioca <i>in natura</i> e farelo de mandioca desidratado, com as médias, desvios-padrão e coeficientes de variação.....                                                                                        | 38 |
| <b>Tabela 4.</b>  | Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de alguns minerais presentes na fécula de mandioca, farelo de mandioca <i>in natura</i> e farelo de mandioca desidratado.....                                                                                          | 44 |
| <b>Tabela 5.</b>  | Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação da luminosidade (L*) e das coordenadas de cromaticidade (a*) e (b*) na fécula de mandioca, farelo de mandioca <i>in natura</i> e farelo de mandioca desidratado.....                             | 47 |
| <b>Tabela 6.</b>  | Avaliação microbiológica de fécula de mandioca.....                                                                                                                                                                                                                      | 49 |
| <b>Tabela 7.</b>  | Avaliação microbiológica de farelo de mandioca desidratado.....                                                                                                                                                                                                          | 49 |
| <b>Tabela 8.</b>  | Composição centesimal dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado com as médias, os desvios-padrão e os coeficientes de variação.....                                                        | 51 |
| <b>Tabela 9.</b>  | Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de alguns minerais presentes nos biscoitos BP, BF2, BF4, BF6, BF8.....                                                                                                                                                 | 56 |
| <b>Tabela 10.</b> | Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação do volume do biscoito, massa e volume específico do biscoito padrão e dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.....                     | 57 |
| <b>Tabela 11.</b> | Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação da luminosidade (L*) e das coordenadas de cromaticidade (a*) e (b*) dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado..... | 59 |
| <b>Tabela 12.</b> | Avaliação microbiológica do biscoito padrão e dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.....                                                                                               | 61 |
| <b>Tabela 13.</b> | Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação, de escores de preferência para os biscoitos formulados.....                                                                                                                                     | 62 |
| <b>Tabela 14.</b> | Médias dos escores de aceitação para aparência, sabor e textura dos biscoitos formulados.....                                                                                                                                                                            | 63 |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                                                                              |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                       | <b>12</b> |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                                                                                                            | <b>13</b> |
| 2.1      | MANDIOCA.....                                                                                                                                | 13        |
| 2.2      | PROCESSAMENTO DA MANDIOCA.....                                                                                                               | 14        |
| 2.3      | CARACTERÍSTICAS DO BISCOITO DE POLVILHO.....                                                                                                 | 17        |
| 2.4      | FIBRA ALIMENTAR.....                                                                                                                         | 19        |
| 2.5      | OS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....                                                                                                             | 22        |
| 2.6      | DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS.....                                                                                                               | 23        |
| 2.7      | CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE PRODUTOS AMILÁCEOS.....                                                                                   | 24        |
| <b>3</b> | <b>OBJETIVOS.....</b>                                                                                                                        | <b>26</b> |
| 3.1      | OBJETIVO GERAL.....                                                                                                                          | 26        |
| 3.2      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                                                                                                   | 26        |
| <b>4</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                                                               | <b>27</b> |
| 4.1      | MATÉRIA-PRIMA.....                                                                                                                           | 27        |
| 4.2      | PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....                                                                                                                  | 27        |
| 4.3      | PREPARO DAS AMOSTRAS.....                                                                                                                    | 28        |
| 4.4      | RENDIMENTO.....                                                                                                                              | 29        |
| 4.5      | ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS.....                                                                                                                | 29        |
| 4.5.1    | <b>Protocolo de preparação do biscoito.....</b>                                                                                              | <b>30</b> |
| 4.6      | CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA.....                                                                                                         | 31        |
| 4.6.1    | <b>Caracterização química.....</b>                                                                                                           | <b>31</b> |
| 4.6.2    | <b>Análise de minerais.....</b>                                                                                                              | <b>32</b> |
| 4.6.3    | <b>Volume específico.....</b>                                                                                                                | <b>32</b> |
| 4.6.4    | <b>Análise de cor.....</b>                                                                                                                   | <b>33</b> |
| 4.7      | AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....                                                                                                                | 33        |
| 4.8      | AVALIAÇÃO SENSORIAL.....                                                                                                                     | 34        |
| 4.8.1    | <b>Teste de preferência.....</b>                                                                                                             | <b>34</b> |
| 4.8.2    | <b>Teste de aceitabilidade.....</b>                                                                                                          | <b>34</b> |
| 4.9      | ANÁLISE ESTATÍSTICA.....                                                                                                                     | 35        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                                                                           | <b>36</b> |
| 5.1      | RENDIMENTO.....                                                                                                                              | 36        |
| 5.2      | CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA FÉCULA DE MANDIOCA, FARELO DE MANDIOCA <i>IN NATURA</i> E FARELO DE MANDIOCA DESIDRATADO.....                      | 37        |
| 5.2.1    | <b>Resultados da caracterização química da fécula de mandioca, farelo de mandioca <i>in natura</i> e farelo de mandioca desidratado.....</b> | <b>37</b> |
| 5.2.2    | <b>Composição mineral.....</b>                                                                                                               | <b>44</b> |
| 5.3      | CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE FÉCULA DE MANDIOCA, FARELO DE MANDIOCA <i>IN NATURA</i> E FARELO DE MANDIOCA DESIDRATADO.....                       | 46        |
| 5.3.1    | <b>Parâmetros instrumentais de cor.....</b>                                                                                                  | <b>46</b> |
| 5.4      | AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA FÉCULA DE MANDIOCA E                                                                                             |           |

|       |                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------|----|
|       | FARELO DE MANDIOCA DESIDRATADO.....                        | 49 |
| 5.5   | CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS BISCOITOS.....                  | 50 |
| 5.5.1 | <b>Resultados da caracterização química</b> .....          | 50 |
| 5.5.2 | <b>Composição mineral</b> .....                            | 55 |
| 5.6   | CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS BISCOITOS.....                   | 57 |
| 5.6.1 | <b>Volume do biscoito, massa e volume específico</b> ..... | 57 |
| 5.6.2 | <b>Parâmetros instrumentais de cor</b> .....               | 59 |
| 5.7   | AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS BISCOITOS.....                | 61 |
| 5.8   | ANÁLISE SENSORIAL DOS BISCOITOS.....                       | 62 |
| 5.8.1 | <b>Preferência dos biscoitos</b> .....                     | 62 |
| 5.8.2 | <b>Aceitabilidade dos biscoitos</b> .....                  | 63 |
| 6     | <b>CONCLUSÕES</b> .....                                    | 67 |
|       | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                   | 68 |
|       | <b>ANEXOS</b> .....                                        | 80 |

## 1 INTRODUÇÃO

A mandioca é um alimento importante no mundo e muito difundido em vários países, devido seu representativo papel de alimento calórico e por sua diversidade de utilização. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial dessa raiz com 26.300.000 toneladas, em 2008. Na safra de 2009, o Brasil produziu 26.266.068 toneladas de mandioca, sendo que, desse total, o Estado de Goiás produziu 331.786 toneladas (IBGE, 2009).

A cultura da mandioca é desenvolvida por pequenos produtores e, geralmente, não requer grandes investimentos em tecnologia. Essa cultura é de grande importância na alimentação animal e humana, além de ter grande representatividade nas indústrias de transformação (farmacêutica, têxtil e mineração).

Os subprodutos da industrialização da mandioca são partes constituintes da própria planta, que são gerados em função do processamento empregado. A qualidade e a quantidade dos subprodutos variam em função de uma série de fatores, que vão desde características da própria planta, até mesmo os tipos de equipamentos industriais utilizados no processamento.

Um subproduto importante no processo de extração de fécula de mandioca é o farelo ou bagaço, caracterizado como material fibroso da raiz, contendo parte da fécula que não foi possível extrair no processamento. A elevada quantidade de farelo gerado e a sua umidade, em torno de 85%, fazem com que este material se apresente como um problema durante a safra, devido às dificuldades de transporte e armazenamento. O despejo indevido dos subprodutos de mandioca, além de agredir o meio ambiente, constitui desperdício de rendimentos para a indústria (LEONEL, 2001).

O farelo de mandioca possui quantidades significativas de carboidratos, amido e alta concentração de fibras alimentares, principalmente fibras insolúveis (CEREDA, 2001; LEONEL, 2001).

Uma alternativa para a utilização do farelo de mandioca é promover seu aproveitamento tecnológico e sua utilização na alimentação humana. Nesse sentido, o farelo de mandioca pode ser utilizado para a elaboração de biscoitos e outros produtos panificáveis. Assim, a caracterização do farelo de mandioca e de biscoitos, elaborados com essa matéria-prima, é relevante por apresentar um potencial uso e gerar alternativa de utilização desse subproduto na alimentação humana.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), também conhecida por aipim e macaxeira, é uma cultura amplamente difundida por todo o território nacional, sendo um dos principais alimentos de milhões de pessoas de países tropicais, inclusive o Brasil (SILVA, 2006). É cultivada em todo território brasileiro e sua importância reside no fato de que suas raízes são comestíveis, possuindo alto teor de amido (CEREDA et al., 2003; KOLICHESKI, 1995).

A cultura da mandioca é explorada em mais de 90 países, devido à significativa função social exercida, principalmente, junto às famílias de menor poder aquisitivo, contribuindo para alimentação de, aproximadamente, meio bilhão de pessoas em todo o planeta. Sua utilização é feita em duas opções: uma direta, pelo consumo culinário ou de “mesa”; outra o industrial, pelo qual se processa a farinha de mandioca e a extração da fécula (CEREDA, 2001).

Dentro de uma análise retrospectiva e considerando-se um período de 40 anos, observa-se que o Brasil já chegou a produzir 30 milhões de toneladas de mandioca no ano de 1970. Estima-se que o Brasil produza 26 milhões de toneladas por ano de mandioca, uma safra satisfatória em todos os estados. Metade dessa produção vira farinha; 40% é utilizado para consumo de mesa e ração animal e 10% é transformada em amido (SILVA, 2006).

Durante muito tempo, o Brasil foi o maior produtor mundial de raízes de mandioca. No Brasil, aproximadamente 1,2 milhão de propriedades agrícolas produzem mandioca. Nas regiões Norte e Nordeste há predominância da agroindústria de produção familiar, sendo inúmeras as indústrias artesanais ou as casas de farinha, cujo produto se destina, principalmente, ao consumo doméstico. Os estados do Centro-Oeste, do Sul e do Sudeste (regiões Noroeste e Oeste do Paraná, Sul do Mato Grosso do Sul e Alto Vale e Litoral Sul, em Santa Catarina) desenvolvem a atividade voltada para a agroindústria de farinha e fécula, formando importantes pólos de produção (VIEIRA; PEREIRA, 2002). A importância do cultivo da mandioca no Brasil é indiscutível, tanto como fonte de energia na alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e de renda (CEREDA, 2001).

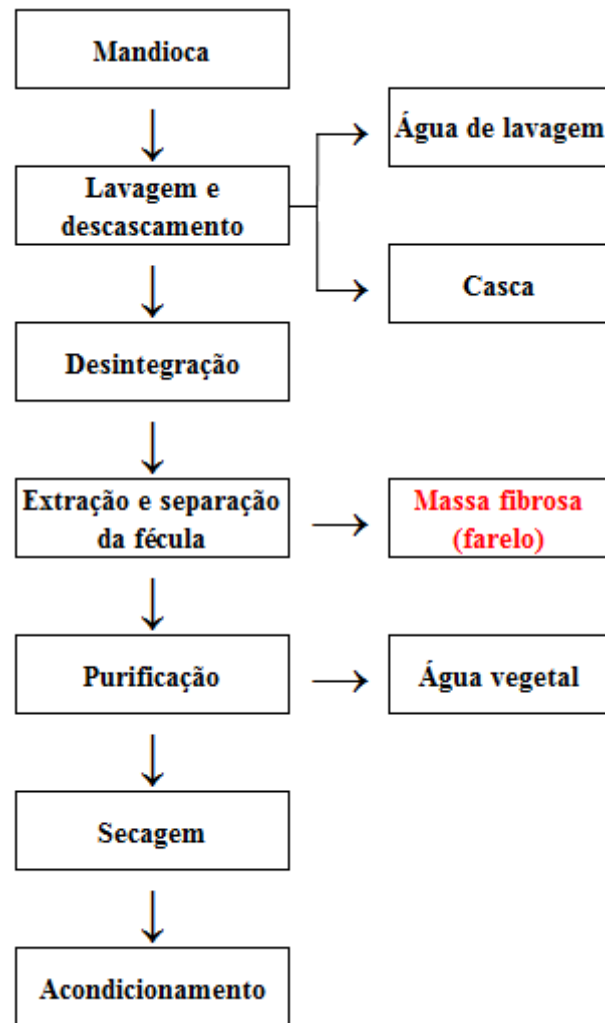
A raiz da mandioca é um dos alimentos básicos da população brasileira, principalmente para a de baixa renda. Porém, mais do que isso, a indústria de beneficiamento da raiz vem apresentando um significativo desenvolvimento, garantindo a presença de vários

produtos (fécula, polvilho azedo, dextrina, álcool, etc), como matérias-primas em uma série de indústrias, tanto alimentícias quanto não-alimentícias. Duas tendências vêm contribuindo para o desenvolvimento do setor: (1) a crescente diferenciação de produtos, com o surgimento de farinhas especiais, como as temperadas, por exemplo e (2) as ótimas perspectivas para a utilização do amido de mandioca como matéria-prima para diversos setores industriais. A segunda tendência tem chamado a atenção do mercado, principalmente, pela possibilidade de substituição do amido de milho e de outros cereais pelo amido de mandioca. Há relatos que mostram que 69% das féculas derivadas da mandioca são destinados a uso alimentício, em produtos cárneos, macarrões, sobremesas, pães, biscoitos, molhos, sopas e balas (FRANCO et al., 2002; GAMEIRO, 2002).

A maior parte da mandioca de “mesa” é comercializada na forma *in natura*. A mandioca para a indústria tem uma grande variedade de usos, dos quais a produção de farinha e a fécula são as mais importantes. A farinha tem, essencialmente, uso alimentar e, além dos diversos tipos regionais, que não modificam as características originais do produto, ela encontra-se em duas formas: farinha não temperada, que se destina à alimentação básica e é consumida, principalmente, pelas classes de renda mais baixa da população; e farinha temperada (farofa), cujo mercado é restrito, mas o valor agregado é elevado, sendo destinada às classes de renda média a alta da população. Entretanto, o amido de mandioca e seus produtos derivados têm competitividade crescente no mercado de produtos amiláceos para a alimentação humana, ou como insumos em diversos ramos industriais, tais como o de alimentos embutidos, embalagens, colas e farmacêutico (SOUZA; FIALHO, 2003).

## 2.2 PROCESSAMENTO DA MANDIOCA

No Brasil, as indústrias de mandioca são conhecidas pela obtenção de produtos amiláceos. Nas casas de farinha, a mandioca é transformada em farinha e, nas fecularias extraem da mandioca a fécula (polvilho doce). A partir da fécula, pode-se obter, ainda, por fermentação, o polvilho azedo (BALAGOPALAN, 2002; LEONEL; CEREDA, 2000). A Figura 1 apresenta o esquema de produção da fécula de mandioca e geração do farelo de mandioca, subproduto objeto de estudo deste trabalho.



**Figura 1.** Esquema geral do processamento de mandioca para produção de fécula de mandioca e geração do farelo de mandioca.

Fonte: Lima (2001); Souza e Fialho (2003).

A mandioca é descarregada em silo e para a sua retirada utiliza-se uma rosca sem fim que transporta a matéria-prima até o lavador-descarregador. Nessa operação, as sujidades e as películas externas presentes nas raízes são retiradas pela água e pelo atrito entre as raízes, as paredes e as pás do eixo. Do lavador-descascador, as mandiocas vão para o ralador. A desintegração tem como principal objetivo romper os tecidos da raiz da mandioca para facilitar a liberação dos grânulos de amido, propiciando uma melhor separação da fécula (LIMA, 2001).

Dos raladores, a massa ralada vai para uma sequência de peneiras que separam a suspensão de fécula + água, da massa fibrosa (farelo) e o leite de fécula (fécula + água) é bombeado para tanques agitadores. Posteriormente, inicia-se o processo de purificação, onde

centrífugas eliminam o leite da fécula e, conseqüentemente, ocorre a concentração da mesma. Das centrífugas, a fécula é conduzida a filtros rotativos à vácuo, de onde é retirada com, aproximadamente, 45% de umidade. O material amiláceo é encaminhado a um secador por meio de esteiras ou outro tipo de transportador. No secador, a fécula recebe ar quente a 100-110 °C, ou mais, soprado por fortes ventiladores. A recuperação da fécula ocorre em ciclones que abastecem uma moega do dispositivo de ensacamento. Nesse sistema de secagem, a fécula é recolhida na forma de um pó muito fino, não necessitando de moagem posterior (CEREDA, 2005).

Os subprodutos da mandioca são partes constituintes da própria planta, gerados em função do processo tecnológico adotado. Tanto a qualidade como a quantidade dos subprodutos variam bastante, em função de uma série de fatores, tais como cultivar, idade da planta, tempo após a colheita, tipo e regulagem do equipamento industrial, etc. (LEONEL, 2001).

Considerando-se os principais tipos de processamento das raízes de mandioca no Brasil, como a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, os subprodutos gerados podem ser sólidos (casca, entrecasca, descarte, crueira, farelo ou bagaço) ou líquidos (manipueira e água vegetal). Dentre eles, o farelo é composto pelo material fibroso de raiz, contendo parte do amido que não foi possível extrair no processamento. Esse material é gerado na etapa de separação da fécula e por embeber-se de água, apresenta, em volume, maior quantidade que a própria matéria-prima, contendo cerca de 75 a 85% de umidade (CEREDA, 2001).

Leonel (2001) diz que a indústria processadora de mandioca, ainda, não atentou que um aproveitamento eficiente de seus resíduos é o fator determinante para a sua diferenciação num futuro bastante próximo. Muitas possibilidades de uso do farelo de mandioca já foram pesquisadas e não se pode dizer que exista uma solução única, e sim usos potenciais de acordo com a situação de mercado e da feccularia.

Dentre as possibilidades de uso estudadas e algumas já testadas em escala piloto, destacam-se o uso do farelo, juntamente com complementos protéicos, na formulação de rações para bovinos, uso do farelo como matéria-prima para produção de etanol, produção de carvão, enchimento para comprimidos, embalagens biodegradáveis e o farelo como base para produtos dietéticos ricos em fibras. Neste contexto, o farelo aparece como um resíduo que apresenta grande potencialidade de vir a se tornar um co-produto das indústrias extratoras de amido de mandioca (LEONEL; CEREDA; ROAU, 1998; LEONEL; CEREDA; ROAU, 1999; LEONEL, 2001).

A composição média de farelos é: 85% de umidade inicial e 75% de amido, 15% de fibras, 1,6 % de cinzas, 2% de proteína, 1% de açúcares e 0,8% de matéria graxa, expressos na base seca. Os teores de pH e acidez são bastante variáveis, devido a fermentações naturais do resíduo úmido. O farelo é uma fonte de fibra de boa qualidade, apresentando, em média, 29% quando determinada por método de detergente neutro, 14 % por detergente ácido e 7% de fibra dietética, sendo 6% insolúvel e 1% solúvel (LEONEL, 2001).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DO BISCOITO DE POLVILHO

Os biscoitos que fazem uso da fécula de mandioca em seu estado natural ou fermentado (polvilho azedo) são um típico produto brasileiro, comumente chamados de biscoitos de polvilho. Tradicionalmente, eram produzidos em padarias e muito procurados pelos consumidores em todo o território nacional (CEREDA, 1983), mas, atualmente, muitas empresas também os fabricam.

O biscoito de polvilho deixou de ser um produto regional e está presente nos mais diferentes pontos de vendas (lanchonetes, restaurantes, casas de chás, supermercados, padarias, etc.) e comercializados nas mais variadas formas (GAMEIRO et al., 2003; RIBEIRO, 2006).

Apesar do nome, biscoito de polvilho, remeter à forma fermentada da fécula de mandioca, as formulações que são encontradas disponíveis no mercado são as mais diversas, além de polvilho azedo, polvilho doce, farinha de milho, água, leite, ovos e sal. Estes biscoitos têm várias denominações regionais, como: bolo de vento, rosca de polvilho, corujão, biriba, no Brasil, *pan de bono* e *pan de yuca*, na Colômbia, e *chipa paraguaya*, no Paraguai (APLEVICZ, 2006; MONTENEGRO et al., 2008).

Segundo Aplevicz e Demiate (2007), o biscoito de polvilho pode ser enquadrado em uma categoria de produtos com baixo valor agregado, em função de suas características de qualidade. É um produto que sua tecnologia de fabricação não segue uma padronização, sendo necessário o estabelecimento de padrões de qualidade para que a cadeia de produção possa se desenvolver.

O biscoito de polvilho se caracteriza por ser um produto muito leve e volumoso, apresenta, no seu interior, uma matriz de amido gelatinizado, que é responsável pela sua expansão e textura. É provável que, durante o forneamento, os grânulos da superfície sejam

desidratados e aqueles do interior sejam gelatinizados, provocando a expansão do biscoito (CAMARGO et al., 1988; CEREDA et al., 2003).

O biscoito de polvilho é um produto crocante. Esta característica é típica de produtos que se encontram no estado vítreo, caracterizado por apresentar baixa mobilidade molecular. O biscoito, ao passar pelo processo de assamento e, devido à rápida remoção de água e, de acordo com o seu teor de umidade final, ao término do processo, encontrar-se-á no estado vítreo. Dependendo das condições de armazenamento, ele pode sofrer alteração pela sorção de umidade e, assim, ocorrer uma maior mobilidade das moléculas, passando do estado vítreo para o gomoso, fenômeno conhecido como transição vítrea (RIBEIRO, 2006).

A principal função do amido em produtos de panificação é absorver água e, deste modo, estabelecer a estrutura do produto (GHIASI; HOSENEY; VARRIANO-MARSTON, 1982; HOSENEY; LINEBACK; SEIB, 1983). A água é utilizada para dissolver os ingredientes solúveis, influenciando, também, no escaldamento do polvilho (PEREIRA et al., 2004). A quantidade de água é fundamental para o inchamento do grânulo de amido e sua quantidade depende dos ingredientes da fórmula e do processo de panificação utilizados, constituindo o meio dispersante para os outros ingredientes da formulação, além de favorecer o crescimento durante o assamento. A adição de quantidades crescentes de água à massa torna-a mais macia e pegajosa, enquanto que sua escassez torna-a dura e sem aderência (PEREIRA et al., 2004).

Em produtos de panificação, as gorduras contribuem para as propriedades de mastigação, conferindo-lhes maciez. O aumento do conteúdo de gordura, além do efeito amaciador, contribui para as características sensoriais, como sabor, odor, textura, dando maior brilho e uma melhor aparência, como também atua no valor nutricional, sendo a mais concentrada fonte de energia presente nos alimentos (PAREYT et al., 2009; PEREIRA et al., 2004). A qualidade de mastigação e expansão do produto depende do tipo e quantidade de gordura a ser utilizada. A adição de gordura à massa tem efeito de reduzir a quantidade de água requerida para proporcionar boa consistência e produtos mais macios (RIBEIRO, 2006).

O ovo tem como propriedades funcionais a coagulação, a capacidade espumante, a capacidade emulsificante e a contribuição nutricional, servindo, também, como agente corante e de sabor e aroma, originando pães de queijo com melhor estrutura, textura mais leve e aerada, maior volume, característica de liga, cor amarela natural, além do fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D e E) e minerais (PEREIRA et al., 2004).

O sal contribui, essencialmente, para o sabor, sendo utilizado o cloreto de sódio comum iodado na fabricação dos biscoitos de polvilho. A presença de cloreto de sódio afeta

as propriedades da massa; o sal fortalece a proteína e ajuda no condicionamento da massa, melhorando a tolerância ao misturar; a adição de sal produz uma massa mais estável e dura. Quando acrescentado sal à massa, são reduzidas as velocidades das reações induzidas pelo calor, como a gelatinização do amido de mandioca, mantendo o grânulo intacto por um tempo mais longo durante o assamento; a coagulação de proteína e, também, no escaldamento aumenta a temperatura da mistura (ANGIOLONI; ROSA, 2004; PEREIRA et al., 2004; SANTOS, 2006).

## 2.4 FIBRA ALIMENTAR

As fibras alimentares têm ocupado uma posição de destaque, devido à sua ação benéfica no organismo humano e à relação entre o seu consumo em quantidade adequada e a prevenção de doenças (SILVA, 2007).

A fibra alimentar passou a ter importância como componente na alimentação, com a incidência de algumas doenças crônicas que surgiram em populações dos centros urbanos de países industrializados, à medida que os alimentos naturais foram sendo substituídos pelos processados e refinados, e as refeições caseiras por lanches rápidos, na maioria das vezes gordurosos e desbalanceados (BRITO, 2008).

Várias definições para fibra alimentar têm sido propostas com o intuito de reconhecer suas ações fisiológicas, demonstrar seu efeito na saúde e reduzir a ênfase nas fibras apenas como constituintes dos alimentos (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, 2002). Fibras alimentares consistem em remanescentes de partes comestíveis de plantas e carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Quimicamente, pode-se dizer que estas substâncias pertencem a família dos carboidratos, estão incluídos os polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas. Exibem um ou mais efeitos laxativos (aumento do volume e maciez do bolo fecal; aumento da frequência e/ou regularidade), atenuação do colesterol e/ou glicose sanguíneos (AACC, 2000; SÁ; FRANCISCO, 2000; RUPÉREZ; BRAVO, 2001).

No que diz respeito à terminologia utilizada para se referir a fibra, existem três conceitos que aparecem com relativa frequência na literatura: fibra crua, fibra vegetal e fibra alimentar ou dietética. A fibra crua é o resíduo obtido após o tratamento dos vegetais com ácidos e álcalis. Portanto, trata-se de um conceito predominantemente químico e não

biológico. A *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990) define fibra crua como resíduos insolúveis dos alimentos, após a hidrólise a quente em meios ácido e alcalino diluído. Compõe-se de hemicelulose, celulose e lignina. A fibra vegetal está relacionada fundamentalmente, aos elementos fibrosos da parede da célula vegetal, como pectina, lignina e microfibrilas de celulose. Já a fibra alimentar não é sinônimo de fibra crua, expressão internacionalmente aceita para definir o conteúdo de fibras nos gêneros alimentícios. Assim, toda “fibra alimentar” é uma “fibra crua”; mas nem toda “fibra crua” tem uso dietético. A fibra alimentar engloba todo tipo de substâncias, sejam ou não fibrosas, e que, desta forma, inclui os polissacarídeos vegetais das dietas, como celulose, hemicelulose, pectinas, gomas, mucilagens e lignina (não polissacarídeo) e, também, outros carboidratos com propriedades semelhantes as das fibras, tais como inulina, frutooligossacarídeos (FOS) e amido resistente (MARQUEZ, 2001).

Rupérez e Bravo (2001) afirmaram que a classificação de uma substância em fibra alimentar exige a reunião de três características: fisiológica (não ser absorvida no intestino), estrutural (seja um polissacarídeo) e analítica (quantificável por meio dos métodos oficiais de análises de fibras).

A fibra alimentar é composta por frações insolúveis (celuloses, ligninas e algumas hemiceluloses) e solúveis (pectinas, gomas e mucilagens) (THEBAUDIN et al., 1997). As fibras solúveis tendem a formar géis em contato com água, formando uma camada viscosa de proteção à mucosa do estômago e intestino delgado, o que dificulta a absorção de açúcares e de gorduras. Este é o mecanismo pelo qual contribuem com a redução dos níveis lipídicos sanguíneos e teciduais, assim como da glicemia. Ainda, uma característica fundamental da fibra solúvel é a sua capacidade para ser metabolizada por bactérias, com a conseguinte produção de flatulência (RODRÍGUEZ; MEGÍAS; BAENA, 2003).

O trânsito da fibra ao longo do aparelho digestivo pode ter diversas implicações fisiológicas, entre elas a diminuição do tempo de trânsito intestinal dos alimentos, o aumento da velocidade de absorção intestinal da glicose, a diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo e a redução das calorias ingeridas, devido ao efeito de saciedade. Estas propriedades fazem das fibras um adequado regulador intestinal, um importante coadjuvante na prevenção ou tratamento de diabéticos, de pessoas com problemas de hipercolesterolemia e de obesidade. As propriedades físico-químicas das fibras que interferem nas funções gastrintestinais são relacionadas com a solubilidade, viscosidade, capacidade de retenção de água, ligação e adsorção de ácidos biliares, tamanho das partículas, capacidade de destruição da parede celular e susceptibilidade a fermentação (FILISSETTI, 2002; CALIXTO, 1993).

Os efeitos fisiológicos da fibra alimentar devem-se à composição e às propriedades físicas e químicas dos polissacarídeos presentes, bem como a biocompostos associados à fração fibra. Além disso, esses efeitos dependem do grau de fermentação da fibra, da quantidade ingerida e do perfil fisiológico característico de quem a consome (CERQUEIRA, 2006).

A capacidade que a fibra tem para reter água é de suma importância, em relação à formulação e processamento de alimentos ricos em fibra. Fisiologicamente, essa capacidade, também, é importante, já que a quantidade retida resultará em uma função específica no organismo. São diversos os fatores que influenciam essa ação da fibra, entre os quais podem ser mencionados o tamanho da partícula, pH e força iônica (LÓPEZ et al., 1997; MCCANN; ROBERTS, 1991).

A fibra alimentar está presente nos alimentos de origem vegetal como cereais, leguminosas, frutas, verduras, nozes e sementes de oleaginosas. O seu conteúdo e composição podem variar em um mesmo alimento devido ao método de análise empregado. Além disso, de acordo com o grau de maturação, refinamento e tratamento tecnológico, um mesmo alimento pode apresentar concentrações distintas de fibra (NELLY, 2003).

Alguns alimentos possuem um só tipo de fibra, outros possuem uma mistura dos dois tipos de fibras. Os cereais possuem, geralmente, fibras insolúveis; as frutas (banana, maçã), nozes, as leguminosas (feijões, ervilhas), além de couve-flor e cenoura, entre outros, contêm uma grande proporção de fibras solúveis (POSSAMAI, 2005; THEBAUDIN et al., 1997).

As fontes de fibras mais importantes são as cascas dos cereais. O farelo de trigo contém  $45\text{g } 100\text{ g}^{-1}$ , sendo mais de 90% em forma insolúvel nas fibras de trigo; as ervilhas secas 19% e os feijões 17%. As frutas possuem menos fibras, variando de 2% a 4% (POSSAMAI, 2005).

Os principais critérios para aceitação de alimentos enriquecidos com fibras alimentares são: bom comportamento no processamento, boa estabilidade e aparência e satisfação no aroma, na cor, na sensação deixada pelo alimento na boca e na textura. A adição de fibras alimentares em alimentos confere diferentes tipos de benefícios. Seu valor nutricional motiva consumidores a aumentar o consumo de fibras; podem, também, valorizar produtos agrícolas e subprodutos para utilizar como ingredientes (THEBAUDIN et al., 1997).

Farinhas provenientes de diferentes grãos e sementes têm sido utilizadas em pães, bolos e massas alimentícias, devido aos seus benefícios à saúde que, além das fibras, estas farinhas podem fornecer, ainda, vitaminas, proteínas, minerais, carboidratos, o que

contribuem para a redução do risco de várias doenças, como câncer, diabetes, obesidades e doenças cardiovasculares (CHANG, 2007).

## 2.5 OS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

O termo resíduo é utilizado em sentido amplo, englobando não somente sólidos como também, os efluentes líquidos e os materiais presentes nas emissões atmosféricas (VALLE, 1995).

O resíduo industrial, depois de gerado, necessita de destino adequado, pois não pode ser acumulado indefinidamente no local em que foi produzido. A disposição dos resíduos no meio ambiente, por meio de emissões de matéria e de energia lançados na atmosfera, nas águas ou no solo deve ocorrer após os resíduos sofrerem tratamento e serem enquadrados nos padrões estabelecidos na legislação ambiental para não causarem poluição (SCHMIDELL et al., 2001).

Além de criar potenciais problemas ambientais, os resíduos representam perdas de matérias-primas e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição. Muitos dos tratamentos não eliminam realmente os resíduos gerados, apenas os transferem para outro meio que não os esperava (TIMOFIECSYK; PAWLOWSKY, 2000).

Atenção especial tem sido dada para minimização ou aproveitamento de resíduos sólidos gerados nos diferentes processos industriais. Os resíduos provenientes da indústria e comércio de alimentos geram quantidades apreciáveis de casca, caroço e outros elementos. Esses materiais, além de fonte de matéria orgânica, servem como fonte de proteínas, enzimas e óleos essenciais, passíveis de recuperação e aproveitamento (SILVA, 2006).

Pandey et al. (2000), afirmam que há um crescente interesse na biotransformação desses resíduos, tendo em vista, ser um material de baixo custo e altamente renovável. Deste modo, a utilização desses resíduos, além de diminuir o impacto sobre o meio ambiente, devido à disposição inadequada, pode ser um fator importante para a produção de subprodutos e diminuição nos custos de produção.

A preocupação com o meio ambiente leva à viabilização de projetos que levam à sustentabilidade do sistema de produção industrial. A indústria de alimentos produz uma série de resíduos com alto valor de (re) utilização. Inúmeros estudos utilizando resíduos industriais do processamento de alimentos têm sido realizados com objetivo de aproveitamento destes.

Com isso, minimiza-se o impacto ambiental destes tipos de indústrias na região onde estão situadas e, ainda, agrega-se valor aos produtos do mercado (PELIZER; PONTIERI; MORAES, 2007).

Palma (2003), a partir de bagaço de mandioca e farelo de arroz, produziu o fungo *Thermoascus aurantiacus* e a enzima xilanase, muito utilizados pela indústria de papel e celulose para branqueamento de polpas de celulose. Dalsenter (2005) produziu, em meio com farelo de trigo, glucoamilase por *Rhizopous oryzae*, enzima de grande interesse para indústria farmacêutica e alimentícia. Dessa forma, a utilização de resíduos pode ser uma alternativa para diminuir os impactos ambientais.

## 2.6 DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS

A remoção da umidade é uma das técnicas de preservação de alimentos mais antiga utilizada pelo homem. Com isso, a atividade de água do produto é diminuída, inviabilizando o desenvolvimento de microorganismos, em especial fungos e bactérias; bem como retardando deteriorações de origem físico-química e enzimáticas e, minimizando as mudanças físico-químicas durante a estocagem. As vantagens da utilização do processo de secagem estão relacionadas à conservação do produto, redução do peso e volume, redução nos custos de transporte e armazenamento; além disso, há um aumento na vida de prateleira do produto. Outro importante objetivo da desidratação de alimentos é a redução de peso e de volume, visando o menor custo de transporte e estocagem (MAYOR; SERENO, 2004; PARK; YADO; BROD, 2001; EIK, 2008).

A desidratação é considerada não somente como um processo de preservação, mas, também, como um método para agregar valor aos alimentos. O processo é indispensável em muitos setores da indústria de alimentos, a fim de aumentar a vida de prateleira do produto, reduzir o custo de embalagem e reduzir peso de transporte. Além disso, a secagem usada adequadamente pode resultar em propriedades únicas de sabor, de textura e de valor nutricional, as quais não podem ser obtidas por outros procedimentos tecnológicos (LEWICKI, 2006).

Aguilera, Chiralt e Fito (2003) ressaltaram que a desidratação de alimentos deve ser vista não apenas como uma operação unitária, mas, também, como um método potencial que produza estruturas únicas mesmo que sejam provenientes da mesma matéria-prima. Ela oferece propriedades que não são comparadas a nenhuma outra tecnologia de conservação,

como, por exemplo, ótima estabilidade a temperatura ambiente, conveniência, versatilidade do produto, redução de custos e impacto ambiental mínimo.

## 2.7 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE PRODUTOS AMILÁCEOS

As características de qualidade de produtos amiláceos devem ser coerentes com as exigências da legislação e, em se tratando, principalmente, do polvilho, uma matéria-prima de ampla aplicação, com uma possibilidade maior de comercialização, torna-se necessário o estabelecimento de condições para a garantia de qualidade (DEMIATE et al., 2003).

Produtos que se destinam aos mercados mais exigentes devem obedecer a rígidos padrões de controle de contaminações, uma vez que entre os vários parâmetros que determinam a qualidade de um alimento, os mais importantes são aqueles que definem as suas características microbiológicas. A avaliação da qualidade microbiológica de um produto fornece informações que permitem avaliá-lo quanto às condições de processamento, armazenamento e distribuição para o consumo, sua vida útil e o risco à saúde (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

A RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, considerando a necessidade de constante aperfeiçoamento das ações de controle sanitário na área de alimentos, visando a proteção à saúde da população e a regulamentação dos padrões microbiológicos para alimentos, traz em seu anexo o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001).

As contaminações mais prováveis de serem encontradas em produtos como a farinha de mandioca e a fécula são: a presença de Coliformes, *Bacillus cereus* e *Salmonellas*. A presença de Coliformes é considerada como indicador de condições de higiene insatisfatórias na produção e/ou manipulação do alimento. O número elevado de Coliformes pode não significar contaminação direta com material fecal, mas sim manipulação inadequada, como higiene do manipulador, transporte e acondicionamento inadequados. O *Bacillus cereus* é largamente distribuído na natureza, sendo o solo o seu reservatório natural. Por esta razão, contamina facilmente alimentos como vegetais, cereais e tubérculos. A contaminação de alimentos por *Bacillus cereus* constitui, não somente uma importante causa de deterioração, mas, também, está associada à ocorrência de dois tipos de síndrome, devido à ingestão de alimentos contaminados com cepas patogênicas produtoras de toxinas, uma emética e outra diarréica. A toxina do tipo emética é pré-formada no alimento, enquanto a do tipo diarréica é,

muito possivelmente, produzida no trato intestinal, sendo os fatores de virulência ainda não completamente caracterizados (GRANUM, 1994; FRANCO; LANDGRAF, 1996; MCELROY; JAYKUS; FOEGEDING, 2000; TSEN et al., 2000; MINNAARD; HUMEN; PÉREZ, 2001; GHELARDI et al., 2002).

As *Salmonellas* são amplamente distribuídas na natureza, sendo o trato intestinal do homem e de animais o principal reservatório natural. Os animais domésticos (cães, gatos, pássaros, etc.) podem ser portadores de *Salmonellas*, representando grande risco, principalmente para crianças. As *Salmonellas* estão entre os agentes patogênicos mais frequentemente encontrados em surtos de toxinfecção de origem alimentar, tanto em países desenvolvidos, como em países em desenvolvimento (ÁVILA; GALLO, 1996; GHELARDI et al., 2002).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as características físicas e químicas da fécula de mandioca, do farelo de mandioca *in natura* e do farelo de mandioca desidratado, assim como utilizar o farelo de mandioca desidratado em substituição parcial à fécula de mandioca, na formulação de biscoitos de polvilho e verificar a qualidade física, química, microbiológica e sensorial.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desidratar o farelo de mandioca;
- Elaborar uma farinha com farelo de mandioca desidratado;
- Determinar o rendimento do farelo de mandioca desidratado em relação ao farelo *in natura*;
- Formular biscoitos com substituição de 0, 2, 4, 6 e 8% de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado;
- Determinar a composição centesimal e o teor de minerais (Ca, Mg, P, K, Zn, Cu, S e Mn) da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado e dos biscoitos formulados;
- Avaliar a qualidade microbiológica da fécula de mandioca, do farelo de mandioca desidratado e dos biscoitos de polvilho elaborados;
- Avaliar as características físicas (cor e expansão) dos biscoitos;
- Avaliar a preferência de biscoitos elaborados com diferentes concentrações de farelo de mandioca;
- Avaliar a aceitabilidade dos biscoitos preferidos.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

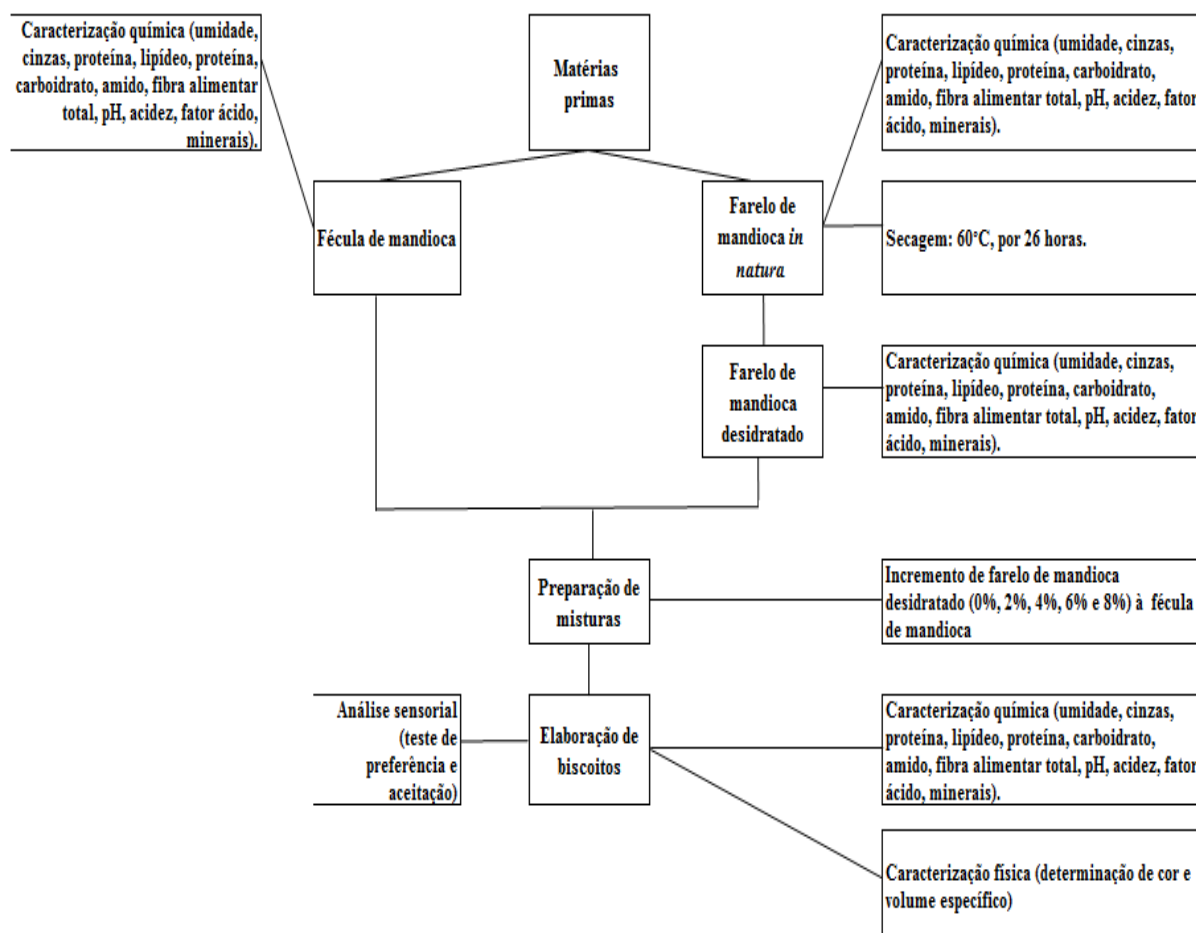
### 4.1 MATÉRIA-PRIMA

As amostras de fécula e farelo de mandioca, cultivar IAC-12, foram doadas pela Fecularia Bela Vista (FEBELA), localizada no município de Bela Vista de Goiás-GO. As amostras foram coletadas na fecularia entre os meses de setembro e dezembro de 2008.

### 4.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em três etapas. Na primeira, foram analisadas as características químicas da fécula e do farelo de mandioca *in natura*. Na segunda, realizou-se a desidratação, trituração e peneiramento do farelo para obtenção da farinha, com granulometria próxima a de fécula de mandioca; em seguida, analisou-se suas características químicas. Na terceira etapa, foram formulados os biscoitos, determinadas às propriedades de expansão, determinadas as características físicas e químicas e, realizada, a análise sensorial dos mesmos. O experimento foi realizado entre novembro/2008 e dezembro/2009, sendo a análise sensorial realizada após avaliação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa, da Universidade Federal de Goiás (UFG), com o protocolo nº 124/2009.

As matérias-primas (fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado) e os biscoitos formulados, foram divididos em 5 lotes, sendo que de cada lote foram realizadas as análises físicas e químicas, em triplicata. O protocolo do experimento pode ser observado na Figura 2.



**Figura 2.** Protocolo experimental.

#### 4.3 PREPARO DAS AMOSTRAS

Após a obtenção das matérias-primas, a fécula de mandioca foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada a - 18 °C até o processamento e a realização das análises físicas e químicas. O farelo de mandioca foi dividido em duas partes. A primeira parte do farelo foi diretamente embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada a - 18 °C.

A segunda parte do farelo foi desidratada em estufa com circulação de ar forçado (TECNAL modelo TE-394/2) à 60 °C por 26 horas. O farelo, depois de desidratado, foi moído em moinho de facas tipo willye (TECNAL modelo TE-650) até a obtenção de farinha fina (60 mesh); a seguir foi embalado em sacos de polietileno e armazenado a - 18 °C. O farelo desidratado foi usado para realização das análises físicas e químicas e para a formulação dos biscoitos.

#### 4.4 RENDIMENTO

O rendimento foi realizado somente para o farelo de mandioca, e foi calculado pela relação entre a massa do farelo seco e a massa do farelo antes da secagem.

#### 4.5 ELABORAÇÃO DOS BISCOITOS

A fécula e o farelo de mandioca, usados na elaboração dos biscoitos foram doados pela Fecularia Bela Vista. Os demais ingredientes para a elaboração dos mesmos foram adquiridos no comércio local da cidade de Goiânia. Foram utilizados: ovo líquido (Santo Antônio), sal (Cisne), óleo (Soya) e água filtrada. Para a elaboração do biscoito padrão, utilizou-se a formulação descrita por Camargo, Leonel e Mischan (2008), com modificações. A proporção de cada ingrediente da formulação padrão está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Proporção de ingredientes utilizados na elaboração do biscoito padrão.

| <b>Ingredientes</b> | <b>%</b> |
|---------------------|----------|
| Fécula de mandioca  | 43,85    |
| Ovos                | 26,32    |
| Água                | 21,93    |
| Óleo                | 6,58     |
| Sal                 | 1,32     |
| Total               | 100,00   |

Para a elaboração dos biscoitos, utilizou-se de uma formulação padrão e quatro formulações com diferentes substituições de fécula de mandioca. A substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca foi de 2%, 4%, 6% e 8%. As cinco formulações utilizadas estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Formulações (em gramas) do biscoito padrão e dos biscoitos com farelo de mandioca desidratado.

| <b>Ingredientes</b> | <b>BP</b> | <b>BF2</b> | <b>BF4</b> | <b>BF6</b> | <b>BF8</b> |
|---------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| Fécula de mandioca  | 100,0     | 98,0       | 96,0       | 94,0       | 92,0       |
| Farelo de mandioca  | -         | 2,0        | 4,0        | 6,0        | 8,0        |
| Ovos                | 60,0      | 60,0       | 60,0       | 60,0       | 60,0       |
| Água                | 50,0      | 50,0       | 50,0       | 50,0       | 50,0       |
| Óleo                | 15,0      | 15,0       | 15,0       | 15,0       | 15,0       |
| Sal                 | 3,0       | 3,0        | 3,0        | 3,0        | 3,0        |

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

#### 4.5.1 Protocolo de preparação do biscoito

Os biscoitos foram preparados no Laboratório de Técnica Dietética da Faculdade de Nutrição/UFG.

Em uma batedeira elétrica planetária da marca Arno, foram misturados a fécula de mandioca, o farelo de mandioca desidratado e o sal, em velocidade baixa, por 1 minuto. A seguir, foi realizado o escaldamento desse material, adicionando-se uma mistura fervente (97 °C) com a água e o óleo, misturando por mais 2 minutos em velocidade baixa. Sem desligar a batedeira, adicionou-se o ovo, misturando por mais 2 minutos, em velocidade média. Para melhor homogeneização, a massa foi mantida sob batimento por mais 3 minutos em velocidade alta.

A massa foi usada para moldar os biscoitos, com aproximadamente 7 cm de comprimento e 12 mm de diâmetro, distribuídos uniformemente em assadeira com o auxílio de um bico de confeitar. Os biscoitos foram assados em forno elétrico da marca Layr, a 200 °C por aproximadamente, 25 minutos, sendo, posteriormente, resfriados naturalmente à temperatura ambiente, acondicionados em potes plásticos hermeticamente fechados até a realização das análises, as quais tiveram início um dia após o processamento dos biscoitos.

## 4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA

### 4.6.1 Caracterização química

A caracterização química da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura*, farelo de mandioca desidratado e dos biscoitos compreendeu a determinação de umidade, cinzas, proteínas, lipídios totais, amido, carboidratos, fibra alimentar total (frações solúvel e insolúvel), acidez titulável, pH e fator ácido.

A umidade foi determinada em estufa a 105 °C, até obtenção de peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). O resíduo mineral fixo (cinzas) foi quantificado por meio da carbonização total da matéria orgânica, em forno mufla à 550 °C (AOAC, 1990). Nitrogênio total, segundo método de micro-Kjeldhal, utilizando o fator de 6,25 para converter o teor de nitrogênio em proteína bruta (AOAC, 1990). A determinação de lipídios totais foi realizada de acordo com a técnica descrita por Bligh e Dyer (1959), utilizando-se metanol, clorofórmio e água para extração da gordura. Posteriormente, os lipídios foram determinados por gravimetria. Para a determinação do amido foi utilizada a metodologia de hidrólise ácida (CEREDA; DAIUTO; VILPOUX, 2004), e sua determinação realizada pela dosagem de açúcares redutores, método 3,5 dinitrosalicílico (MILLER, 1959), multiplicando seu resultado pelo fator 0,9, que transforma açúcares redutores em amido. Os carboidratos foram estimados por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios e cinzas. A fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, foi determinada conforme técnica enzimica-gravimétrica, descrita por Prosky et al. (1988). A acidez titulável foi determinada por titulação de NaOH 0,1 N, utilizando solução alcoólica de fenolftaleína para determinação da mudança de cor (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). O pH foi determinado por leitura direta, de acordo com a técnica descrita por Instituto Adolfo Lutz (2005). O fator ácido foi determinado, segundo metodologia descrita por Marconi, Avancini e Amante (2007).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos, da Faculdade de Nutrição/UFG, exceto as análises de amido, que foram feitas no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, da Faculdade de Farmácia/UFG, e de fibra alimentar, que foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Consultoria (LABM), Belo Horizonte, em triplicata.

#### 4.6.2 Análise de minerais

Para a determinação dos minerais, as amostras (fécula de mandioca, farelo de mandioca desidratado e biscoitos) foram moídas no moinho de bolas de zircônia, modelo MM200 Retsch®, para evitar possíveis contaminações, sendo apropriado para análise de minerais. As amostras foram pesadas (500 mg) em papel vegetal, utilizando balança analítica Kern 410® e transferidas, quantitativamente, para tubos de digestão, para serem, em seguida, submetidas à digestão nitroperclórica. Os minerais cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), cobre (Cu), enxofre (S) e manganês (Mn) foram quantificados por meio de espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer® analyst 100, utilizando-se os parâmetros instrumentais (lâmpada, comprimento de onda, corrente da lâmpada e largura da fenda) específicos para cada nutriente por absorção atômica. O elemento fósforo (P) foi determinado em presença de solução de molibdato, que em meio redutor (ácido ascórbico) origina um complexo de cor azul. A leitura foi realizada em espectrofotômetro Spectronic 20 Bausch & Lomb Alfa®. O elemento potássio (K) foi determinado pela intensidade de radiações emitidas, sendo a leitura realizada em um fotômetro de chamas DM-61 D-igimed®. Todos os minerais foram determinados em triplicata e seguiu-se o método de Bataglia et al. (1978). A análise de minerais foi realizada no Laboratório de Solo e Foliar, da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/UFG.

#### 4.6.3 Volume específico

Amostras de biscoitos, de cada formulação, foram avaliadas em relação à massa e ao volume específico.

As análises foram conduzidas com seis biscoitos, provenientes de uma mesma fornada, amostrados de forma aleatória, em triplicata, totalizando 18 biscoitos. A caracterização foi realizada quando os biscoitos atingiram a temperatura ambiente.

O volume específico foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Silva, Silva e Chang (1998), pelo método de deslocamento de sementes de painço. O biscoito foi colocado em um erlenmyer de 250 mL e abaixo de um funil de vidro apoiado em tripé. As sementes de painço foram despejadas, através do funil, e recolhidas abaixo até o transbordamento no erlenmyer, previamente tarada com semente de painço. Em seguida, o erlenmyer foi nivelado com o auxílio de uma régua e o volume do painço presente no mesmo foi medido com proveta, sem a presença do biscoito. A determinação do volume do biscoito e do volume específico, foram calculadas, conforme as Equações 1 e 2, respectivamente:

$$\text{Vol. biscoito (cm}^3\text{)} = \text{Vol. proveta (cm}^3\text{)} - \text{Vol. proveta com biscoito (cm}^3\text{)} \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{Vol. específico (cm}^3\text{/g)} = \text{Vol. do biscoito (cm}^3\text{)} / \text{massa do biscoito (g)} \quad \text{Equação (2)}$$

Para a determinação do volume específico, a massa dos biscoitos foi obtida em balança analítica. A determinação do volume do biscoito, massa e volume específico foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Análise de Alimentos, da Faculdade de Nutrição/UFG.

#### 4.6.4 Análise de cor

Os parâmetros instrumentais de cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) para as amostras de fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado e biscoitos, foram determinados no Colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest II, no Laboratório de Análises Físico-Químicas de Alimentos, da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos/UFG, Goiânia-GO. Inicialmente, o instrumento foi calibrado com as placas branca e preta. Foi considerado o iluminante  $D_{65}/10^\circ$  as leituras foram realizadas em 10 replicatas para cada amostra. A luminosidade ( $L^*$ ) representa quão claro ou escuro é o produto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco); os valores das coordenadas de cromaticidade ( $a^*$ ) de -60 a +60, correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente e a coordenada ( $b^*$ ) também varia de -60 a +60, correspondendo ao azul e ao amarelo respectivamente. As amostras foram colocadas sobre o sensor ótico de 2,54 mm, realizando-se duas repetições para cada amostra e a leitura em duas posições diferentes, conforme o manual do equipamento (HUNTERLAB, 1998).

#### 4.7 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A avaliação microbiológica da fécula de mandioca, farelo de mandioca desidratado e dos biscoitos foi realizada no Laboratório de Controle Higiênico Sanitário de Alimentos, da Faculdade de Nutrição/UFG; de acordo com os critérios estabelecidos pela RDC nº 12 que regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001). A amostra de fécula de mandioca foi avaliada quanto à contagem de coliformes a 45 °C, contagem de *Bacillus cereus* e presença de *Salmonella sp.* Para o farelo de mandioca foram avaliados a contagem de coliformes totais, contagem de coliformes a 45 °C, contagem de *Bacillus cereus* e presença de

*Salmonella sp.* Os biscoitos foram avaliados quanto a contagem de coliformes a 45 °C, contagem de estafilococos coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella sp.*

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

#### 4.8 AVALIAÇÃO SENSORIAL

Os biscoitos foram analisados, sensorialmente, por meio de teste de preferência e aceitabilidade para os atributos aparência, cor e sabor.

##### 4.8.1 Teste de preferência

O teste de preferência, por comparação múltipla (CHAVES; SPRAESSER, 2002), foi realizado com 50 provadores, não treinados, com idade entre 17 e 48 anos, estudantes e funcionários e professores da Faculdade de Nutrição/UFG, consumidores potenciais do produto. O teste foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial, da Faculdade de Nutrição (FANUT/UFG), em cabines individuais, iluminadas com luz de coloração vermelha, a fim de que a aparência não influenciasse a avaliação do sabor pelos provadores. O biscoito sem a adição de farelo de mandioca (controle) foi identificado com a letra R (amostra referência) e apresentado aos provadores, em cabines individuais, juntamente com as amostras de biscoitos com as diferentes concentrações de farelo de mandioca, codificadas com números de três dígitos aleatórios. Os provadores avaliaram as amostras quanto à aparência geral, classificando-as como de igual preferência, mais preferida ou menos preferida que a referência. Em seguida, identificaram a intensidade da preferência por meio de escala de nove pontos, variando de extremamente mais preferida, de igual preferência e extremamente menos preferida. O modelo da ficha é apresentado no Anexo A.

##### 4.8.2 Teste de aceitabilidade

Após a realização da análise de preferência, realizou-se a avaliação de aceitabilidade para os atributos aparência, sabor e textura, utilizando-se escala hedônica de nove pontos (STONE; SIDEL, 2004). Na escala hedônica, o valor um (1) representou desgostei extremamente, dois (2) desgostei muito, três (3) desgostei moderadamente, quatro (4) desgostei ligeiramente, cinco (5) não gostei, nem desgostei, seis (6) gostei ligeiramente, sete (7) gostei moderadamente, oito (8) gostei muito, nove (9) gostei extremamente. Cada

formulação de biscoito foi avaliada de forma monádica, por 50 provadores não treinados, com idade entre 18 e 50 anos, selecionados pela disponibilidade e interesse de participar do teste. O teste de aceitação foi realizado no mesmo dia em que os biscoitos foram processados. As amostras de biscoitos de polvilho foram oferecidas aos provadores em cabines individuais, em prato descartável branco, e foi pedido aos provadores que avaliassem a amostra e atribuísem a nota em ficha apropriada (Anexo B). Investigou-se, também, se o provador era consumidor de biscoito de polvilho. O teste de aceitabilidade foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial, da Faculdade de Nutrição (FANUT/UFG).

As análises sensoriais foram realizadas conforme as normas do comitê de ética em pesquisa da UFG, que aprovou o projeto de pesquisa (Protocolo nº 124/2009).

#### 4.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram calculadas as médias, desvios-padrão e coeficientes de variação para os resultados das análises físicas e químicas da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado. Os resultados das análises físicas e químicas dos biscoitos, testes de preferência e de aceitabilidade e composição mineral da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação de médias ao nível de significância de 5%. Os cálculos estatísticos foram efetuados com auxílio do programa Excel-versão 2007 e do programa Statistica - Stat Soft Inc., versão 7, 2004, Tulsa, EUA.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 RENDIMENTO

O rendimento de farelo de mandioca indica a relação entre a massa de farelo desidratado e a massa do farelo *in natura*. Esse rendimento é de grande importância, pois representa a quantidade de sólidos insolúveis possível de ser obtida com umidade dentro dos parâmetros da legislação para amido. Segundo a RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, a umidade máxima para amido ou fécula de mandioca é de 18 g 100 g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005).

O rendimento do farelo de mandioca desidratado foi de  $14,21 \pm 0,12\%$ , ou seja, para cada 100 g de farelo de mandioca *in natura*, obteve-se 14,21 g de farelo de mandioca desidratado. Esse rendimento está diretamente relacionado ao fato do farelo de mandioca *in natura* apresentar alto teor umidade, variando de 75 a 85%. Isso quer dizer que, em 1 tonelada de mandioca pode se obter até 142,1 kg de farelo desidratado, ou seja, considerando a produção de mandioca no Estado de Goiás de 331.786 toneladas, a quantidade de farelo desidratado gerado seria de 47.147 toneladas.

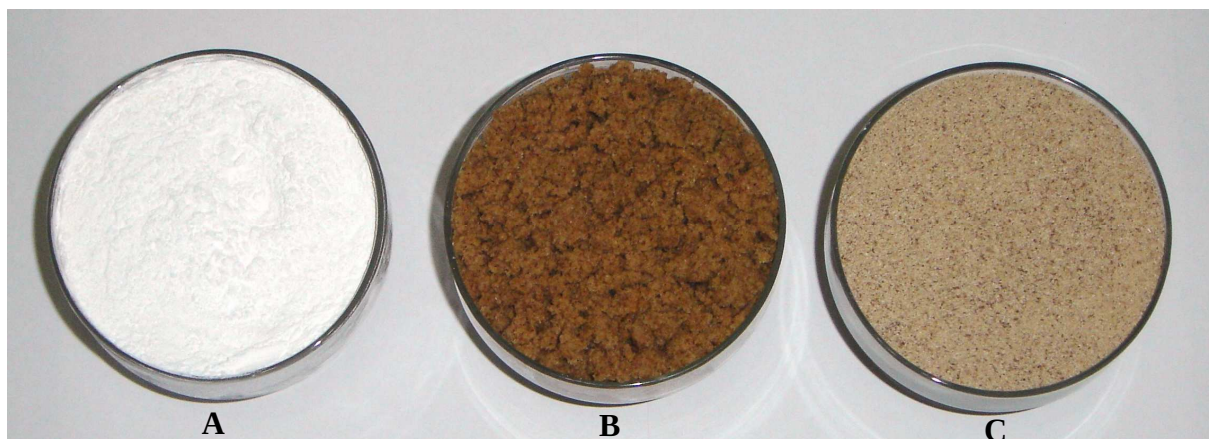
Segundo Lebourg (1996), que realizou o balanço de massa de uma fecularia brasileira que processa em torno de 200 toneladas de raízes / dia, foi observado um rendimento industrial de 25,47%, ou seja, para cada tonelada de raiz de mandioca processada foi produzido 254,7 kg de fécula com cerca de 10% de umidade. Com relação ao farelo, gerou-se para cada tonelada de raiz 928,6 kg de farelo com 85% de umidade.

Nos estudos de Rocha (2005), que caracterizou físico-quimicamente farelos de mandioca proveniente de raízes do Estado da Bahia, obteve como rendimentos 19,50% e 21,60%. Esses rendimentos representam 37,23% e 52,01%, valores superiores ao rendimento obtido para o farelo de mandioca deste estudo.

Em outro estudo sobre extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção da fécula de mandioca, Leonel e Cereda (2000) obtiveram rendimentos de farelo de mandioca que variaram de 12,47 à 13,84%, valores muito próximos ao encontrado nesse trabalho.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA FÉCULA DE MANDIOCA, FARELO DE MANDIOCA *IN NATURA* E FARELO DE MANDIOCA DESIDRATADO

Para melhor visualização das características da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado, na Figura 3 estão apresentados fotos destes produtos.



**Figura 3.** Fécula de mandioca (A), farelo de mandioca *in natura* (B) e farelo de mandioca desidratado (C).

### 5.2.1 Resultados da caracterização química da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado

Os resultados da caracterização da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado estão apresentados na Tabela 3.

A fécula de mandioca apresentou umidade média de  $10,46 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , este valor está de acordo com o regulamento técnico para produtos de cereais, amido, farinhas e farelos, que estabelece a umidade máxima permitida para fécula de mandioca de  $18 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (BRASIL, 2005). Os estudos de Leonel e Cereda (2000) sobre a extração de fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca indicaram teores de umidade variando de  $9,68$  a  $11,62 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . O resultado obtido nesse trabalho encontra-se dentro da faixa de variação dos resultados citados anteriormente. Em outro trabalho realizado por Weber, Collares-Queiroz e Chang (2009), com amido de milho normal, amido de milho ceroso e amido de milho com alto teor de amilose, obtiveram teores de umidade de  $13,7$ ,  $13,7$  e  $16,03$

g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes valores são 30,98%, 30,98% e 53,25%, respectivamente, superiores aos obtidos para a fécula de mandioca.

**Tabela 3.** Caracterização química da fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado, com as médias, desvios-padrão e coeficientes de variação.

| Componente<br>(g 100 g <sup>-1</sup> ) | Fécula de mandioca <sup>1</sup> | Farelo de mandioca<br><i>in natura</i> <sup>2</sup> | Farelo de mandioca<br>desidratado <sup>1</sup> |
|----------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Umidade                                | 10,46 ± 0,24<br>(0,02)          | 85,60 ± 0,25<br>(0,00)                              | 12,01 ± 0,47<br>(0,04)                         |
| Proteínas                              | 0,06 ± 0,00<br>(0,01)           | 1,50 ± 0,04<br>(2,68)                               | 10,43 ± 0,33<br>(0,03)                         |
| Lipídios totais                        | 0,01 ± 0,00<br>(0,01)           | 0,66 ± 0,03<br>(3,93)                               | 4,49 ± 0,06<br>(0,01)                          |
| Cinzas                                 | 0,13 ± 0,00<br>(0,02)           | 0,28 ± 0,01<br>(2,25)                               | 1,98 ± 0,02<br>(0,01)                          |
| Carboidratos <sup>3</sup>              | 89,34 ± 0,24<br>(0,00)          | 11,96 ± 0,24<br>(0,02)                              | 71,09 ± 0,44<br>(0,01)                         |
| Fibra alimentar total                  | 10,33 ± 2,00<br>(0,19)          | 9,95 ± 0,89<br>(0,09)                               | 60,28 ± 3,06<br>(0,05)                         |
| Fibra insolúvel                        | 1,54 ± 0,61<br>(0,40)           | 8,24 ± 0,58<br>(0,07)                               | 50,01 ± 2,31<br>(0,05)                         |
| Fibra solúvel                          | 8,79 ± 1,82<br>(0,21)           | 1,71 ± 0,41<br>(0,25)                               | 10,27 ± 4,13<br>(0,40)                         |
| Amido                                  | 90,65 ± 0,65<br>(0,01)          | 19,41 ± 0,47<br>(2,44)                              | 75,04 ± 0,78<br>(0,01)                         |
| Acidez <sup>4</sup>                    | 1,01 ± 0,00<br>(0,00)           | 2,03 ± 0,00<br>(0,00)                               | 2,03 ± 0,00<br>(0,00)                          |
| pH                                     | 5,46 ± 0,04<br>(0,01)           | 5,62 ± 0,04<br>(0,01)                               | 5,01 ± 0,03<br>(0,01)                          |
| Fator ácido <sup>5</sup>               | 0,28 ± 0,06<br>(1,52)           | 0,97 ± 0,03<br>(0,03)                               | 4,10 ± 0,66<br>(1,52)                          |

<sup>1</sup> As médias foram calculadas em base seca.

<sup>2</sup> As médias foram calculadas em base úmida.

<sup>3</sup> Valores calculados por diferença.

<sup>4</sup> mL de NaOH 0,1N/100g amostra.

<sup>5</sup> mL de ácido clorídrico.

O farelo de mandioca é um subproduto do processo de industrialização da fécula de mandioca. Quando *in natura* suas principais características é apresentar elevado teor de umidade e de fibra (CEREDA, 2001).

A umidade do farelo *in natura* apresentou média de 85,60 g 100 g<sup>-1</sup>, esta elevada umidade pode ser explicada pelo fato do farelo embeber-se muito de água, durante o processo de obtenção da fécula de mandioca. Os pesquisadores Leonel, Cereda e Roau (1999) ao estudarem o farelo de mandioca como fonte de fibras na produção de etanol, também encontraram umidade inicial elevada (74,91 à 79,11 g 100 g<sup>-1</sup>).

Quanto ao teor de umidade do farelo de mandioca desidratado, este apresentou média de  $12,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Esse teor, quando comparado aos teores de umidade de farinha de mandioca ( $8,10 - 12,02 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) processadas em casas-de-farinha no Acre (SOUZA et al., 2008), são em média 19,38% maiores. Os resultados, ainda, estão de acordo com a umidade máxima de  $18 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , estabelecida pela legislação brasileira para fécula de mandioca (BRASIL, 2005).

Os valores médios encontrados para os teores de proteínas, cinzas e lipídios, para a fécula de mandioca, foram iguais a  $0,06 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ,  $0,13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente. Os valores de cinzas, proteínas e lipídios encontrados por Diniz (2006), estudando polvilho azedo, produzido em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais foram  $0,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ,  $0,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ,  $0,25 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente, valores maiores em 100% para cinzas, 283% para proteínas e 2400% para lipídios, que os valores encontrados nesse estudo. Provavelmente, a diferença nos teores de proteínas, cinzas e lipídios, se deve a composição de minerais da mandioca, variedade da mandioca e também a influencia do solo em que essa mandioca foi cultivada.

Em um estudo sobre as características físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa, Rocha, Demiate e Franco (2008) obtiveram teores de proteína ( $0,12 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $0,10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), lipídios ( $0,13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $0,10 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e cinzas ( $0,12 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $0,09 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Apenas o teor de cinzas aproximou-se aos valores obtidos nesse estudo. O teor de cinzas indica a quantidade de minerais e, provavelmente, o conteúdo mineral da mandioquinha salsa é semelhante à mandioca industrial. O amido de aveia, em contraste com outras fontes botânicas (milho  $0,29 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ; inhame  $0,27 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), e inclusive a mandioca ( $0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) apresenta maior teor de lipídios (GALDEANO et al., 2009). Já era esperado que o teor de lipídio fosse baixo, pois, segundo Cereda e Vilpoux (2003), os teores de lipídios para féculas de mandioca aparecem na proporção de 0 a 0,25%. Os pesquisadores Hernández-Medina et al. (2008) estudaram o teor de cinzas em fontes de amido pouco comuns e não convencionais, cultivadas no México e ao comparar o teor de cinzas obtido para a fécula de mandioca nesse trabalho com essas outras fontes de amido (makal (*Xanthosoma yucatanensis*)  $0,12 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , camote (*Ipomea batatas*)  $0,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , yuca (*Manihot esculenta* Crantz)  $1,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , sagu (*Marantha arundinacea*)  $0,22 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e papa (*Solanum tuberosum*)  $0,40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) verificou-se que, apenas, o makal apresenta teor de cinzas 8,22% menor que o valor obtido neste estudo, as demais fontes de amido, como camote, yuca, sagú e papa, apresentam valores 100%, 676,92%, 69,23% e 207,69%, respectivamente, maiores em cinzas.

Os teores de cinzas analisados nesse trabalho encontram-se de acordo com o teor de 0,5% para polvilho doce, estabelecido pela Resolução CNNPA nº12 de 1978, já revogada. Atualmente a Resolução RDC nº 263, de setembro de 2005, que revogou a Resolução CNNPA nº 12, de 1978, não fixa nenhum padrão de identidade e qualidade para os teores máximos de proteínas e cinzas para amidos, féculas e farinhas (BRASIL, 2005).

Quanto aos teores médios de proteínas para o farelo de mandioca *in natura* e desidratado, os resultados obtidos apresentaram-se iguais a 1,50 g 100 g<sup>-1</sup> e 10,43 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Valores inferiores de proteínas foram relatados por Raupp et al. (1999) e Leonel e Cereda (2000), que encontraram teores de 1,4 g 100 g<sup>-1</sup> e 1,59 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Raupp et al. (2002) realizou um estudo com farelo de mandioca hidrolisado e obteve teor de proteína de 4,7 g 100 g<sup>-1</sup>, valor este 121,91% menor que a média do teor de proteína do farelo desidratado obtido neste estudo.

Uma das características do farelo de mandioca é apresentar baixos teores de cinzas e lipídios. O farelo *in natura* apresentou teores médios de cinzas e lipídios de 0,28 g 100 g<sup>-1</sup> e 0,66 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Já para o farelo desidratado os valores médios obtidos para os teores de cinzas e lipídios foram iguais a 1,98 g 100 g<sup>-1</sup> e 4,49 g 100 g<sup>-1</sup>. A média dos valores de cinzas e lipídios relatados na literatura para o farelo de mandioca é de 0,86 - 3,77 g 100 g<sup>-1</sup> para cinzas e 0,28 - 0,83 g 100 g<sup>-1</sup> para lipídios. No entanto, os teores de lipídios do farelo desidratado podem ser comparados aos resultados de um estudo sobre a avaliação físico-química de farinhas de mandioca, durante o armazenamento, onde essas variáveis oscilaram entre 0,80 g 100 g<sup>-1</sup> e 4,28 g 100 g<sup>-1</sup> (NETO; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2003).

Ao comparar as características do farelo de mandioca com farelos de outras origens vegetais (farelo de trigo, por exemplo), é possível verificar diferenças bem nítidas quanto aos teores de proteína, lipídios e cinzas. O farelo de trigo apresenta teores de proteína, 19,79 g 100 g<sup>-1</sup>, lipídios, 3,43 g 100 g<sup>-1</sup> e cinzas, 6,33 g 100 g<sup>-1</sup> (RAUPP et al., 2000), resultados 89,74% maior, 30,90% menor e 219,70% maior que a média dos resultados do farelo de mandioca desidratado no presente estudo.

O conteúdo de carboidrato médio obtido para a fécula de mandioca foi igual a 89,34 g 100 g<sup>-1</sup>. O valor obtido nesse estudo está em concordância com a faixa de teor de carboidratos (78,55 – 98,85 g 100 g<sup>-1</sup>) de polvilho doce, produzido em uma casa de farinha modelo em Sergipe (CASTRO et al., 2005). Os teores médios de carboidratos para os farelos *in natura* e desidratado foram iguais a 11,96 g 100 g<sup>-1</sup> e 71,09 g 100 g<sup>-1</sup>. O teor de carboidrato mais elevado do farelo desidratado que do farelo *in natura*, pode ser justificado pela concentração dos outros componentes (cinzas, proteínas e lipídios), resultantes da perda de umidade durante

a secagem. Como a determinação do teor de carboidratos foi realizada por diferença, os teores dos outros componentes influenciaram diretamente no resultado.

O teor de fibra alimentar total obtido para a fécula de mandioca apresentou média de  $10,33 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . É possível observar, ainda, maior predominância de fibra solúvel ( $8,79 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) em relação à fibra insolúvel ( $1,54 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Segundo Leonel, Jackey e Cereda (1998), ao estudarem a fécula de batata, obtiveram teor de fibra alimentar igual a  $0,57 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , valor esse 876% menor que o teor de fibra alimentar total obtido para a fécula de mandioca neste trabalho.

A Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), define o conteúdo de  $6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  para um alimento sólido como sendo de alto teor de fibra alimentar (BRASIL, 1998). Assim, deve-se destacar que, tanto o farelo *in natura* quanto o farelo desidratado apresentaram alto teor de fibra alimentar. Nos farelos de mandioca *in natura* e desidratado, as médias dos resultados obtidos para fibra total alimentar foram iguais a  $9,95 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $60,28 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Dentre as frações de fibras alimentares, pode-se observar maior predominância da fração de fibra insolúvel (médias de  $8,24 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $50,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) em relação à solúvel (médias de  $1,71 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $10,27 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ), tanto para o farelo *in natura* quanto para o desidratado. Saito, Cabello e Fukushima (2006) determinaram o teor de fibra do farelo de mandioca, após tratamento hidrotérmico e, também, obtiveram como resultados altos teores de fibra ( $53,74 - 68,65 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Os resultados dos autores citados anteriormente estão em total concordância com os resultados obtidos neste estudo. Em outro estudo foi possível constatar que o teor de fibra do farelo de mandioca ( $46,30 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) foi inferior 21,60% ao teor de fibra do farelo de trigo ( $56,30 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) (BLANCO-METZLER; VALLE, 2007).

As propriedades físico-químicas das frações das fibras alimentares produzem diferentes efeitos fisiológicos no organismo. As fibras solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo intestinal e redução do colesterol plasmático. As fibras insolúveis aumentam o volume do bolo fecal, reduzem o tempo de trânsito no intestino grosso e tornam a eliminação fecal mais fácil e rápida. Assim, as fibras alimentares regularizam o funcionamento intestinal, o que as tornam relevantes para o bem-estar das pessoas saudáveis e para o tratamento dietético de várias patologias (MATTOS, MARTINS, 2000).

Ressalta-se que a ingestão de  $100 \text{ g}$  de farelo de mandioca *in natura* ou desidratado supera em 300% a recomendação para ingestão de fibra alimentar, que é de  $25 \text{ g}$  por dia (AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, 2002).

A fécula de mandioca apresentou teor médio de amido de  $90,65 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . O teor de amido obtido nesta pesquisa é próximo ao resultado encontrado por Leonel, Jackey e Cereda (1998),  $96,66 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , em estudo sobre o processamento industrial de fécula de batata no Estado do Mato Grosso do Sul. Pereira e Leonel (2009) avaliaram os teores de amido em polvilho doce, provenientes dos Estados do Paraná e São Paulo, e encontraram teores inferiores de amido ( $86,55 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $86,29 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Ao comparar o teor de amido da fécula de mandioca com de outras tuberosas (açafrão  $8,83 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , ahipa  $7,68 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , araruta  $24,23 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , batata-doce  $14,72 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , biri  $18,45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , inhame  $20,43 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e mandioquinha-salsa  $15,75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) (LEONEL; CEREDA, 2002), pode-se observar que as quantidades de amido encontradas na fécula de mandioca podem ser até 1080,34% maiores que na ahipa. Provavelmente, pelo fato da mandioca possuir elevado teor de amido, quando comparado com outras raízes e tuberosas, seja a raiz mais utilizada para a extração da fécula.

O teor de amido nos farelos de mandioca está diretamente relacionado ao processo de extração da fécula de mandioca. Espera-se que as fecularias consigam extrair o maior percentual possível de fécula da raiz da mandioca. Em função disso, o teor de amido nos farelos de mandioca é muito variável. Deve-se destacar que, o farelo de mandioca desidratado apresenta elevado teor de amido, com valor médio igual a  $75,04 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Esse resultado está em concordância com os resultados obtidos por Rocha (2005) e Leonel e Cereda (2000), que obtiveram teores de amido de  $61,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $83,08 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  respectivamente, para farelos de mandioca. O farelo de mandioca *in natura* apresentou teor médio de amido igual a  $19,41 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Algumas características físico-químicas de amido de mandioca são determinadas pela Associação Brasileira de Amido de Mandioca (ABAM) para as indústrias produtoras de fécula de mandioca. As especificações em relação à acidez são: acidez (máximo 1,0 mL de NaOH), pH (4,5 a 6,5) e fator ácido (máximo 4,5 mL) (ABAM, s.d.).

A acidez titulável é um parâmetro determinante na diferenciação de polvilho azedo e polvilho doce. Segundo Cereda e Vilpoux (2003), a acidez titulável superior a 7,0 mL de NaOH 0,1 N por 100 g caracteriza uma fermentação muito intensa (características de polvilho azedo), enquanto volumes inferiores a 3,0 mL de NaOH 0,1 N por 100 g caracterizam a quase ausência de fermentação (características de polvilho doce). Uma das características do polvilho doce é a ausência de fermentação, durante o processo produtivo.

Todos os lotes de fécula de mandioca analisados apresentaram média de acidez titulável igual a 1,01 mL de NaOH 0,1N  $100 \text{ g}^{-1}$ . Este valor é muito próximo aos resultados obtidos por Leonel, Jackey e Cereda (1998), os quais encontraram 0,93 mL de NaOH 0,1N

100g<sup>-1</sup> para fécula de batata. Em outro estudo realizado com fécula de mandioca, Castro et al. (2005), encontraram acidez titulável de 1,85 mL de NaOH 0,1N 100g<sup>-1</sup>, valor este 83,17% superior à acidez obtida neste estudo para a fécula de mandioca. As características da cultura e da região, onde foi produzida a fécula de mandioca, podem explicar essa diferença.

O valor médio de pH para a fécula de mandioca foi de 5,46. É preciso ressaltar que os resultados obtidos estão de acordo com o especificado pela ABAM. Ao analisar os amidos nativos de milho, mandioca e milho ceroso, Silva et al. (2006) obtiveram valores de pH iguais a 5,0, 5,6 e 5,0, respectivamente. A determinação do pH em uma amostra de fécula de mandioca, oriunda de uma fecularia localizada em São Paulo, apresentou valor igual a 6,00 (CABELLO; SCHMIDT, 2005). Esse valor de pH é 9,89% maior que a média de pH da amostra analisada neste trabalho. De acordo com Eke et al. (2007), que estudaram féculas de várias variedades de mandioca da Nigéria, obtiveram variação de pH de 4,06 à 7,34. Segundo essas informações, é possível observar que as variações de pH devem-se a origem da matéria-prima e ao processamento para obtenção da fécula.

A determinação do fator ácido consiste em uma avaliação que expressa o grau de pureza do grânulo de amido e é uma análise realizada quase exclusivamente em indústrias (fecularias) (MARCONI; AVANCINI; AMANTE, 2007).

O fator ácido nas amostras de fécula de mandioca analisadas apresentou média de 0,28 mL de ácido clorídrico. O resultado obtido encontra-se em concordância com a especificação da ABAM, que traz como limite máximo de fator ácido 4,5 mL de ácido clorídrico. Teores elevados de acidez titulável e fator ácido podem ser indicativos de que houve algum tipo de fermentação durante o processamento da fécula de mandioca.

Em relação aos resultados de acidez, pH e fator ácido, os resultados médios obtidos para o farelo *in natura* e desidratado foram iguais a 2,03 mL de NaOH 0,1N 100g<sup>-1</sup>, 5,62 e 0,97 mL de ácido clorídrico; 2,03 mL de NaOH 0,1N 100g<sup>-1</sup>, 5,01 e 4,10 mL de ácido clorídrico, respectivamente.

De acordo com Neves (2004), que analisou a crueira (resíduo oriundo do processamento da farinha de mandioca), os resultados obtidos para acidez e pH foram iguais a 5,48 mL de NaOH 0,1N 100g<sup>-1</sup> e 5,40. A acidez obtida pelo autor citado anteriormente, é 169,95% maior que a acidez obtida tanto para o farelo de mandioca *in natura* quanto o farelo desidratado. Isso pode indicar que os farelos de mandioca *in natura* e desidratado, não sofreram nenhum tipo de processo fermentativo, durante o armazenamento e realização das análises. Em outro estudo que caracterizou o farelo de mandioca para a produção de etanol, Leonel e Cereda (1998) obtiveram pH de 5,80 e acidez titulável igual a 5,30 mL de NaOH

0,1N 100g<sup>-1</sup> para o farelo de mandioca desidratado. Esses resultados de pH e acidez titulável são 15,77% e 161,08% maiores que os resultados obtidos neste estudo.

### 5.2.2 Composição mineral

Os resultados do conteúdo mineral para a fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de alguns minerais presentes na fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado.

| Minerais<br>(mg 100 g <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup> | Fécula de mandioca                     | Farelo de mandioca<br><i>in natura</i> | Farelo de mandioca<br>desidratado    |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| Fósforo (P)                                        | 45,00 ± 0,00 <sup>c</sup><br>(0,00)    | 55,00 ± 0,00 <sup>b</sup><br>(0,00)    | 64,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  |
| Potássio (K)                                       | 786,67 ± 115,47 <sup>a</sup><br>(1,47) | 833,33 ± 416,33 <sup>a</sup><br>(5,00) | 840,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00) |
| Cálcio (Ca)                                        | 200,00 ± 0,00 <sup>c</sup><br>(0,00)   | 306,67 ± 115,47 <sup>b</sup><br>(3,77) | 500,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00) |
| Magnésio (Mg)                                      | 100,00 ± 0,00 <sup>b</sup><br>(0,00)   | 100,00 ± 0,00 <sup>b</sup><br>(0,00)   | 200,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00) |
| Enxofre (S)                                        | 10,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)    | 10,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)    | 10,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  |
| Cobre (Cu)                                         | 0,58 ± 0,03 <sup>a</sup><br>(4,95)     | 0,58 ± 0,03 <sup>a</sup><br>(4,95)     | 0,52 ± 0,03 <sup>a</sup><br>(5,59)   |
| Manganês (Mn)                                      | 2,10 ± 0,10 <sup>b</sup><br>(4,76)     | 2,17 ± 0,12 <sup>b</sup><br>(5,33)     | 4,00 ± 0,20 <sup>a</sup><br>(5,00)   |
| Zinco (Zn)                                         | 0,88 ± 0,02 <sup>a</sup><br>(2,63)     | 0,12 ± 0,00 <sup>b</sup><br>(3,48)     | 0,15 ± 0,01 <sup>b</sup><br>(6,67)   |

<sup>1</sup> As médias foram calculadas em base seca. Em uma mesma coluna, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O fósforo possui papel muito importante na formação dos ossos e dentes, intervindo, também, nas reações químicas em que se libera energia. O fósforo faz parte integrante dos ácidos nucleicos ARN e ADN. Existe um claro aumento das necessidades de fósforo absorvido pelo organismo em períodos de crescimento ou desenvolvimento, como na alimentação de adolescentes e mulheres grávidas ou, ainda, em períodos de lactação (SILVA; MURA, 2007).

O papel metabólico do manganês é ativar numerosas enzimas envolvidas na síntese do tecido conjuntivo, na regulação da glicose, na proteção das células contra os radicais livres e nas atividades neuro-hormonais (SILVA; MURA, 2007).

O potássio tem papel principal na manutenção do equilíbrio hidroeletrolítico e na integridade das células. O controle da distribuição do potássio é de alta prioridade para o corpo, pois influencia em muitos aspectos da homeostase, incluindo o batimento cardíaco estável. O cálcio é parte integrante da estrutura óssea, o que permite que a estrutura seja resistente, serve de ponto de conexão para os músculos e torna possível a locomoção. No sangue tem participação em contrações musculares, coagulação sanguínea e impulsos nervosos. O enxofre é um componente das proteínas, estabiliza seu formato ao criar pontes de dissulfeto, e é componente das vitaminas biotina e tiamina e, do hormônio insulina. O magnésio participa da mineralização óssea, produção de proteínas, atividades enzimáticas, contrações musculares normais, transmissão de impulsos nervosos, manutenção dos dentes e funcionamento do sistema imunológico (WHITNEY; ROLFES, 2008).

O cobre exerce papel catalítico e promove mobilização do ferro para a síntese de hemoglobina. O zinco é essencial para a função de mais de 300 enzimas, participando do metabolismo de carboidratos, proteínas, lipídeos e ácidos nucléicos. O consumo adequado de zinco pode reduzir efetivamente a severidade de morbidez de inúmeras infecções comuns na infância. Em casos de carência, poderá existir um atraso no crescimento, fraco crescimento dos testículos ou ovários e má cicatrização de feridas (HARVESTPLUS, 2009; SILVA; MURA, 2007).

Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os conteúdos de K, S e Cu, para as amostras de fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado analisados. O conteúdo de K e Cu variaram de 786,67 - 840,00 mg 100 g<sup>-1</sup>, e de 0,52 - 0,58 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. O conteúdo de S obtidos para todas as amostras foi igual a 10,00 mg 100 g<sup>-1</sup>.

Para todos os outros minerais, P, Ca, Mg, Mn e Zn, houveram diferenças significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre as amostras. Variações nos conteúdos de minerais: P variou de 45,00 - 64,00 mg 100 g<sup>-1</sup>; Ca de 200 - 500 mg 100 g<sup>-1</sup>; Mg 100 - 200 mg 100 g<sup>-1</sup>; Mn de 2,10 - 4,00 mg 100 g<sup>-1</sup> e Zn de 0,12 - 0,88 mg 100 g<sup>-1</sup>.

Pode-se observar que o farelo de mandioca desidratado apresentou os maiores conteúdos de P (64,00 mg 100 g<sup>-1</sup>), K (840,00 mg 100 g<sup>-1</sup>), Ca (500,00 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mg (200,00 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Mn (4,00 mg 100 g<sup>-1</sup>) e, os maiores conteúdos de Cu (0,58 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Z (0,88 mg 100 g<sup>-1</sup>) foram da fécula de mandioca.

Nos estudos realizados por Leonel (2001) com farelo de mandioca, os autores obtiveram médias de teores de minerais de: 0,02 mg 100 g<sup>-1</sup> de P, 0,13 mg 100 g<sup>-1</sup> de K, 0,24 mg 100 g<sup>-1</sup> de Ca, 0,11 mg 100 g<sup>-1</sup> de Mg, 0,01 mg 100 g<sup>-1</sup> de S, 0,4 mg 100 g<sup>-1</sup> Zn e 0,1 mg 100 g<sup>-1</sup> Cu, valores diferentes aos obtidos neste estudo.

Os pesquisadores Mezette et al. (2009) estudaram os componentes minerais de 12 variedades de mandioca de mesa, oriundas do Estado de São Paulo, e obtiveram, nesse estudo, variações no conteúdo de: K (921,81 - 1113,43 mg 100 g<sup>-1</sup>), P (45,87 - 56,31 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mg (64,95 - 141,73 mg 100 g<sup>-1</sup>), Ca (39,49 - 102,83 mg 100 g<sup>-1</sup>), Z (0,7 - 1,68 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mn (0,12 - 0,2 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Cu (0,21 - 0,33 mg 100 g<sup>-1</sup>).

O conteúdo de P, K e Zn, obtidos neste estudo, estão em concordância com os conteúdos de minerais do estudo citado anteriormente. Porém, vale ressaltar, que os conteúdos de Ca, Cu e Mn, do presente trabalho, apresentaram-se, em média, 371,56%, 107,41% e 1625%, respectivamente, mais elevados que valores citados por Mezette et al. (2009). Um estudo sobre o conteúdo mineral na farinha de folhas de mandioca obteve conteúdo de S igual a 0,01 mg 100 g<sup>-1</sup> (WOBETO et al., 2006), o qual é um valor muito menor que o obtido neste estudo (10 mg 100 g<sup>-1</sup>).

Em estudo sobre a composição mineral de cinco variedades de mandioca, provenientes do norte da Tailândia, Charles, Sriroth e Huang (2005) obtiveram teores médios iguais de: Ca 243,80 mg 100 g<sup>-1</sup>, K 424,10 mg 100 g<sup>-1</sup>, Mg 35,50 mg 100 g<sup>-1</sup>, Zn 15,40 mg 100 g<sup>-1</sup> e Mn 1,62 mg 100 g<sup>-1</sup>. Vale destaque para o teor de Zn que é 457,97% maior que o obtido neste estudo.

Essas diferenças em relação ao conteúdo de minerais devem-se, principalmente, as condições edafoclimáticas, pois foram analisadas amostras provenientes de diferentes países e estados brasileiros.

### **5.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE FÉCULA DE MANDIOCA, FARELO DE MANDIOCA *IN NATURA* E FARELO DE MANDIOCA DESIDRATADO**

#### **5.3.1 Parâmetros instrumentais de cor**

Os resultados da análise de cor, por meio das escalas L\*, a\* e b\*, para a fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado podem ser visualizados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação da luminosidade ( $L^*$ ) e das coordenadas de cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) na fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e farelo de mandioca desidratado.

| Parâmetros de cor | Fécula de mandioca          | Farelo de mandioca <i>in natura</i> | Farelo de mandioca desidratado |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| L                 | 93,35 $\pm$ 1,51<br>(1,62)  | 46,15 $\pm$ 0,12<br>(0,26)          | 28,67 $\pm$ 0,01<br>(0,05)     |
| $a^*$             | -0,05 $\pm$ 0,01<br>(14,12) | 10,57 $\pm$ 0,06<br>(0,53)          | 7,13 $\pm$ 0,03<br>(0,36)      |
| $b^*$             | 1,12 $\pm$ 0,01<br>(1,21)   | 16,34 $\pm$ 0,02<br>(0,14)          | 12,91 $\pm$ 0,02<br>(0,12)     |

A escala  $L^*$  é uma indicação da luminosidade, em que o valor 0 indica cor totalmente preta e o 100 totalmente branca; a coordenada de cromaticidade  $a^*$  indica a tonalidade vermelha. Esse número, quando positivo, indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativo aponta a inexistência destes. A coordenada de cromaticidade  $b^*$  refere-se à tonalidade amarela. Essa tonalidade encontra-se presente na amostra, em maior intensidade, quanto maior for o valor de  $b^*$ . Quando os valores das escalas  $a^*$  e  $b^*$  estiverem próximos de 0, indicarão que a amostra apresenta uma cor próxima à neutralidade (BARBOSA et al., 2006; GOOD, 2002).

As médias de luminosidade  $L^*$  para as amostras de fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado, apresentaram resultados iguais a 93,54, 46,17 e 28,67, respectivamente. O resultado obtido para a fécula de mandioca confirma a claridade da amostra, pois indica a tendência de coloração ao branco total, sendo os valores obtidos muito próximos ao valor de 100. Tanto o farelo de mandioca *in natura* quanto o desidratado, apresentaram valores de luminosidade  $L^*$  mais baixos quando comparados com a fécula de mandioca, em média 50,64% menor, para o farelo de mandioca *in natura* e 69,35% menor para o farelo de mandioca desidratado. Pelo fato das amostras de farelo de mandioca apresentarem coloração mais escura, já era esperado menores valores de luminosidade.

Os resultados de luminosidade menores para as amostras de farelo de mandioca desidratado podem ser justificados pelo fato do farelo de mandioca ter passado pelo processo de secagem, o que possibilitou a concentração dos nutrientes. E, também, durante a secagem da amostra pode ter ocorrido a reação de Maillard (que, também, pode ter sido favorecida pela quantidade de proteínas e amido da amostra), fazendo com que as amostras apresentassem coloração mais escura. Isso pode ser ressaltado pela diferença entre a luminosidade das amostras de farelo de mandioca *in natura* e desidratado.

Para a coordenada de cromaticidade  $a^*$ , que representa a tonalidade que varia do verde ao vermelho, as amostras de fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado apresentaram valores médios de: -0,05, 10,57 e 7,13. Como a amostra de fécula de mandioca não apresenta pigmentos verdes nem vermelhos, os valores de cromaticidade  $a^*$  obtidos são negativos.

Entre os resultados da coordenada de cromaticidade  $b^*$ , representada pela variação de tonalidade do azul ao amarelo, as médias obtidas para a fécula de mandioca, farelo de mandioca *in natura* e desidratado foram iguais a 1,12, 16,34 e 12,91, respectivamente. As amostras de farelo de mandioca *in natura* e desidratado têm coloração mais escura que a fécula, e apresentam maior tendência a tonalidade amarela.

Em estudo sobre a utilização de fécula de mandioca para a elaboração de embutido, tipo mortadela, com farinha de arroz e fécula de mandioca, foi preciso determinar a cor da fécula de mandioca, a fim de verificar se o incremento da fécula poderia influenciar a cor da mortadela. Segundo os estudos de Barbosa et al., (2006), a fécula de mandioca apresentou luminosidade  $L^*$  de 99,47, coordenada de cromaticidade  $a^*$  de -0,10 e coordenada de cromaticidade  $b^*$  de 1,71. Comparando os resultados obtidos neste estudo com os resultados de Barbosa et al. (2006), é possível verificar que todos os resultados apresentam-se menores, luminosidade  $L^*$  apresentou-se, em média, 96,52% menor; a coordenada de cromaticidade  $a^*$  50% em média menor e a coordenada de cromaticidade  $b^*$  34,50% em média menor.

A mistura do farelo de mandioca com outras matérias-primas pode influenciar diretamente na cor final dos produtos, principalmente, se as outras matérias-primas apresentarem coloração mais clara. A utilização de misturas entre fécula, farelo de mandioca e farinha de soja pode resultar em variações para os parâmetros de cor, segundo o estudo realizado por Trombini et al., 2009. Segundo os autores, a análise dos dados mostrou que a mistura com maior percentual de fécula de mandioca (70%) e menores percentuais de farelo de mandioca e farinha de soja (10% e 20%, respectivamente) apresentou a maior luminosidade  $L^*$  (91,0), e todas as misturas apresentaram a presença de amarelo, sendo possível observar a influência da porcentagem de farinha de soja sobre este parâmetro.

A extrusão de farinhas de mandioca (produto com composição próxima ao farelo de mandioca), enriquecida com caseína pode influenciar diretamente na cor das misturas. Os resultados obtidos na análise de cor das misturas de farinha de mandioca e caseína mostraram alta luminosidade  $L^*$  (80,36 - 77,63), coordenada de cromaticidade  $a^*$  positivo (3,17 - 2,68, tendendo ao vermelho) e coordenada de cromaticidade  $b^*$  positivo (15,25 - 15,73, tendendo a amarelo) (LUSTOSA; LEONEL; MISCHAN, 2010).

#### 5.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA FÉCULA DE MANDIOCA E FARELO DE MANDIOCA DESIDRATADO

Os resultados da avaliação microbiológica da fécula de mandioca e do farelo de mandioca desidratado estão apresentados nas Tabelas 6 e 7.

**Tabela 6.** Avaliação microbiológica de fécula de mandioca.

|                    | Análises microbiológicas                                         | Resultado encontrado | VMP <sup>1</sup>      |
|--------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Fécula de mandioca | Coliformes a 45°C g <sup>-1</sup><br>(UFC g <sup>-1</sup> )      | < 100                | 1,0 x 10 <sup>2</sup> |
|                    | <i>Bacillus cereus</i> g <sup>-1</sup><br>(UFC g <sup>-1</sup> ) | < 100                | 3,0 x 10 <sup>3</sup> |
|                    | <i>Salmonella</i> sp 25g <sup>-1</sup>                           | Ausente              | Ausência              |

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

**Tabela 7.** Avaliação microbiológica de farelo de mandioca desidratado.

|                                | Análises microbiológicas                                         | Resultado encontrado  | VMP <sup>1</sup>      |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Farelo de mandioca desidratado | Coliformes totais<br>(UFC g <sup>-1</sup> )                      | 1,6 x 10 <sup>2</sup> | -                     |
|                                | Coliformes a 45°C g <sup>-1</sup><br>(UFC g <sup>-1</sup> )      | < 100                 | 1,0 x 10 <sup>2</sup> |
|                                | <i>Bacillus cereus</i> g <sup>-1</sup><br>(UFC g <sup>-1</sup> ) | < 100                 | 3,0 x 10 <sup>3</sup> |
|                                | <i>Salmonella</i> sp 25g <sup>-1</sup>                           | Ausente               | Ausência              |

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

Tanto a amostra de fécula de mandioca quanto de farelo de mandioca desidratado foram considerados livres de contaminação microbiológica e estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo item “10.a.”, para amidos, farinhas, féculas e fubá, em pó ou flocados, da Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

Em estudos realizados sobre as características microbiológicas de produtos oriundos da mesma matéria-prima, fécula e farinha de mandioca, foi possível identificar que também não ocorreram registros de contaminações microbiológicas nas amostras. Em estudos sobre a qualidade da farinha de mandioca do grupo seca e sobre as propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d’água, em casas de farinhas no Estado do Pará, Chisté et al. (2007a) e Chisté et al. (2006), não encontraram

contaminações microbiológicas nas amostras de farinhas de mandioca analisadas, estando todas as amostras de acordo com a Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

A avaliação das características microbiológicas de 24 amostras de polvilho doce, fabricados nos estados do Sul do país, foi realizada por Demiate et al. (2003). Nesse estudo, os autores afirmaram que as amostras analisadas estavam absolutamente dentro das normas preconizadas pela legislação brasileira, sendo assim, não havia contaminação microbiológica das amostras.

## 5.5 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS BISCOITOS

### 5.5.1 Resultados da caracterização química

Na Tabela 8 está apresentada a caracterização química dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.

A umidade de alimentos é uma medida importante, uma vez que está relacionada à estabilidade, à qualidade e à composição (CECCHI, 2001).

Os teores de umidade dos biscoitos BP, BF2, BF4, BF6 e BF8 apresentaram médias de 6,89, 5,77, 6,83, 6,50 e 5,74 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Os biscoitos BP e BF4, e BF2 e BF8 não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre si; porém, o biscoito BF6 diferiu ( $P \leq 0,05$ ) dos demais, isso significa dizer que o conteúdo de farelo de mandioca adicionado não afetou a umidade dos biscoitos. Em estudo realizado por Silva, Façanha e Silva (1998) sobre o efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural, obtiveram biscoitos com umidade variando entre 1,54 e 11,53 g 100 g<sup>-1</sup>.

Com relação ao teor protéico dos biscoitos houve diferença significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre os biscoitos BP, BF4 e BF6. Sendo que, o teor de proteínas para os biscoitos em questão variou de 6,76 a 7,26 g 100 g<sup>-1</sup>. Resultados diferentes foram relatados por Aplevicz e Demiate (2007), os quais produziram biscoitos de polvilho com amidos de mandioca nativos e modificados, e, assim, obtiveram igual teor de proteína de 2,2 g 100 g<sup>-1</sup> para biscoitos elaborados com polvilho azedo e com polvilho doce. O teor de proteína citado (2,2 g 100 g<sup>-1</sup>) é 213,83% menor que a média dos teores de proteínas dos biscoitos analisados neste trabalho. Essa diferença pode estar relacionada com as matérias-primas utilizadas na elaboração dos biscoitos.

**Tabela 8.** Composição centesimal dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado com as médias, os desvios-padrão e os coeficientes de variação.

| Componente <sup>1</sup><br>(g 100 g <sup>-1</sup> ) | BP                                    | BF2                                   | BF4                                   | BF6                                   | BF8                                   |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Umidade                                             | 6,89 ± 0,16 <sup>a</sup><br>(2,28)    | 5,77 ± 0,15 <sup>c</sup><br>(2,54)    | 6,83 ± 0,19 <sup>a</sup><br>(2,73)    | 6,50 ± 0,09 <sup>b</sup><br>(1,39)    | 5,74 ± 0,04 <sup>c</sup><br>(0,77)    |
| Proteínas                                           | 6,90 ± 0,09 <sup>b</sup><br>(1,34)    | 6,94 ± 0,04 <sup>b</sup><br>(0,64)    | 7,26 ± 0,12 <sup>a</sup><br>(1,59)    | 6,76 ± 0,10 <sup>c</sup><br>(1,53)    | 6,66 ± 0,07 <sup>c</sup><br>(1,04)    |
| Lipídeos totais                                     | 15,07 ± 1,10 <sup>a</sup><br>(4,27)   | 15,57 ± 1,14 <sup>a</sup><br>(4,29)   | 15,61 ± 0,71 <sup>a</sup><br>(4,56)   | 16,27 ± 0,71 <sup>a</sup><br>(4,35)   | 15,96 ± 1,24 <sup>a</sup><br>(3,77)   |
| Cinzas                                              | 2,91 ± 0,03 <sup>b</sup><br>(0,97)    | 2,94 ± 0,09 <sup>a,b</sup><br>(3,08)  | 3,01 ± 0,05 <sup>a</sup><br>(1,82)    | 2,97 ± 0,07 <sup>a,b</sup><br>(2,28)  | 2,99 ± 0,07 <sup>a,b</sup><br>(2,38)  |
| Fibra alimentar total                               | 5,47 ± 0,23 <sup>e</sup><br>(4,22)    | 7,40 ± 0,10 <sup>d</sup><br>(1,35)    | 8,53 ± 0,23 <sup>c</sup><br>(2,71)    | 10,23 ± 0,23 <sup>b</sup><br>(2,26)   | 11,40 ± 0,26 <sup>a</sup><br>(2,32)   |
| Fibra insolúvel                                     | 3,33 ± 0,15 <sup>d</sup><br>(4,58)    | 6,27 ± 0,25 <sup>c</sup><br>(4,02)    | 7,27 ± 0,23 <sup>b</sup><br>(3,18)    | 6,47 ± 0,32 <sup>c</sup><br>(4,97)    | 8,90 ± 0,10 <sup>a</sup><br>(1,12)    |
| Fibra solúvel                                       | 2,13 ± 0,15 <sup>c</sup><br>(7,16)    | 1,13 ± 0,15 <sup>d</sup><br>(6,74)    | 1,27 ± 0,23 <sup>d</sup><br>(6,09)    | 3,77 ± 0,32 <sup>a</sup><br>(4,53)    | 2,50 ± 0,20 <sup>b</sup><br>(4,00)    |
| Carboidratos <sup>2</sup>                           | 65,23 ± 1,17 <sup>a,b</sup><br>(1,71) | 68,79 ± 1,16 <sup>a</sup><br>(1,69)   | 67,28 ± 0,76 <sup>b</sup><br>(1,12)   | 67,50 ± 0,79 <sup>a,b</sup><br>(1,16) | 68,66 ± 1,27 <sup>a,b</sup><br>(1,85) |
| Amido                                               | 75,75 ± 0,84 <sup>d</sup><br>(1,11)   | 76,27 ± 1,89 <sup>c,d</sup><br>(2,47) | 77,40 ± 0,83 <sup>b,c</sup><br>(1,08) | 78,28 ± 0,81 <sup>b</sup><br>(1,04)   | 80,68 ± 0,92 <sup>a</sup><br>(1,14)   |
| Acidez <sup>3</sup>                                 | 2,03 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,02)    | 2,03 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,02)    | 2,03 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,03)    | 2,03 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,03)    | 2,03 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,03)    |
| pH                                                  | 6,44 ± 0,10 <sup>a</sup><br>(1,60)    | 6,44 ± 0,06 <sup>a</sup><br>(0,95)    | 6,43 ± 0,07 <sup>a</sup><br>(1,13)    | 6,39 ± 0,02 <sup>a</sup><br>(0,38)    | 6,40 ± 0,03 <sup>a</sup><br>(1,26)    |
| Fator ácido <sup>4</sup>                            | 1,24 ± 0,03 <sup>d</sup><br>(2,55)    | 1,24 ± 0,03 <sup>d</sup><br>(2,20)    | 1,34 ± 0,05 <sup>c</sup><br>(3,57)    | 1,59 ± 0,02 <sup>b</sup><br>(1,27)    | 1,96 ± 0,06 <sup>a</sup><br>(3,01)    |

<sup>1</sup> As médias foram calculadas em base seca. Em uma mesma coluna, médias com letras iguais não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>2</sup> Valores calculados por diferença. <sup>3</sup> mL de NaOH 0,1N/100g amostra. <sup>4</sup> mL de ácido clorídrico.

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado. BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca.

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca. BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca. BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

Para o teor de lipídios não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os biscoitos analisados, que apresentaram médias de  $15,07 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (BP),  $15,57 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (BF2),  $15,61 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (BF4),  $16,27 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (BF6) e  $15,96 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  (BF8). Em um estudo sobre a caracterização e aproveitamento do farelo residual do processamento de fécula de mandioca na elaboração de biscoitos, Rocha (2005) elaborou biscoitos com diferentes substituições de farinha de trigo por farelo de mandioca e obteve teor de lipídios para os biscoitos, variando de  $3,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  a  $4,20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Os teores de lipídios obtidos neste estudo são, em média, 320,91% maiores que a média dos teores de lipídios do estudo citado anteriormente, o que pode ser justificado, principalmente, pela diferença de matérias-primas utilizadas para elaboração dos biscoitos.

O conteúdo de cinzas nos biscoitos variou entre  $2,91 - 3,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , para os biscoitos BP e BF4, que diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ); porém não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os biscoitos BF2, BF6 e BF8. O teor de cinzas em amostras de biscoito de polvilho processadas com amido nativo e depois suplementados com amido resistente, avaliado por Pimentel (2007), foi igual a  $0,16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . O resultado de teor de cinzas,  $1,72 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , obtido por Ribeiro (2006), no trabalho que avaliou o efeito da formulação nas propriedades físico-químicas do biscoito de polvilho e, também, a influência das formulações nas isotermas de sorção do biscoito, é 72,09% maior que a média dos teores de cinzas obtidos neste estudo.

Houve um aumento gradual do teor de fibras dos biscoitos com a elevação do incremento do farelo de mandioca desidratado. Todos os biscoitos formulados diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ). A amostra BP apresentou o menor teor de fibra ( $5,47 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e a amostra BF8 apresentou o maior teor de fibra ( $11,40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Essa diferença já era esperada, pois a amostra de biscoito BF8 é a que apresenta o maior percentual de farelo de mandioca na formulação. Comparando-se o teor de fibra alimentar total entre as amostras BP e BF8, pode-se observar que o biscoito BF8 possui cerca de 108,41% mais de fibra em sua composição. Observa-se, ainda, que há predominância das frações de fibra insolúvel em relação às frações solúveis. A fração de fibra solúvel variou entre  $1,13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $3,77 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ; já, a fração insolúvel variou entre  $3,33$  e  $8,90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ .

Comparando-se os teores de fibras existentes em diferentes tipos de farelos, é possível observar que, geralmente, os farelos apresentam teores consideráveis de fibras alimentares. E, mesmo em produtos ricos em fibra e que sofreram diferentes tipos de processamento, estes teores se mantêm elevados. O trabalho de Montenegro et al. (2008), que avaliou a utilização de farelo de trigo e polidextrose como fontes de fibra no enriquecimento de biscoitos de polvilho, mostra que os biscoitos atingiram os teores exigidos pela legislação brasileira para

serem considerados fontes de fibra. Outro estudo avaliou o efeito de parâmetros operacionais do processo de extrusão no desenvolvimento de biscoitos de polvilho com fibras, utilizando como matérias-primas o polvilho azedo e o farelo de mandioca. Os autores afirmaram que os biscoitos com baixo teor de fibras ( $< 4,0 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) produzem produtos com boas características tecnológicas (como por exemplo, volume específico) (CAMARGO; LEONEL; MISCHAN, 2008).

Pode-se considerar que os biscoitos de polvilho com farelo de mandioca possuem elevados teores de fibra alimentar total e, podem ser classificados como alimento fonte deste componente, segundo a Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998, que regulamenta a informação nutricional complementar, como um alimento sólido com, no mínimo, de  $3 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  de fibras já pode ser classificado como fonte de fibra alimentar (BRASIL, 1998). Mattos e Martins (2000), também, propuseram a seguinte classificação quanto ao teor de fibra presente em  $100 \text{ g}$  de alimento: muito alto (maior que  $7 \text{ g}$ ); alto ( $4,5$  a  $6,9 \text{ g}$ ); moderado ( $2,4$  a  $4,4 \text{ g}$ ) e baixo (inferior a  $2,4 \text{ g}$ ). Sendo assim, e de acordo com essa classificação, o biscoito BP seria considerado um alimento com alto teor de fibra e os biscoitos BF2, BF4, BF6 e BF8 seriam classificados como alimentos com muito alto teor de fibras.

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

A Ingestão Dietética de Referência (*Dietary Reference Intakes*), conhecida como DRI, de fibra alimentar para adultos é de  $25\text{-}38 \text{ g dia}^{-1}$ , sendo que homens devem ingerir maior quantidade de fibra que as mulheres,  $38 \text{ g dia}^{-1}$  e  $25\text{-}26 \text{ g dia}^{-1}$ , respectivamente. A Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (SBAN) recomenda que adultos jovens ingiram, no mínimo,  $20 \text{ g dia}^{-1}$  de fibra; crianças com idade entre 1 e 3 anos,  $19 \text{ g dia}^{-1}$  de fibra e, crianças entre 4 e 8 anos, a ingestão de fibra deve ser de  $25 \text{ g dia}^{-1}$  (WHITNEY; ROLFES, 2008; COLLI; SARDINHA; FILISETTI, 2005; MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005). Comparando-se a ingestão dietética de referência às quantidades de fibras alimentares presentes em  $100 \text{ g}$  do biscoito com 8% de farelo de mandioca (BF8), encontram-se atendidas em 30% da DRI para homens, 45,60% da DRI para mulheres, 126,67% das necessidades diárias para crianças com idade entre 1 e 3 anos e, 45,60% das necessidades diárias para crianças entre 4 e 8 anos.

Em relação ao teor de carboidratos, as amostras BP, BF2, BF6 e BF8 não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). O biscoito BF4 foi o único que diferiu ( $P \leq 0,05$ ) dos demais, apresentando média de  $67,28 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Em um estudo que caracterizou produtos panificados, à base de féculas de mandioca nativas e modificadas, processando-se biscoitos com polvilho doce e azedo, Aplevicz (2006), obteve teor de carboidrato para biscoito formulado com polvilho doce de  $70,40 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e de  $70,80 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , para biscoitos formulados com polvilho azedo. Os resultados citados por Aplevicz (2006) são, em média, 3,69% maiores que a média de carboidrato dos biscoitos analisados neste estudo.

O teor de amido mostrou-se bastante variável, apresentando médias entre  $75,75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $80,68 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , para as amostras de biscoitos analisadas. Diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ) os biscoitos BP, BP6 e BP8. Pode-se observar ainda que, de acordo com o incremento de farelo de mandioca desidratado na formulação dos biscoitos, o teor de amido também aumentou, ou seja, a amostra de biscoito sem farelo de mandioca (BP) apresentou teor de amido de  $75,75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e a amostra de biscoito com 8% de farelo de mandioca (BF8) apresentou teor de amido de  $80,68 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , assim, o biscoito BF8 tem teor de amido 6,51% maior que o biscoito BP. Como o teor de amido obtido para o farelo de mandioca desidratado foi elevado, mas, ainda assim, foi menor que o da fécula, era esperado que este também influenciasse na determinação de amido para os biscoitos. Um estudo sobre caracterização química de polvilhos doces e de produtos derivados da mandioca, no Estado de São Paulo, Pereira e Leonel (2009) obtiveram teor de amido, para o biscoito de polvilho, igual a  $79,76 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , este resultado está de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

Em relação aos resultados de acidez titulável e pH, pode-se observar que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as amostras de biscoitos analisadas. Todos os biscoitos analisados apresentaram o mesmo valor para acidez titulável ( $2,03 \text{ mL de NaOH } 0,1\text{N } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Os valores de pH obtidos para os biscoitos BP, BF2, BF4, BF6 e BF8, foram iguais a 6,44, 6,44, 6,43, 6,39 e 6,40, respectivamente. Quanto ao fator ácido, as amostras de biscoito BP, BF4, BF6 e BF8 diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ); porém, entre as amostras BP e BF2 não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). As amostras BP e BF2 apresentaram resultados iguais de fator ácido,  $1,24 \text{ mL de ácido clorídrico}$  e, a amostra de biscoito BF8, com maior incremento de farelo de mandioca, apresentou resultado igual a  $1,96 \text{ mL de ácido clorídrico}$ . Este valor é 58,06% maior que os resultados das amostras BP e BF2.

Na literatura científica fala-se muito sobre os riscos da ingestão de derivados de mandioca devido à existência de compostos cianogênicos. A ingestão de produtos elaborados com farelo de mandioca não representa nenhum risco de intoxicação, por compostos

cianogênicos, à saúde das pessoas. Com relação aos teores de cianeto, em raízes de mandioca, Chisté, Cohen e Oliveira (2007b) citam que a problemática é ingerir raízes cruas ou mal processadas. Segundo Unung et al. (2006), no processamento tradicional das raízes de mandioca, os compostos cianogênicos são diminuídos substancialmente. A industrialização da mandioca é uma das formas de eliminar a toxidez da mesma, pois os processos de secagem concorrem para a eliminação deste princípio tóxico (AGUIAR et al., 2007). Cereda (2003) explica que casos significativos de envenenamento por cianeto são restritos às regiões onde existe deficiência nutritiva e a mandioca representa grande parte da dieta alimentar.

### 5.5.2 Composição mineral

Na Tabela 9 estão quantificados alguns minerais presentes no biscoito padrão e nos biscoitos formulados com diferentes percentuais de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.

Os teores de K, Ca e Mg não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre os biscoitos estudados. Os teores de P, S, Cu, Mn e Zn diferiram significativamente ( $P \leq 0,05$ ) entre os todos os biscoitos analisados.

O K foi o mineral de maior conteúdo entre as amostras, com média de 788,00 mg 100 g<sup>-1</sup>. O conteúdo de minerais variou entre 183,00 - 209,00 mg 100 g<sup>-1</sup> para P; média de 200,00 mg 100 g<sup>-1</sup> para Ca; média de 100 mg 100 g<sup>-1</sup> para Mg; 30,00 - 60,00 mg 100 g<sup>-1</sup> para S; 0,29 - 0,85 mg 100 g<sup>-1</sup> para Cu; 0,78 - 2,10 mg 100 g<sup>-1</sup> para Mn e 1,15 - 1,55 mg 100 g<sup>-1</sup> para Zn.

Em estudo sobre a qualidade de biscoitos, elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca, foi determinado o conteúdo de alguns minerais como: Ca (135,48 mg 100 g<sup>-1</sup>); Mg (194,18 mg 100 g<sup>-1</sup>); K (503,20 mg 100 g<sup>-1</sup>); P (614,32 mg 100 g<sup>-1</sup>); Zn (1,88 mg 100 g<sup>-1</sup>); Cu (0,32 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Mn (3,39 mg 100 g<sup>-1</sup>) (LACERDA et al., 2009). Comparando-se os conteúdos de minerais do presente trabalho com os resultados de Lacerda et al. (2009), é possível verificar que os conteúdos de P, Mg, Mn e Zn são 32,34%, 51,50%, 44,54% e 72,34%, maiores, respectivamente; já os conteúdos de K, Ca e Cu são 156,60%, 67,74% e 56,14%, menores, respectivamente.

**Tabela 9.** Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação de alguns minerais presentes nos biscoitos BP, BF2, BF4, BF6, BF8.

| Minerais <sup>1</sup><br>(mg 100 g <sup>-1</sup> ) | Tipo de biscoito                      |                                        |                                       |                                        |                                      |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                    | BP                                    | BF2                                    | BF4                                   | BF6                                    | BF8                                  |
| Fósforo (P)                                        | 194,33 ± 6,35 <sup>b</sup><br>(3,27)  | 201,67 ± 6,35 <sup>a,b</sup><br>(3,15) | 209,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  | 205,33 ± 6,35 <sup>a,b</sup><br>(3,09) | 183,00 ± 0,00 <sup>c</sup><br>(0,00) |
| Potássio (K)                                       | 793,33 ± 23,09 <sup>a</sup><br>(2,91) | 786,67 ± 11,55 <sup>a</sup><br>(1,47)  | 786,67 ± 11,55 <sup>a</sup><br>(1,47) | 793,33 ± 11,55 <sup>a</sup><br>(1,46)  | 780,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00) |
| Cálcio (Ca)                                        | 200,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  | 200,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)   | 200,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  | 200,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)   | 203,00 ± 5,77 <sup>a</sup><br>(2,84) |
| Magnésio (Mg)                                      | 100,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  | 100,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)   | 100,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)  | 100,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)   | 100,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00) |
| Enxofre (S)                                        | 60,00 ± 0,00 <sup>a</sup><br>(0,00)   | 40,00 ± 0,00 <sup>b</sup><br>(0,00)    | 40,00 ± 0,00 <sup>b</sup><br>(0,00)   | 30,00 ± 0,00 <sup>c</sup><br>(0,00)    | 30,00 ± 0,00 <sup>c</sup><br>(0,00)  |
| Cobre (Cu)                                         | 0,72 ± 0,03 <sup>b</sup><br>(4,03)    | 0,49 ± 0,01 <sup>c</sup><br>(2,34)     | 0,85 ± 0,06 <sup>a</sup><br>(5,88)    | 0,50 ± 0,00 <sup>c</sup><br>(0,00)     | 0,29 ± 0,01 <sup>d</sup><br>(3,94)   |
| Manganês (Mn)                                      | 1,43 ± 0,06 <sup>c</sup><br>(4,03)    | 2,10 ± 0,10 <sup>a</sup><br>(4,76)     | 1,43 ± 0,06 <sup>c</sup><br>(4,03)    | 0,78 ± 0,03 <sup>d</sup><br>(3,69)     | 1,83 ± 0,06 <sup>b</sup><br>(3,15)   |
| Zinco (Zn)                                         | 1,35 ± 0,05 <sup>b</sup><br>(3,70)    | 1,15 ± 0,06 <sup>c</sup><br>(5,30)     | 1,35 ± 0,05 <sup>b</sup><br>(3,49)    | 1,55 ± 0,05 <sup>a</sup><br>(3,19)     | 1,41 ± 0,03 <sup>b</sup><br>(2,27)   |

<sup>1</sup> Médias com letras iguais na mesma linha não diferem significativamente entre si (p<0,05).

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e % de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e % de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e % de fécula de mandioca

A ingestão dietética de referência (DRI) pode ser utilizada para planejar e avaliar dietas para pessoas saudáveis, definir rotulagem e planejar programas de orientação nutricional. A seguir, são apresentadas as DRIs de alguns minerais: fósforo (700 mg), cálcio (1000 mg), magnésio (260 mg), cobre (900 µg), manganês (2,3 mg) e zinco (7 mg) (BRASIL, 2003; WHITNEY; ROLFES, 2008).

Comparando-se a ingestão dietética de referência (DRI) às quantidades de minerais presentes em 100 g do biscoito com 8% de farelo de mandioca (BF8), encontram-se atendidas 26% da DRI para o fósforo, 20% para o cálcio, 38% para magnésio, 32% para o cobre, 79% para o manganês e 20% para o zinco. A formulação padrão de biscoito atinge 28% da DRI para o fósforo, 20% para o cálcio, 38% para magnésio, 80% para o cobre, 62% para o manganês e 19% para o zinco.

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS BISCOITOS

### 5.6.1 Volume do biscoito, massa e volume específico

Os resultados da análise de volume do biscoito, volume específico e massa do biscoito padrão e dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de farelo de mandioca desidratado estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Médias, desvios-padrão e coeficientes de variação do volume do biscoito, massa e volume específico do biscoito padrão e dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.

| Parâmetros físicos <sup>1</sup>                      | Tipos de biscoito                     |                                       |                                         |                                       |                                      |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                      | BP                                    | BF2                                   | BF4                                     | BF6                                   | BF8                                  |
| Volume do biscoito (cm <sup>3</sup> )                | 22,67 ± 3,46 <sup>a</sup><br>(0,15)   | 16,22 ± 3,53 <sup>b,c</sup><br>(0,22) | 18,89 ± 3,33 <sup>a,b</sup><br>(0,18)   | 14,11 ± 2,03 <sup>c</sup><br>(0,14)   | 13,67 ± 1,58 <sup>c</sup><br>(0,12)  |
| Massa (g)                                            | 6,75 ± 0,70 <sup>a,b</sup><br>(11,75) | 5,44 ± 0,42 <sup>c</sup><br>(7,73)    | 7,11 ± 0,66 <sup>a</sup><br>(9,25)      | 5,62 ± 0,75 <sup>c</sup><br>(13,28)   | 6,19 ± 0,39 <sup>b,c</sup><br>(6,34) |
| Volume específico (cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup> ) | 3,35 ± 0,21 <sup>a</sup><br>(6,26)    | 2,99 ± 0,66 <sup>a,b</sup><br>(22,10) | 2,70 ± 0,68 <sup>a,b,c</sup><br>(25,05) | 2,55 ± 0,48 <sup>b,c</sup><br>(18,76) | 2,22 ± 0,28 <sup>c</sup><br>(12,79)  |

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

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

Para determinar o volume específico dos biscoitos fez-se necessário, primeiramente, determinar o volume do biscoito. Em relação a esse parâmetro, as amostras de biscoitos BP, BF2, BF6 e BF8 diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ).

A massa dos biscoitos variou entre 5,44 g e 7,11 g, para as amostras BP, BF2, BF6 e BF8, que diferiram entre si ( $P \leq 0,05$ ). Essa diferença de massa entre os biscoitos pode ter sido devido à perda de água dos mesmos durante o forneamento e, também, devido à composição de cada biscoito.

Os biscoitos de polvilho, produtos expandidos após escaldamento e forneamento, são classificados pelo volume específico (VE) como: produtos de baixo VE, quando este é menor que  $5,0 \text{ mL g}^{-1}$ , médio VE de 5 a  $10 \text{ mL g}^{-1}$ , e grande VE, quando maior que  $10 \text{ mL g}^{-1}$  (NUNES, 1999). Com base nesta classificação, todos os biscoitos elaborados seriam classificados como produtos de baixo VE, pois todos apresentaram volume específico menor que  $5,0 \text{ mL g}^{-1}$ .

Observou-se uma tendência de redução nos volumes específicos à medida que foi incrementado farelo de mandioca aos biscoitos. Para o biscoito sem farelo de mandioca, o volume específico foi de  $3,35 \text{ mL g}^{-1}$ , já para o biscoito com 8% de farelo de mandioca (BF8), o volume específico foi igual a  $2,22 \text{ mL g}^{-1}$ , tendo uma redução no volume específico de 150%.

O volume específico é de grande importância na determinação da qualidade, porque geralmente, é influenciado pela qualidade dos ingredientes usados na formulação (EL-DASH; CAMARGO; DIAZ, 1982). Os biscoitos elaborados com polvilho azedo tendem a apresentar maior volume específico que os biscoitos elaborados com fécula de mandioca. Essa informação pode ser constatada no estudo realizado por Dias et al. (2007), sobre o efeito da oxidação com peróxido de hidrogênio no desenvolvimento da propriedade de expansão de amidos de milho e de mandioca fermentados, onde o volume específico obtido para biscoitos formulados com polvilho azedo variou entre  $3,67 \text{ mL g}^{-1}$  e  $15,04 \text{ mL g}^{-1}$ , valores esses 133% e 545% maiores que os obtidos nesse estudo.

Em outro estudo com biscoitos de polvilho azedo, acrescido de farelo de mandioca, o volume específico dos biscoitos variou entre 3,29 e  $5,50 \text{ mL g}^{-1}$  (MONTENEGRO et al., 2008). Quando comparados com os resultados de volume específicos obtidos nesse estudo, esses valores são 119% e 199% maiores.

Segundo Camargo et al. (1988), o biscoito de polvilho apresenta, no seu interior, uma matriz de amido gelatinizado que é responsável pela sua expansão e textura. Durante o forneamento, os grânulos da superfície são desidratados e aqueles do interior gelatinizados,

provocando a expansão do biscoito. A propriedade de expansão é uma das características mais relevantes do produto e, também, a mais interessante para os fabricantes de biscoito (RIVERA, 1997). Biscoitos com expansão muito alta ou muito baixa causam problemas na indústria, resultando em produtos com tamanho pequeno ou peso muito elevado (FERREIRA et al., 2009).

### 5.6.2 Parâmetros instrumentais de cor

Os parâmetros instrumentais de cor dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado pode ser visualizado na Tabela 11.

**Tabela 11.** Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação da luminosidade ( $L^*$ ) e das coordenadas de cromaticidade ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.

| Parâmetros de cor <sup>1</sup> | BP                                  | BF2                                 | BF4                                 | BF6                                 | BF8                                 |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| L                              | 66,52 ± 1,50 <sup>a</sup><br>(2,26) | 61,28 ± 1,23 <sup>b</sup><br>(2,02) | 55,47 ± 1,01 <sup>c</sup><br>(1,82) | 48,66 ± 0,84 <sup>d</sup><br>(1,72) | 46,51 ± 0,97 <sup>e</sup><br>(2,08) |
| $a^*$                          | 5,07 ± 0,01 <sup>e</sup><br>(0,14)  | 5,68 ± 0,01 <sup>b</sup><br>(0,13)  | 5,18 ± 0,01 <sup>d</sup><br>(0,10)  | 5,35 ± 0,01 <sup>c</sup><br>(0,09)  | 6,10 ± 0,01 <sup>a</sup><br>(0,13)  |
| $b^*$                          | 14,97 ± 0,02 <sup>e</sup><br>(0,10) | 15,37 ± 0,02 <sup>d</sup><br>(0,11) | 16,11 ± 0,01 <sup>c</sup><br>(0,05) | 17,25 ± 0,42 <sup>b</sup><br>(2,46) | 17,65 ± 0,03 <sup>a</sup><br>(0,16) |

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

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

Nos biscoitos analisados a luminosidade  $L^*$ , tendeu à diminuição do valor, ou seja, ao escurecimento, isso devido ao aumento do nível de substituição da fécula de mandioca pelo farelo de mandioca desidratado, fato esperado devido ao farelo de mandioca possuir cor mais escura que a fécula de mandioca. Todas as amostras de biscoito de polvilho apresentaram diferença significativa entre si ( $P \leq 0,05$ ), sendo que a amostra BF8, com 8% de farelo de mandioca desidratado, apresentou menor valor de luminosidade  $L^*$  (46,51), e a amostra BP, sem farelo de mandioca, apresentou maior luminosidade  $L^*$  (66,52). O processamento do biscoito com incremento de 8% de farelo de mandioca desidratado (BF8) possibilitou o escurecimento de 143% em relação ao biscoito formulado sem farelo de mandioca (BP).

Os valores da coordenada  $a^*$  estão entre  $-60$  a  $+60$  e representam variação cromática entre verde e vermelho. A croma  $a^*$  apresentou variação entre 5,07 e 6,10, havendo, assim, diferença entre os biscoitos BP e BF8 de 120,32%. O biscoito com 8% de incremento de farelo de mandioca apresentou o maior valor para esse parâmetro. Observou-se, também, uma tendência a tonalidade vermelho à medida que maior quantidade de farelo de mandioca foi acrescida aos biscoitos.

Em relação à coordenada  $b^*$ , que varia entre  $-60$  a  $+60$ , do azul ao amarelo. Os biscoitos elaborados com 8% de farelo de mandioca desidratado apresentaram o maior valor de coordenada  $b^*$  (17,65). Todos os outros biscoitos diferiram ( $P \leq 0,05$ ) entre si, e, apresentaram variações entre 14,97 e 17,65. A substituição gradual de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado proporcionou tendência à coloração amarela nos biscoitos, talvez devido à tonalidade marrom do farelo. Outro fator que pode ter favorecido o escurecimento dos biscoitos é a reação de Maillard, favorecida pelo teor de carboidrato dos biscoitos e pelas altas temperaturas durante o forneamento.

Segundo Montenegro et al. (2008), que elaboraram biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis de farelo de trigo, foi constatado visualmente, que a inclusão do farelo de trigo escureceu o produto. O biscoito formulado com 85% de fécula de mandioca + 10% de farelo de trigo + 5% de polidextrose, apresentou luminosidade  $L^*$  de 67,13, croma  $a^*$  de 6,51 e croma  $b^*$  de 24,26. Todos os valores citados são maiores que os valores obtidos nesse estudo. A luminosidade  $L^*$  citada (67,13) é 100,92% maior que a luminosidade do biscoito elaborado sem farelo de mandioca (BP). A adição de farelo de trigo escurece menos o biscoito que o farelo de mandioca, porém as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  foram altamente influenciadas pela quantidade de farelo de trigo adicionado.

De acordo com Lustosa, Leonel e Mischán (2008), que elaboraram biscoitos extrusados com farinha de mandioca, os biscoitos formulados apresentaram variação de luminosidade  $L^*$  de 63,54 a 69,24, sendo que a farinha crua apresentou  $L^*$  de 86,9, dessa forma foi possível constatar o escurecimento dos biscoitos. A coordenada de cromaticidade  $a^*$  das farinhas de mandioca extrusadas variou de 7,14 a 8,53; a farinha de mandioca crua apresentou croma  $a^*$  de 1,4 (o processo de extrusão levou a uma diminuição da luminosidade com a intensificação da cor vermelha). O parâmetro de cor  $b^*$  apresentou pequena variação de 23,3 a 25,63, tendo ocorrido um aumento deste croma com o processo de extrusão, quando comparado a farinha antes da extrusão (14,10). Assim sendo, é possível dizer que a cor adquirida pelos produtos extrusados pode ser devido à caramelização ou à reação de Maillard, principalmente em materiais que apresentam teores relativamente altos de açúcares totais.

## 5.7 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DOS BISCOITOS

O biscoito padrão e os biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado apresentaram conformidade quanto aos padrões microbiológicos sanitários para alimentos, exigidos pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001) (Tabela 12).

**Tabela 12.** Avaliação microbiológica do biscoito padrão e dos biscoitos elaborados com diferentes níveis de substituição de fécula de mandioca por farelo de mandioca desidratado.

| Tipos de biscoitos | Coliformes a 45°C g <sup>-1</sup><br>(UFC g <sup>-1</sup> ) |                       | Estafilococos coagulase positiva g <sup>-1</sup> |                       | <i>Salmonella</i> sp 25 g <sup>-1</sup> |                  |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------|
|                    | Resultado encontrado                                        | VMP <sup>1</sup>      | Resultado encontrado                             | VMP <sup>1</sup>      | Resultado encontrado                    | VMP <sup>1</sup> |
| BP                 | < 10                                                        | 1,0 x 10 <sup>2</sup> | < 100                                            | 5,0 x 10 <sup>2</sup> | Ausente                                 | Ausência         |
| BF2                | < 10                                                        | 1,0 x 10 <sup>2</sup> | < 100                                            | 5,0 x 10 <sup>2</sup> | Ausente                                 | Ausência         |
| BF4                | < 10                                                        | 1,0 x 10 <sup>2</sup> | < 100                                            | 5,0 x 10 <sup>2</sup> | Ausente                                 | Ausência         |
| BF6                | < 10                                                        | 1,0 x 10 <sup>2</sup> | < 100                                            | 5,0 x 10 <sup>2</sup> | Ausente                                 | Ausência         |
| BF8                | < 10                                                        | 1,0 x 10 <sup>2</sup> | < 100                                            | 5,0 x 10 <sup>2</sup> | Ausente                                 | Ausência         |

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

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

Todas as amostras de biscoitos que foram submetidas à análise microbiológica foram consideradas livres de contaminação, e estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo item “10.f.”, para bolachas e biscoitos, sem recheio, com ou sem cobertura, incluindo pão de mel, cookies e similares, da Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001). A contagem de coliformes a 45°C e estafilococos coagulase positiva (<100 UFC/g e <100 UFC/g, respectivamente) apresentaram inferiores aos valores máximos permitidos e a pesquisa de *Salmonella* indicou ausência em 25 g, em todos os biscoitos.

A presença de micro-organismos coliformes e de Estafilococos coagulase é considerada como indicador de condições insatisfatórias na produção e/ou manipulação do alimento. O número elevado de coliformes não significa contaminação direta com material fecal, mas falta de técnica na sua manipulação, como: higiene do manipulador e transporte e acondicionamento inadequados. A *Salmonella* sp. é uma bactéria patogênica que habita primariamente o trato intestinal de animais, podendo ser transmitidas aos alimentos ou à água

por insetos ou outro organismos (BENNETT; LANCETTE, 2001; FENG; WEAGANT; GRANT, 2002; JAY, 2000).

Os resultados obtidos indicam que os biscoitos foram processados em boas condições higiênico-sanitárias e não houve contaminação após o processamento.

## 5.8 ANÁLISE SENSORIAL DOS BISCOITOS

Os biscoitos padrão e formulados com farelo de mandioca desidratado foram analisados quanto à preferência e aceitabilidade.

### 5.8.1 Preferência dos biscoitos

Segundo Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), a preferência pode expressar o grau máximo de gostar ou não gostar e implica na escolha de uma amostra ou de um produto sobre o outro. Sendo assim, o teste de preferência foi realizado previamente com o objetivo de selecionar os biscoitos mais preferidos para, posteriormente, realizar-se a análise de aceitabilidade.

O teste de preferência foi realizado para avaliar quatro biscoitos formulados com diferentes incrementos de farelo de mandioca desidratado (BF2, BF4, BF6, BF8) em relação à amostra de biscoito padrão (BP), sem farelo de mandioca. Os resultados do teste de preferência estão apresentados na Tabela 13.

**Tabela 13.** Valores médios seguidos pelos desvios-padrão e coeficientes de variação, de escores de preferência para os biscoitos formulados.

| Tipo de biscoito | Médias <sup>1</sup>                 |
|------------------|-------------------------------------|
| BF2              | 5,92 ± 1,71 <sup>a</sup><br>(28,32) |
| BF4              | 5,92 ± 1,81 <sup>a</sup><br>(30,52) |
| BF6              | 6,06 ± 1,95 <sup>a</sup><br>(32,24) |
| BF8              | 5,59 ± 1,97 <sup>a</sup><br>(35,28) |

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

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

Pode-se observar que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os biscoitos analisados, em comparação com o biscoito padrão, sendo que todos os biscoitos foram preferidos de igual modo.

Como não houve diferença significativa entre os biscoitos, o teste de aceitabilidade foi realizado com todos os biscoitos elaborados.

### 5.8.2 Aceitabilidade dos biscoitos

Os escores do teste de aceitação para o biscoito padrão e os biscoitos formulados com diferentes teores de farelo de mandioca desidratado estão expressos na Tabela 14.

**Tabela 14.** Médias dos escores de aceitação para aparência, sabor e textura dos biscoitos formulados.

| Tipo de biscoito | Aparência <sup>1</sup>                 | Sabor <sup>1</sup>                     | Textura <sup>1</sup>                | Soma de todos os escores <sup>1</sup> |
|------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| BP               | 6,76 ± 1,38 <sup>b</sup><br>(20,39)    | 6,78 ± 1,12 <sup>b</sup><br>(16,57)    | 6,73 ± 1,09 <sup>a</sup><br>(16,26) | 6,76 ± 0,80 <sup>b</sup><br>(11,87)   |
| BF2              | 6,60 ± 1,28 <sup>b</sup><br>(19,36)    | 7,48 ± 0,93 <sup>a</sup><br>(12,45)    | 6,70 ± 1,36 <sup>a</sup><br>(20,28) | 6,90 ± 0,75 <sup>b</sup><br>(10,86)   |
| BF4              | 7,62 ± 0,88 <sup>a</sup><br>(11,57)    | 7,42 ± 0,95 <sup>a</sup><br>(12,80)    | 7,42 ± 1,43 <sup>a</sup><br>(19,27) | 7,46 ± 0,77 <sup>a</sup><br>(10,31)   |
| BF6              | 7,00 ± 1,12 <sup>a, b</sup><br>(16,07) | 7,42 ± 0,88 <sup>a</sup><br>(11,90)    | 6,68 ± 1,54 <sup>a</sup><br>(23,12) | 7,04 ± 0,85 <sup>b</sup><br>(12,02)   |
| BF8              | 6,80 ± 1,05 <sup>b</sup><br>(15,44)    | 6,98 ± 1,46 <sup>a, b</sup><br>(20,97) | 6,80 ± 1,43 <sup>a</sup><br>(21,01) | 6,86 ± 0,91 <sup>b</sup><br>(13,30)   |

<sup>1</sup> Letras iguais na mesma coluna não diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

BP: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado

BF2: biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca

BF4: biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca

BF6: biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca

BF8: biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca

Para o teste de aceitabilidade participaram provadores com idade entre 17-50 anos. A maior porcentagem de participantes eram mulheres, 80%, e apenas 20% homens. Constatou-se ainda, que 100% dos provadores eram consumidores de biscoito de polvilho.

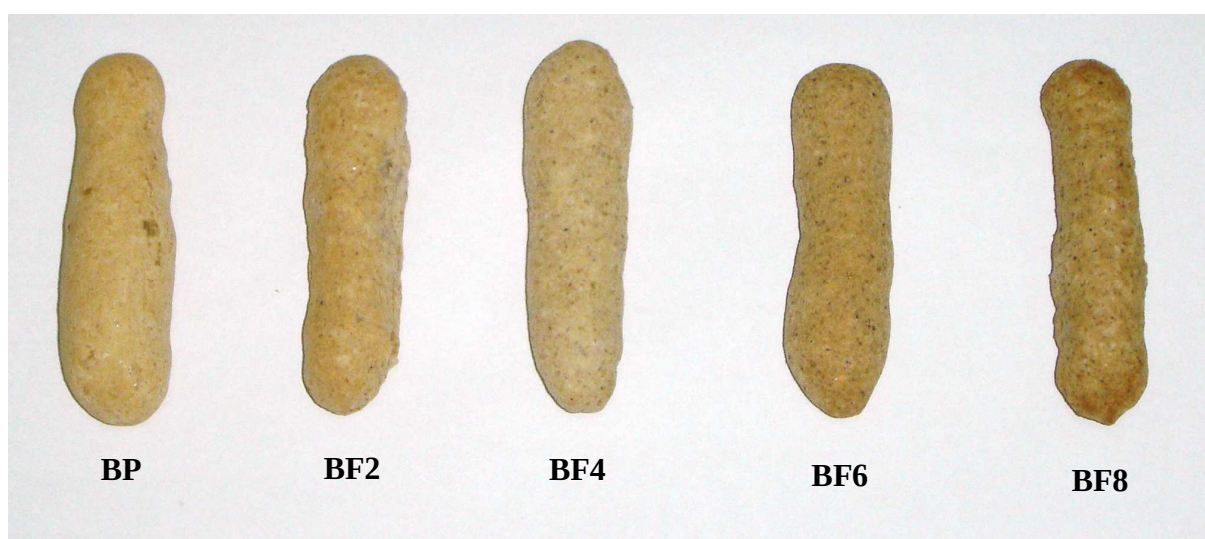
As amostras de biscoito padrão (BP), biscoito com 2% de farelo (BF2), biscoito com 6% de farelo (BF6) e biscoito com 8% de farelo (BF8) não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ), em relação à aparência; sendo que a amostra BF4 apresentou o maior valor para esse quesito 7,62. Quanto ao sabor, a amostra menos aceita (6,78) foi o biscoito formulado apenas com fécula de mandioca (BP). Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as amostras de biscoitos BF2, BF4, BF6 e BF8, em relação ao sabor. Também não

houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) em relação aos escores atribuídos à textura dos biscoitos. Os escores obtidos para os atributos aparência, sabor e textura, variaram entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente).

Apesar dos escores relacionados à aparência permanecerem abaixo de 7,62, este parâmetro poderia ser melhorado pela utilização de formas para uma melhor padronização do tamanho dos biscoitos. A cor escura dos biscoitos, também, pode ter contribuído para os menores escores obtidos para a aparência, embora seja característica marcante de produtos integrais apresentarem cor mais escura.

O biscoito BF4 apresentou maior média, 7,46, na soma dos escores analisados (aroma, sabor e textura) e diferiu significativamente ( $P \leq 0,05$ ) dos demais biscoitos. Segundo Instituto Adolfo Lutz (2005) para a realização do teste de aceitação por escala hedônica recomenda-se, que o número de julgadores seja entre 50 e 100. Assim, o biscoito BF4 foi considerado o biscoito mais aceito pelo grupo de 50 (cinquenta) provadores que participaram do teste.

Na Figura 4, estão ilustrados: biscoito padrão, sem adição do farelo de mandioca desidratado (BP), biscoito com adição de 2% de farelo de mandioca desidratado e 98% de fécula de mandioca (BF2), biscoito com adição de 4% de farelo de mandioca desidratado e 96% de fécula de mandioca (BF4), biscoito com adição de 6% de farelo de mandioca desidratado e 94% de fécula de mandioca (BF6) e biscoito com adição de 8% de farelo de mandioca desidratado e 92% de fécula de mandioca (BF8).



**Figura 4.** Biscoitos BP, BF2, BF4, BF6 e BF8.

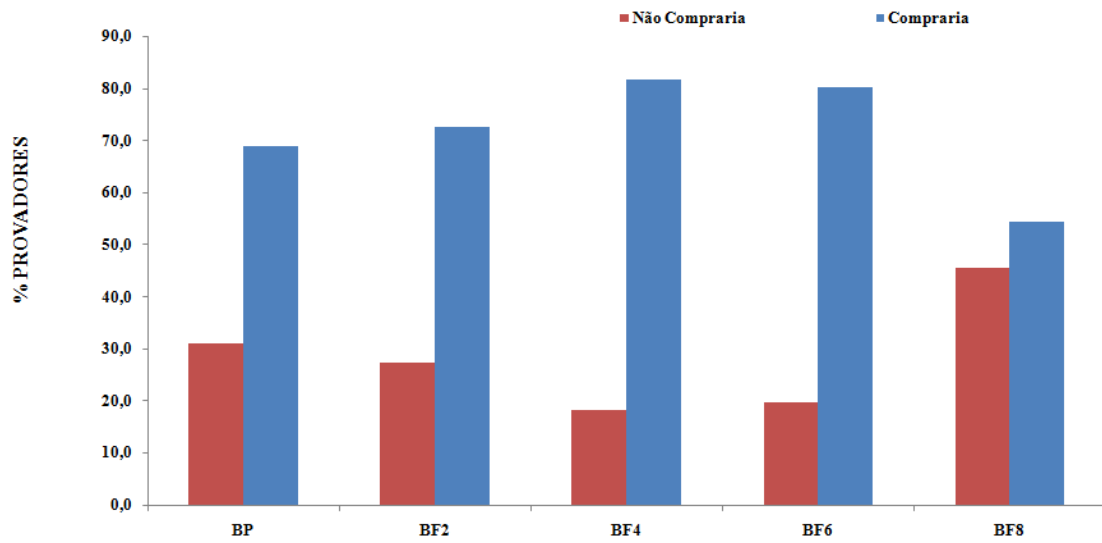
Alguns autores pesquisaram a aceitação de biscoitos elaborados com materiais fibrosos. Biscoitos de polvilho, elaborados com 8,5% de farelo de trigo + 1,5% de polidextrose foram menos aceitos que biscoitos elaborados com 1,5% de farelo de trigo + 8,5% de polidextrose (MONTENEGRO et al., 2008). Segundo os autores, o uso de farelo em quantidades de 8,5% foi prejudicial para a aceitação do biscoito e os provadores não rejeitaram um produto identificado como “enriquecido com fibras” sem grandes quantidades de farelo aparente, visto que o biscoito formulado com polvilho + 1,5% de farelo de trigo + 8,5% de polidextrose possui porcentagens menores de farelo de trigo.

Em outro estudo foram elaborados biscoitos com diferentes féculas fermentadas. Os biscoitos feitos com fécula fermentada de araruta foram considerados melhores que os fabricados com polvilho azedo comercial, e os biscoitos de féculas fermentadas de mandioca e de batata baroa não apresentaram diferenças significativas dos biscoitos de féculas fermentadas de araruta e de polvilho azedo (PEREIRA et al., 1999). Ainda, segundo Pereira et al. (1999), a formulação utilizada para todos os biscoitos ou mesmo pelas características próprias de cada amostra de fécula fermentada, nenhum deles obteve uma nota alta, estando todos no nível de aceitação "gostei moderadamente".

A aceitação de biscoitos de polvilho, elaborados com polvilho doce e azedo, também foi estudada por Aplevicz e Demiate (2007). Segundo os autores, o biscoito formulado com polvilho azedo apresentou maior aceitabilidade (6,77) em relação ao biscoito formulado com polvilho doce (5,97).

Biscoitos de polvilho, elaborados com 3% de amido resistente, apresentaram alta aceitação (6,2 e 6,4 – gostei moderadamente, para um máximo possível de 7,0 – gostei muito); apenas os biscoitos que continham teores adicionais de 5 e 7% de amido resistente apresentaram menor aceitabilidade (notas 5,5 e 4,9, respectivamente, ficando a aceitação entre gostei pouco e não gostei nem desgostei (PIMENTEL, 2007).

Em relação aos resultados de intenção de compra (Figura 5), verifica-se que os biscoitos formulados com 2%, 4% e 6% de incremento de farelo de mandioca, foram os que apresentaram maior intenção de compra, 72,7%, 81,7% e 80,2%, respectivamente. Estes dados podem confirmar a menor aceitabilidade do biscoito padrão BP (biscoito formulado sem adição de farelo de mandioca).



**Figura 5.** Resultados da intenção de compra do biscoito padrão e dos biscoitos formulados com incremento de farelo de mandioca desidratado.

## 6 CONCLUSÕES

- O farelo de mandioca desidratado caracteriza-se como um produto de baixa umidade, porém é um produto que apresenta baixo rendimento, quando comparado com o farelo de mandioca *in natura*.
- A desidratação do farelo de mandioca fez com que todos os componentes analisados, exceto umidade, fossem maiores que do farelo de mandioca *in natura*.
- O farelo de mandioca desidratado possui maiores conteúdos de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e manganês, que a fécula de mandioca.
- O incremento de farelo de mandioca nos biscoitos influenciou na cor, no volume específico e no teor de fibra alimentar, sendo que a cor e o teor de fibra aumentaram, e o volume específico diminuiu, à medida que foi adicionado mais farelo de mandioca na formulação.
- Todos os biscoitos elaborados com farelo de mandioca podem ser considerados como alimentos fonte de fibra alimentar.
- A análise de preferência indicou que os biscoitos elaborados com 0%, 2%, 4%, 6% e 8% de farelo de mandioca, não apresentaram diferença significativa em relação à preferência.
- De uma forma geral, todos os biscoitos foram bem aceitos, porém na soma de todos os escores, o biscoito elaborado com 4% de farelo de mandioca foi considerado o mais aceito pelos provadores.
- O consumo de biscoitos elaborados com farelo de mandioca pode garantir ao consumidor um alimento de qualidade sensorial, nutricional, funcional e microbiológica.

## REFERÊNCIAS

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the AACC**. 10. ed. Saint Paul: AACC, 2000.

ABAM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE AMIDO DE MANDIOCA. **Características Físico-Químicas do Amido de Mandioca (Padrão ABAM)**. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/includes/index.php?menu=2&item=6>>. Acesso em: 2 mar. 2009.

AGUIAR, J. L. P; SOUSA, T. C. R; SILVA, M. J. C; FIALHO, J. F; VIEIRA, E. A. Mercado de produtos amiláceos (fécula, polvilho doce e Polvilho azedo) na microrregião Urucua grande sertão. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 3, 2007.

AGUILERA, J. M.; CHIRALT, A.; FITO, P. Food dehydration and product structure. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 14, n. 10, p. 432-437, 2003.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 102, n. 7, p. 993-1000, 2002.

ANGIOLONI, A.; ROSA, M. D. Dough thermo-mechanical properties: influence of sodium chloride, mixing time and equipment. **Journal of Cereal Science**, Amsterdam, v. 41, n. 3, p. 327-331, 2004.

AOAC - Association Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 10. ed. Washington: AOAC, 1990. 1115 p.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001. 676 p.

APLEVICZ, K. S. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas**. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 478-484, 2007.

ÁVILA, C. R.; GALLO, C. R. Pesquisa de *Salmonella* spp. em leite cru, leite pasteurizado tipo C e queijo “minas frescal” comercializados no município de Piracicaba - SP. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 1, n. 53, p. 159-163, 1996.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. In: \_\_\_\_\_. **Biology, production and utilization**. Kerala: CAB International, 2002. cap. 15, p. 301-318.

BARBOSA, L. N.; GARCIA, L. V.; TOLOTTI, K. D.; GOELLNER, T.; AUGUSTO-RUIZ, W.; SANTO, M. E. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1 e 2, p. 11-20, 2006.

BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1978. 31 p. (Boletim Técnico, 87).

BENNETT, R. W.; LANCETTE, G. A. *Staphylococcus aureus*. In: JACKSON, G. J.; MERKER, R. I.; BANDLER, R. **Bacteriological Analytical Manual Online**. 8. ed. cap. 12, 2001. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071429.htm>>. Acesso em: 06 jul. 2008.

BLANCO-METZLER, A.; VALLE, T. L. Fibra dietética e fécula em resíduos sólidos (farelo) de indústrias de fécula e farinha de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 3, 2007.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amido, farinhas e farelos. Brasília, DF: ANVISA, 2005. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18822&word=>>>. Acesso em: 21 fev. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Brasília, DF: ANVISA, 2003. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360\\_03rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2003/rdc/360_03rdc.htm)>. Acesso em: 21 fev. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília: ANVISA, 2001. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm)>. Acesso em: 27 nov. 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Aprova o regulamento técnico sobre a informação nutricional complementar. Brasília, DF: ANVISA, 1998. Disponível em: <<http://e-legis.bvs/leisref/public/showAct.php?id=97#>>>. Acesso em: 27 nov. 2009.

BRITO, A. C. W. **Desenvolvimento de um purê misto de frutas pronto para consumo**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CABELLO, C.; SCHMIDT, M. C. Características de expansibilidade, densidade e amidos resistentes em biscoitos extrusados a partir de misturas de farinha e fécula de mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 1, p. 19-29, 2005.

CALIXTO, F. S. Fibra dietética de manzana; hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. **Alimentaria**, Madrid, v. 4, n. 1, p. 57-61, 1993.

CAMARGO, C., COLONNA, P.; BULGON, A.; RICHARD-MOLAR, D. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*). Starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New Jersey, v. 45, n. 3, p. 273-289, 1988.

CAMARGO, K. F.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 586-591, 2008.

CASTRO, J. E. T.; BARBOSA, J. D. F.; SANTOS, A. A.; MARQUES, J. J.; LIMA, A. S.; MARCELLINI, P. S.; RAMOS, A. L. D. Caracterização físico-química da fécula de mandioca produzida em uma casa de farinha modelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande. **Resumos...** Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. CD Rom.

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

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização**. 2001. v. 4, cap. 1, p. 13-37. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). Disponível em: <<http://www.abam.com.br/livroscargil/>>. Acesso em: 25 abr. 2008.

CEREDA, M. P. Indústria de fécula. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. **Processamento e utilização da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2005. cap. 5, p. 186-202.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I. Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 287-295, 1983.

CEREDA, M. P. Processamento da mandioca como mecanismo de detoxificação. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Tecnologia, usos e potencialidades e tuberosas amiláceas Latino Americanas**. 2003. v. 3, cap. 3, p. 47-81. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). Disponível em: <http://www.abam.com.br/livroscargil/>. Acesso em: 25 abr. 2008.

CEREDA, M. P., DAIUTO, E. R., VILPOUX, O. **Metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas**. ABAM: Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca, ano II, n. 8, 2004. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/revista/revista8/metodologia.php>>. Acesso em: 26 nov. 2008.

CEREDA, M. P.; CHUZEL, G. C.; VILPOUX, O. F.; NUNES, O. L. G. S. **Modificação de fécula por fermentação**. v. 3. São Paulo: Série Biotecnologia, 2003. 49 p.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Polvilho azedo, critérios de qualidade para uso em produtos alimentares. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. 2003. v. 3, cap. 13, p. 334-355. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). Disponível em: <[http://www.abam.com.br/fund\\_cargil.php](http://www.abam.com.br/fund_cargil.php)>. Acesso em: 25 abr. 2008.

CERQUEIRA, P. M. **Avaliação da farinha de semente de abóbora (*Cucúrbita máxima*, L.) no trato intestinal e no metabolismo glicídico e lipídico em ratos**. 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

CHANG, Y. K. Aplicação das fibras em panificação e seus benefícios a saúde. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICAO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS (SLACA), 7., Campinas. **Palestra Técnica**. Campinas: FEA, 2007, 39 p.

CHARLES, A. L.; SRIROTH, K.; HUANG, T. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v. 92, n. 4, p. 615-620, 2005.

CHAVES, J. B. P.; SPRAESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. 81 p.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 861-864, 2006.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 265-269, 2007a.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; OLIVEIRA, S. S. Estudo das propriedades físico-químicas do tucupi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 437-440, 2007b.

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

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

DALSENTER, F. D. H. **Efeito da temperatura na cinética de crescimento de *Rhizopus oryzae* em cultivo em estado sólido**. 2005. 123 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

DEMIATE, I. M.; NOGUEIRA, A. SOUZA, T. O.; WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. Características de qualidade de amostras de polvilho doce. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 29-34, 2003.

DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; HELBIG, E. Oxidação dos amidos de mandioca e de milho comum fermentados: desenvolvimento da propriedade de expansão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 794-799, 2007.

DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais**. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e

Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

EIK, N. M. **Avaliação de pré-tratamentos e aplicações de coberturas comestíveis na secagem de frutas**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

EKE, J.; ACHINEWHU, S. C.; SANNI, L.; BARIMALAA, I. S.; MAZIYA-DIXON, B.; DIXON, A. Seasonal variations in the chemical and functional properties of starches from local and improved cassava varieties in high rainfall region of Nigeria. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 3, n. 3 e 4, p. 36-42, 2007.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretária da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 349 p. (Série Tecnologia Agroindustrial 6).

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

FERREIRA, S. M. R.; LUPARELLI, P. C.; SCHIEFERDECKER, M. E. M.; VILELA, R. M. Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 59, n. 4, p. 433-440, 2009.

FILISSETTI, T. M. C. C. Fibra alimentar na produção de alimentos funcionais. In: **Ciclo de palestras “Alimentos funcionais – aspectos tecnológicos”**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 182 p.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. Propriedades gerais do amido. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Produção e uso de amido**. 2002. v. 1, cap. 2, p. 21-56. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). Disponível em: <[http://www.abam.com.br/fund\\_cargil.php](http://www.abam.com.br/fund_cargil.php)>. Acesso em: 25 abr. 2008.

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

GALDEANO, M. C.; GROSSMANN, M. V. E.; MALI, S.; BELLO-PEREZ, L. A. Propriedades físico-químicas do amido de aveia da variedade brasileira IAC 7. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 905-910, 2009.

GAMEIRO, A. H. Mandioca: de alimento básico à matéria-prima industrial. **Centro de estudos avançados em economia aplicada - CEPEA**, Escola Superior de Agricultura “Luiz

de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba, 2002. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/mandioca\\_contexto.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/mandioca_contexto.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2010.

GAMEIRO, A. H.; CARDOSO, C. E. L.; BARROS, G. S. C.; ANTIQUEIRA, T. R.; GUIMARÃES, V. A. **A indústria do amido de mandioca**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 202p.

GHELARDI, E.; CELANDRONI, F.; SALVETTI, S.; BARSOTTI, C.; BAGGIANI, A.; SENESI, S. Identification and characterization of toxigenic *Bacillus cereus* isolates responsible for two food-poisoning outbreaks. **FEMS Microbiology Letters**, New Jersey, v. 208, n. 1, p. 129-134, 2002.

GHIASI K.; HOSENEY, R.C.; VARRIANO-MARSTON, E. Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 2, p. 81-85, 1982.

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

GRANUM, P. E. *Bacillus cereus* and its toxins. **Journal of Applied Bacteriology**, Normay, v. 76, n. 23, p. 61-66, 1994.

HARVESTPLUS. **Micronutrient malnutrition - Zn**. 2009. Disponível em: <<http://www.harvestplus.org/content/zinc>>. Acesso em: 19 fev. 2010.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M.; TORRUCO-UCO, J. G.; CHEL-GUERRERO, L.; BETANCUR-ANCONA, D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 718-726, 2008.

HOSENEY, R. C.; LINEBACK, R. R.; SEIB, P. A. Role of starch in baked foods. **The Bakers Digest**, Chicago, v. 57, p. 65-70, 1983.

HUNTERLAB. **User's manual with universal software versions 3.5**. Reston: HunterLab, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Outubro, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 2 mar. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005. 1018 p.

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

KOLICHESKI, M. B. **Produção de ácido cítrico por fermentação no estado sólido utilizando como substrato bagaço de mandioca**. 1995. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Departamento de Engenharia Química - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

LACERDA, D. B. C. L.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; SIQUEIRA, B. S.; LOAKUZU, S. N. Qualidade de biscoitos elaborados com farelo de arroz extrusado em substituição à farinha de trigo e fécula de mandioca. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 59, n. 2, p. 199-205, 2009.

LEBOURG, C. **Brasamide et la fécule: une historie d'amour**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais - Universidade Estadual Paulista, 1996. 59 p.

LEONEL, M. O farelo, subproduto da extração da fécula de mandioca. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. 2001. v. 4. cap. 15, p. 211-217. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). Disponível em: <[http://www.abam.com.br/fund\\_cargil.php](http://www.abam.com.br/fund_cargil.php)>. Acesso em: 25 abr. 2008.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 122-127, 2000.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; ROAU, X. Cassava bagasse as dietary product. **Tropical Science**, New York, v. 38, p. 224-228, 1998.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; ROAU, X. Aproveitamento do resíduo da produção de etanol a partir de farelo de mandioca, como fonte de fibras dietéticas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 241-245, 1999.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e bata doce – um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 33-345, 1998.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 17, n. 4, p. 153-163, 2006.

LIMA, J. W. C. **Análise ambiental: processo produtivo de polvilho em indústrias do extremo sul de Santa Catarina**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

LÓPEZ, G.; ROS, G.; RINCÓN, F.; PERIAGO, M. J.; MARTÍNEZ, M. C.; ORTUÑO, J. Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 47, n. 3, p. 203-207, 1997.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Efeito de parâmetros operacionais na produção de biscoitos extrusados de farinha de mandioca. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 12-19, 2008.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Parâmetros de extrusão na produção de *snacks* de farinha de mandioca enriquecidos com caseína. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 109-126, 2010.

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

MARCONI, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: UFSC, 2007. 101 p.

MARQUEZ, L. R. **A fibra terapêutica**. 2. ed. São Paulo: CRF Propaganda, 2001. 175 p.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 61, n. 3, p. 373-386, 2004.

MCCANN, M. C.; ROBERTS, K. **Architecture of the primary cell wall in the cytoskeletal basis of plant growth and form**. London: C.W. Lloyd, Academic Press, 1991. p. 109-129.

MCELROY, D. M.; JAYKUS, L. A.; FOEGEDING, P. M. Validation and Analysis of Modeled Predictions of Growth of *Bacillus cereus* Spores in Boiled Rice. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 63, n. 2, p. 268-272, 2000.

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 601-609, 2009.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MINNAARD, J.; HUMEN, M.; PÉREZ, P. F. Effect of *bacillus cereus* exocellular factors on human intestinal epithelial cells. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 64, n. 10, p. 1535-1541, 2001.

MONTENEGRO, F. M.; GOMES-RUFFI, C. R.; VICENTE, C. A.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; STEEL, C. J. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28 (supl.), p. 184-191, 2008.

NELLY, P. D. Fibra dietética en frutas cultivadas en Chile. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 53, n. 4, p. 413-417, 2003.

NETO, C. J. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação físico-química de farinhas de mandioca durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2003.

NEVES, V. J. M. **Uso do resíduo da produção de farinha de mandioca (crueira) na produção de álcool fino.** 2004. 44 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

NUNES, O. L. G. S. **Avaliação de parâmetros relacionados à expansão de fécula de mandioca ácido-modificada e irradiada com ultravioleta.** 1999. 87 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1999.

PALMA, M. B. **Produção de xilanases por *Thermoascus aurantiacus* em cultivo em estado sólido.** 2003. 169 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V. T. Biotechnological potential of agro-industrial residues. I. Sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**, New York, v. 74, n. 1, p. 69-80, 2000.

PAREYT, B. TALHAOU, F.; KERCKHOFS, G.; BRIJS, K.; GOESAERT, H.; WEVERS, M.; DELCOUR, J. A. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: structural and textural properties. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v. 90, n. 3, p. 400-408, 2009.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra Bartlett (*Pyrus sp*) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology & Innovation**, Santiago, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

PEREIRA, B. B.; LEONEL, M. Caracterização química de polvilhos doces e produtos derivados da mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 13., 2009, Botucatu. **Anais...** Botucatu: CERAT/UNESP, 2009. p. 1216.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p.494-500, 2004.

PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; TEIXEIRA, A. L. S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 287-293, 1999.

PIMENTEL, N. L. M. **Biscoito de polvilho suplementado com amido resistente: um novo alimento funcional.** 2007. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

POSSAMAI, T. N. **Elaboração do pão de mel com fibra alimentar proveniente de diferentes grãos, sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial.** 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PROSKY, L.; ASP, N.; SCHWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.

RAUPP, D. S.; CARRIJO, K. C. R.; COSTA, L. L. F.; MENDES, S. D. C.; BANZATTO, D. A. Propriedades funcionais-digestivas e nutricionais de polpa-refinada de maçã. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 395-402, 2000.

RAUPP, D. S.; MARQUES, S. H. P.; ROSA, D. A.; CALDI, C. M.; CREMASCO, A. C. V.; BANZATTO, D. A. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 235-242, 2002.

RAUPP, D. S.; MOREIRA, S. S.; BANZATTO, D. A.; SGARBIERI, V. C. Composição e propriedades fisiológico - nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 205-210, 1999.

RIBEIRO, K. M. **Efeito da composição nas isotermas de sorção e características do biscoito de polvilho**. 2006. 177 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Departamento de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

RIVERA, H. H. P. **Fermentação de amido de mandioca (*manihot esculenta* Crantz): avaliação e caracterização do polvilho azedo**. 1997. 131 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

ROCHA, A. S. **Caracterização e aproveitamento do farelo residual do processamento de fécula de mandioca na elaboração de biscoitos**. 2005. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2005.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 620-628, 2008.

RODRÍGUEZ, M. B. S.; MEGÍAS, S. M.; BAENA, B. M. Alimentos funcionales y nutrición óptima. **Revista Española de Salud Pública**, Madrid, v. 77, n. 3, p. 317-331, 2003.

RUPÉREZ, P.; BRAVO, L. Oligofructanos y Gomas. In: LAJOLO, F. M.; CALIXTO, F. S.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos**. 1 ed. São Paulo: Varela, 2001. cap. 4, p. 61-76.

SÁ, R. M.; FRANCISCO, A. **Apostila do curso teórico-prático: fibras alimentares**. CERES/CAL/CCA/UFSC. Florianópolis, 2000. 26 p.

SAITO, I. M.; CABELLO, C.; FUKUSHIMA, R. S. Análise da fibra residual do farelo de mandioca após tratamento hidrotérmico. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v. 2, p.1-11, 2006.

SANTOS, J. R. U. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado protéico de soja e polidextrose**. 2006. 277 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia industrial**. vol. 2. São Paulo: Edgard Blücher. 2001. 539 p.

SILVA, A. S. S. **A raiz de yacon (*Smallanthus sonchifollius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial**. 2007. 158 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, C. E. M.; FAÇANHA, S. H. F.; SILVA, M. G. G. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 60-62, 1998.

SILVA, G. **Aproveitamento biotecnológico de resíduos agroindustriais na produção de glucoamilase**. 2006. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2006.

SILVA, G. O.; TAKIZAWA, F. F.; PEDROSO, R. A.; FRANCO, C. M. L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; DEMIATE, I. M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; 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. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 25-39, 1998.

SILVA, S. M. S.; MURA J. D. P. **Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca, 2007. 1168 p.

SOUZA, J. M. L.; NEGREIROS, J. R. S.; ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; SOUZA, M. L.; REIS, F. S.; FELISBERTO, F. A. V. Variabilidade físico-química da farinha de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 907-912, 2008.

SOUZA, L. S.; FIALHO, J. F. **Cultivo da mandioca para a região do Cerrado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. Sistema de Produção 8, versão eletrônica. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca\\_cerrados/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/index.htm)>. Acesso em: 12 nov. 2009.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. San Diego: Elsevier, 2004. 377 p.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Foods Science & Technology**, Cambridge, v. 8, n. 2, p. 41-48, 1997.

TIMOFIECSYK, F. R.; PAWLOWSKY, U. Minimização de resíduos na indústria de alimentos. **Boletim Ceppa**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 221-236, 2000.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; JANES, D. A. Efeito das condições de extrusão sobre a cor de misturas instantâneas de farinha de soja, farelo e fécula de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 13., 2009, Botucatu. **Anais...** Botucatu: CERAT/UNESP, 2009. p. 878-883.

TSEN, H. Y.; CHEN, M. L.; HSIEH, Y. M.; SHEU, S. J.; CHEN, Y. L. *Bacillus cereus* group strains, their hemolysin BL activity, and their detection in foods using a 16s RNA and hemolysin BL gene-targeted multiplex polymerase chain reaction system. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 63, n. 11, p. 1496-1502, 2000.

UNUNG, J. E.; AJAYI, O. A.; BOKANGA, M. Effect of local processing methods on cyanogen content of cassava. **Tropical Science**, Nova York, v. 46, n. 1, p. 20-22, 2006.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental**: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 1995. 113 p.

VIEIRA, I. F.; E PEREIRA, A. J. Determinação da vida-de-prateleira de biscoitos de polvilho escaldado através de análise sensorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002, p.3212-3215. 1 CD-ROM.

WEBER, F. H.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; CHANG, Y. K. Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 748-753, 2009.

WHITNEY, E.; ROLFES, S. R. **Nutrição volume 1 - Entendendo os nutrientes**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 342 p.

WOBETO, C.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; ABREU, J. R. Nutrients in the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaf meal at three ages of the plant. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 865-869, 2006.

ANEXO A - Ficha para teste de preferência.

FICHA PARA TESTE DE PREFERÊNCIA (COMPARAÇÃO MÚLTIPLA)

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

Você receberá 5 amostras de biscoito de polvilho.  
Por favor, prove a amostra referência (R) e as amostras codificadas. Compare as amostras codificadas com a referência (R) e classifique-as como de como de igual preferência, mais preferida ou menos preferida, de acordo com seu julgamento. Em seguida, classifique a intensidade da preferência de acordo com a escala apresentada. Enxágüe a boca após as avaliações e espere trinta segundos para a próxima avaliação.

Códigos das amostras:

|                            | 534 | 978 | 176 | 713 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Mais preferida que R       |     |     |     |     |
| Preferida igual a R        |     |     |     |     |
| Menos preferida que R      |     |     |     |     |
| Intensidade da preferência |     |     |     |     |
| Nenhuma                    |     |     |     |     |
| Pequena                    |     |     |     |     |
| Moderada                   |     |     |     |     |
| Grande                     |     |     |     |     |
| Extrema                    |     |     |     |     |

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ANEXO B** - Ficha para teste de aceitabilidade.**FICHA PARA TESTE DE ACEITABILIDADE**

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

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: M ( ) F ( )

Você é consumidor de biscoito de polvilho: Sim ( ) Não ( )

Você receberá uma amostra de biscoito para ser avaliada quanto à aparência geral, sabor e textura.

Por favor, analise a amostra e assinale com uma “X”, para cada atributo apresentado na escala de aceitabilidade.

Enxágue a boca com água após a avaliação de cada amostra e aguarde 30 segundos.

Código da amostra: \_\_\_\_\_

|                               | <b>APARÊNCIA</b> | <b>SABOR</b> | <b>TEXTURA</b> |
|-------------------------------|------------------|--------------|----------------|
| 9. Gostei extremamente        | ( )              | ( )          | ( )            |
| 8. Gostei muito               | ( )              | ( )          | ( )            |
| 7. Gostei moderadamente       | ( )              | ( )          | ( )            |
| 6. Gostei ligeiramente        | ( )              | ( )          | ( )            |
| 5. Não gostei / nem desgostei | ( )              | ( )          | ( )            |
| 4. Desgostei ligeiramente     | ( )              | ( )          | ( )            |
| 3. Desgostei moderadamente    | ( )              | ( )          | ( )            |
| 2. Desgostei muito            | ( )              | ( )          | ( )            |
| 1. Desgostei extremamente     | ( )              | ( )          | ( )            |

Você compraria o biscoito? ( ) SIM ( ) NÃO

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_