

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

THAÍSA ANDERS CARVALHO SOUZA

SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
DE FECULARIA E APLICAÇÃO EM BOLOS PARA A
ALIMENTAÇÃO HUMANA

GOIÂNIA
2011

THAÍSA ANDERS CARVALHO SOUZA

SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
DE FECULARIA E APLICAÇÃO EM BOLOS PARA A
ALIMENTAÇÃO HUMANA

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

Orientador: Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior.

Co-Orientadora: Prof. Dra. Maria Raquel Hidalgo Campos.

GOIÂNIA
2011

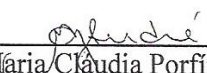


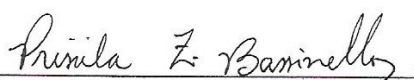
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

THAÍSA ANDERS CARVALHO SOUZA

SEGURANÇA MICROBIOLÓGICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS DE FECULARIA E APLICAÇÃO EM
BOLOS PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 28 de fevereiro de 2011,
pela Banca Examinadora constituída pelos membros:


Prof.^a. Dr.^a. Maria Claudia Porfírio Borges André
IPTSP/UFG


Prof.^a. Dr.^a. Priscila Zaczuk Bassinello
EMBRAPA Arroz e Feijão


Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior
Orientador – EA/UFG

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, André e Zilá, aos meus irmãos André Thiago e Thaynara e ao meu namorado Rafael, que sempre me estimularam e são o principal motivo do meu esforço e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por iluminar minha vida, abrindo portas e colocando pessoas tão especiais em meu caminho.

Aos meus pais e irmãos, por sempre me estimularem a buscar meus objetivos, sem medirem esforços para que todos os meus sonhos se realizassem. Em especial a minha irmã Thaynara, pelo apoio e auxílio indispensável na concretização desta etapa de minha formação.

Ao meu namorado, que foi um grande companheiro durante esta fase de minha vida tão tumultuada. Sem o qual não teria conseguido vencer vários obstáculos que surgiram durante estes dois anos de trabalho. Obrigada pela paciência, amor, cuidado e dedicação.

Aos meus queridos orientadores, Prof. Dr. Manoel Soares Soares Júnior e Prof.^a Dr.^a Maria Raquel Hidalgo Campos, pela ajuda incondicional oferecida durante toda a pesquisa, pelos valiosos ensinamentos, pela amizade, exemplo, apoio e dedicação. Muito obrigada.

À Faculdade de Nutrição (FANUT) e Engenharia de Alimentos (EA) pela disponibilidade dos espaços e equipamentos. Em especial às professoras Raquel Cardoso Santiago (Coordenadora do Laboratório de Nutrição e Dietética), Tânia Aparecida (Coordenadora do Laboratório de Análise Sensorial), Mara Reis Silva (Coordenadora do Laboratório de Análise de Alimentos), Maria Margareth Veloso Naves (Coordenadora do Laboratório de Nutrição Experimental), Maria Raquel Hidalgo Campos (Coordenadora do Laboratório de Controle Higiênico Sanitário de Alimentos). Aos funcionários Tiago Dias (Técnico de Laboratório da FANUT), Deivis e Ana Paula (Técnicos de Laboratório da EA).

A todos os professores e a secretária (Adriana) do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelos ensinamentos adquiridos e pelo apoio em meu processo de formação docente.

A todos meus colegas de mestrado, que dividiram aprendizados e dificuldades comigo, em especial as amigas, Camila, Daniela, Fernanda, Gilciléia, Júlia, Luciana, Mara e Marise, pelas palavras de apoio e conforto.

As minhas amigas companheiras, Fabiana, Laísa, Pabline e Paulla, pela amizade, que é tão valiosa para mim, onde sempre consigo recarregar minhas energias.

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade e materiais disponibilizados.

À CAPES pela bolsa oferecida e a CAPES e FAPEG pelo apoio financeiro.

À FEBELA pela doação dos resíduos utilizados na pesquisa.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho objetivou verificar a segurança microbiológica dos resíduos sólidos de fecularia de mandioca (cascas e bagaço), com diferentes tempos de armazenamento a temperatura ambiente com e sem tratamento químico e aplicar as cascas e bagaço de mandioca desidratados na formulação de misturas de bolos sem glúten em substituição a farinha de arroz. Os valores de pH variaram entre 5,3 a 4,3 na casca de mandioca *in natura*, enquanto na casca de mandioca sanitizada entre 5,6 e 4,4. Os valores de pH variaram entre 5,24 a 5,92 no bagaço de mandioca *in natura*, enquanto no bagaço de mandioca acidificado estes valores ficaram entre 4,7 e 5,5. O tempo influenciou significativamente os valores de pH de todas as amostras de casca e de bagaço de mandioca durante o armazenamento a temperatura ambiente. Em nenhuma das amostras de farinhas e de bolos avaliadas foi detectada presença de *Salmonella* sp, e contagem de *Bacillus cereus*, *Clostridium* sp. e coliformes termotolerantes (45 °C). Apenas verificaram-se contagens de coliformes totais e bolores e leveduras nas farinhas de cascas e de bagaço de mandioca. Todos os parâmetros instrumentais de cor, o pH e a umidade das amostras de farinha de arroz, farinha de casca de mandioca e farinha de bagaço de mandioca, apresentaram diferenças. A farinha de arroz apresentou-se mais clara, com coloração menos avermelhada e amarelada, quando comparada às farinhas de casca e de bagaço de mandioca. O pH diferiu entre as três farinhas, sendo o pH da farinha de arroz maior que o observado nas farinhas de casca e de bagaço de mandioca. A umidade da farinha de arroz foi menor que as das farinhas de casca de mandioca e de bagaço de mandioca. As farinhas de casca e de bagaço de mandioca apresentaram teores superiores de cinzas, fibras alimentares total, solúvel e insolúvel e inferiores de proteínas e carboidratos, além do valor energético total. Os volumes específicos dos bolos experimentais formulados com farinha de arroz e farinha de casca de mandioca não diferiram em nenhum dos tratamentos, já nos formulados com farinha de bagaço de mandioca, os tratamentos com 75% e 100% de substituição da farinha de arroz pela farinha de bagaço de mandioca diferiram dos demais tratamentos. Os miolos dos bolos apresentaram tendência à coloração mais escura, com o aumento dos níveis de substituição da farinha de arroz pela farinha de casca e de bagaço de mandioca. Em relação à umidade todos os bolos experimentais formulados com as farinhas apresentaram diferença, exceto o bolo sem substituição e com 25% de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca. O índice de rendimento também apresentou tendência a aumentar proporcionalmente ao aumento dos níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de casca e de bagaço de mandioca. As cinzas, os lipídeos e as fibras alimentares total e insolúvel apresentaram tendência de aumentar nos bolos com substituição de farinha de arroz pela farinha de casca e de bagaço de mandioca, já os carboidratos, proteínas e o valor energético total apresentaram valores inferiores nos bolos com o aumento da substituição das farinhas dos resíduos. Todos os bolos experimentais superaram o ponto de corte (escore 6) para o teste de aceitação na análise sensorial. A casca de mandioca sanitizada e o bagaço de mandioca acidificado podem ser considerados seguros para utilização como ingrediente (farinha) em formulações de produtos alimentícios, principalmente aqueles que sofrerão tratamento térmico. Os resultados obtidos nas formulações dos bolos foram adequados, uma vez que estes apresentaram resultados satisfatórios em relação às características físicas, valor nutricional, segurança microbiológica e características sensoriais.

Palavras-chave: Casca de mandioca, bagaço de mandioca, qualidade microbiológica, farinhas de resíduos, bolos sem glúten.

ABSTRACT

This study aimed to verify the microbiological safety of solid waste from cassava starch (peel and bagasse), with different times of storage at room temperature with and without chemical treatment and apply peels and dried cassava bagasse in the formulation of gluten-free cake mixes substituting rice flour. The pH values ranged from 5.3 to 4.3 in fresh cassava peel, while the cassava peel sanitized between 5.6 and 4.4. The pH values ranged from 5.24 to 5.92 on fresh cassava bagasse, while in the acidified cassava bagasse these values were between 4.7 and 5.5. The time significantly influenced the pH values of all samples of peel and cassava bagasse during storage at room temperature. None of the samples of flour and cake analyzed was detected *Salmonella*, and counting of *Bacillus cereus*, *Clostridium* sp. and fecal coliform (45 °C). There were only counts of coliforms, yeasts and molds in peel flour and cassava bagasse flour. All instrumental parameters of color, pH and moisture of the samples of rice flour, peel flour and cassava bagasse flour, showed differences. The rice flour had become clearer, with less red and yellow color when compared to the peel flour and cassava bagasse flour. The pH differed among the three flours, being the pH of the rice flour larger than those observed in flours of peel and cassava bagasse. The moisture content of rice flour was lower than the peel flour and cassava bagasse flour. The flours of peel and cassava bagasse showed higher contents of ash, total dietary fiber, soluble and insoluble fiber and lower protein and carbohydrates, in addition to the total energy. The specific volumes of experimental cakes made with rice flour and cassava peel flour did not differ in any treatment, already in those made with cassava bagasse flour, treatments with 75% and 100% substitution of rice flour by cassava bagasse flour differed from other treatments. The crumbs of cakes tended to stain darker with increasing levels of replacement of rice flour by peel flour and cassava bagasse flour. In relation to moisture all the cakes made with experimental flours were different, except the cake without replacement and with 25% substitution of rice flour with cassava bagasse flour. The performance index also tended to increase proportionately to the increase levels of replacement of rice flour by flour of peel and cassava bagasse flour. The ash, lipids and total and insoluble dietary fibers tended to increase in the cakes with replacement of rice flour by peel flour and cassava bagasse flour, carbohydrates, protein and total energy were lower in cakes with increasing replacement of flour waste. All experimental cakes exceeded the cutoff point (score 6) for acceptance testing in sensorial analysis. Cassava peel sanitized and acidified cassava bagasse can be considered safe for use as an ingredient (flour) in the formulation of food products, especially those who suffer heat treatment. The results obtained in the formulations of the cakes were adequate, since they showed satisfactory results in relation to the physical, nutritional, microbiological safety and sensory characteristics.

Keywords: Cassava peel, cassava bagasse, microbiological quality, residues of flour, gluten free cakes.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Cálculo de umidade.....	33
Equação 2	Cálculo Volume do bolo.....	33
Equação 3	Cálculo Volume específico do bolo	33
Equação 4	Cálculo Índice de Rendimento.....	34
Equação 5	Cálculo Teor de Cinzas.....	35
Equação 6	Cálculo Normalidade padronizada	36
Equação 7	Cálculo teor de Nitrogênio	36
Equação 8	Cálculo teor de Proteína bruta.....	36
Equação 9	Cálculo teor de Lipídios.....	36
Equação 10	Cálculo teor de Fibras totais.....	37
Equação 11	Cálculo teor de Fibra insolúvel.....	38
Equação 12	Cálculo teor de Fibra solúvel.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Processo de extração da fécula de mandioca.....	08
Figura 2	Sistemas de descarregamento de mandioca no Brasil, por plataforma basculante e remoção da mandioca por garfos	09
Figura 3	Sistema de lavagem e descascamento em fecularias brasileiras (A), e modelo de ralador típico (B).....	09
Figura 4	Peneiras centrífugas para extração do amido (A) e forno de secagem contínua (B)	10
Figura 5	Centrífuga usada nas fecularias brasileiras.....	10
Figura 6	Filtros de desidratação à vácuo (A) e centrífuga de cesta (B).....	11
Figura 7	Equipamento de <i>Flash Drier</i> , vista parcial (A) e total (B).....	11
Figura 8	Fluxograma de pesquisa da casca de mandioca.....	24
Figura 9	Fluxograma de pesquisa do bagaço de mandioca.....	25
Figura 10	Saída da área de lavagem e descascamento A (cascas) e saída para o silo de armazenamento B (bagaço).....	26
Figura 11	Secagem da casca (A) e do bagaço (B) de mandioca em estufa com circulação de ar.....	29
Figura 12	Moinho e cascas desidratadas antes e após moagem (A) e bagaço desidratado antes e após moagem (B)	29
Figura 13	Cabine da análise sensorial (A) e disposição das amostras aos provadores (B).....	31
Figura 14	Potencial hidrogeniônico - pH (A), contagem média de coliformes totais (B) e contagem média de bolores e leveduras (C) em casca de mandioca <i>in natura</i> (CMIN) e sanitizada (CMS) em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente	43
Figura 15	pH (A), contagem média de coliformes totais (B) e bolores e leveduras (C) em bagaço de mandioca <i>in natura</i> (BMIN) e acidificado (BMA) em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valor energético e composição química das raízes de mandioca em base úmida e seca.....	05
Tabela 2	Composição média da fração casca marrom, da entrecasca e do resíduo cascas de mandioca, matéria seca.....	13
Tabela 3	Composição centesimal de bagaço de mandioca	14
Tabela 4	Formulação dos bolos experimentais.....	30
Tabela 5	Potencial hidrogeniônico (pH), contagem de coliformes totais e de bolores e leveduras na casca de mandioca <i>in natura</i> (CMIN) e sanitizada (CMS) em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente ¹	42
Tabela 6	Modelos matemáticos, nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) para pH (y_1 e y_2), contagem de coliformes totais (y_3 e y_4) e contagem de bolores e leveduras (y_5 e y_6) na casca de mandioca <i>in natura</i> (CMIN) e sanitizada (CMS), respectivamente, em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente (x)	42
Tabela 7	Parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), pH, umidade em base úmida, composição centesimal (cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel, em base seca e valor energético total em base úmida das farinhas de arroz e de casca de mandioca*	46
Tabela 8	Volume específico, parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), umidade, índice de rendimento, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel e valor energético total dos bolos com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de casca de mandioca, em (v/v) *	49
Tabela 9	Escores de aparência, aroma, textura e sabor dos bolos com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de casca de mandioca em v/v ¹	52
Tabela 10	Potencial hidrogeniônico (pH), coliformes totais e bolores e leveduras no bagaço de mandioca <i>in natura</i> (BMIN) e acidificado (BMA) em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente ¹	54
Tabela 11	Modelos matemáticos, nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R^2) para pH (y_1 e y_2), contagem de coliformes totais (y_3 e y_4) e contagem bolores e leveduras (y_4 e y_5) no bagaço de mandioca <i>in natura</i> (BMIN) e acidificado (BMA), respectivamente, em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente (x)	54
Tabela 12	Parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), pH, umidade em base úmida, composição centesimal (cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel), em base seca, e valor energético total, em base úmida, das farinhas de arroz e de bagaço de mandioca*.....	59
Tabela 13	Volume específico, parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), umidade, índice de rendimento, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel e valor energético total dos bolos com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca, em (v/v) *	61
Tabela 14	Escores de aparência, aroma, textura e sabor dos bolos com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha do bagaço de mandioca em v/v ¹	64

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A	Fichas de avaliação para análise sensorial	76
Apêndice B	Termo de consentimento livre e esclarecido	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	REVISÃO DA LITERATURA	04
2.1	ASPECTOS GERAIS SOBRE A MANDIOCA	04
2.2	FECULARIA DE MANDIOCA	07
2.3	RESÍDUOS SÓLIDOS DA FECULARIA DE MANDIOCA	12
2.3.1	Casca de mandioca	12
2.3.2	Bagaço de mandioca	14
2.4	MICROBIOTA DA MANDIOCA	15
2.5	CLORAÇÃO E ACIDIFICAÇÃO	19
3	OBJETIVOS	22
3.1	OBJETIVO GERAL	22
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	MATERIAL	23
4.2	MÉTODOS	23
4.2.1	Coleta das amostras	23
4.2.2	Cloração das cascas de mandioca	26
4.2.3	Acidificação do bagaço de mandioca	26
4.2.4	Análise microbiológica do bagaço e das cascas durante o armazenamento à temperatura ambiente	26
4.2.4.1	Processamento da amostra	27
4.2.4.2	Contagem de <i>Bacillus Cereus</i>	27
4.2.4.3	Contagem de coliformes totais e termotolerantes (45 °C)	27
4.2.4.4	Presença de <i>Salmonella</i> sp	27
4.2.4.5	Contagem de Clostrídio sulfito redutor	28
4.2.4.6	Contagem de bolores e leveduras	28
4.2.5	Aferição do pH das cascas e do bagaço de mandioca durante o armazenamento à temperatura ambiente	28
4.2.6	Processamento das farinhas de cascas e de bagaço de mandioca	28
4.2.7	Processamento das misturas para bolo sem glúten	29
4.2.8	Análise sensorial dos bolos	30
4.2.9	Características físicas	31
4.2.9.1	<i>pH</i>	32
4.2.9.2	<i>Cor</i>	32
4.2.9.3	<i>Umidade</i>	32
4.2.9.4	<i>Volume específico</i>	33
4.2.9.5	<i>Índice de rendimento</i>	34
4.2.10	Composição centesimal	34
4.2.10.1	<i>Cinzas</i>	34
4.2.10.2	<i>Proteínas</i>	35
4.2.10.3	<i>Lipídeos</i>	36
4.2.10.4	<i>Fibra alimentar</i>	36
4.2.10.5	<i>Carboidratos e valor energético total</i>	39
4.2.11	Aspectos éticos	39
4.2.12	Análise estatística	40

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1	CASCAS DE MANDIOCA	41
5.1.1	Efeito da sanitização sobre o pH e a microbiota das cascas de mandioca durante armazenamento a temperatura ambiente	41
5.1.2	Desenvolvimento de farinhas de cascas de mandioca e de bolos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de cascas de mandioca	46
5.2	BAGAÇO DE MANDIOCA	53
5.2.1	Efeito da acidificação sobre o pH e a microbiota do bagaço de mandioca durante o armazenamento a temperatura ambiente	53
5.2.2	Desenvolvimento de farinhas de bagaço de mandioca e de bolos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca	58
6	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS	66
	APÊNDICES	75

1 INTRODUÇÃO

Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta originária do Norte da Amazônia, largamente cultivada em países tropicais. A África é o maior produtor com 53% da produção mundial, seguida pela Ásia com 29% e a América Latina com 18%. Embora a mandioca seja cultivada em cerca de 88 países, apenas cinco países representam cerca de 67% da produção. Estes são a Nigéria, o Brasil, a Tailândia, o Zaire e a Indonésia. O Brasil ocupa a terceira posição na produção mundial de mandioca (12,7% do total). Cultivada em todas as regiões, tem papel importante na alimentação humana e animal, como matéria-prima para inúmeros produtos industriais e na geração de emprego e de renda. A produção que é transformada em farinha e fécula gera, respectivamente, receitas equivalentes a 600 milhões e 150 milhões de dólares/ano (EMBRAPA, 2009). A partir de 1990, a produção brasileira de fécula apresentou um crescimento bastante acentuado, o número de indústrias aumentou e outras sofreram ampliação da capacidade instalada. Assim, a produção passou de 170 mil toneladas em 1990 para 667 mil toneladas no ano de 2002. Na última década, a produção brasileira de mandioca ficou praticamente estável, na média de 23 milhões de toneladas de raiz, embora não se possa negar o grande avanço no segmento industrial, sobretudo na produção de fécula e seus modificados (SEAB, 2009).

Nas fecularias, para cada tonelada de raiz processada, são produzidos cerca de 250 kg de fécula de mandioca e 928,6 kg de bagaço com 85% de umidade. Após seco, este resíduo apresenta, em média, 75% de amido e 11,5% de fibras (LEONEL; CEREDA; ROAU, 1999). O bagaço é uma fonte de fibra de boa qualidade, apresentando em média: 16,39% de fibra detergente ácido, 38,7% de fibra detergente neutro, 11,8% de celulose, 22,3% de hemicelulose e 4,6% de lignina (LEONEL; CEREDA; ROAU, 1998). Outro resíduo sólido das fecularias é a casca. Este é constituído pela epiderme, fina camada celulósica, de cor marrom clara ou escura, que varia entre 2 e 5% do peso das raízes. Junto com a casca em geral fica aderido certa quantidade de entrecasca, ou parênquima cortiça, o que acarreta perda de amido nas fecularias. Assim, convencionou-se que o resíduo denominado “cascas” é constituído pela mistura de ambas as frações, epiderme e entre casca das raízes de mandioca (CEREDA, 2002). Para produção de uma tonelada de fécula são produzidos cerca de 428 kg de casca com 80% de umidade, considerando o material seco, esta quantidade é reduzida à 85 kg. Este resíduo é composto, principalmente, por amido, fibras e minerais (CEREDA, 1994).

A utilização industrial da mandioca causa sérios problemas ambientais, pois mesmo as pequenas unidades fabris, como polvilheiras, podem gerar quantidades significativas de resíduos, visto ser comum existir várias unidades em uma mesma região. Além do aspecto da agressão ao meio ambiente, deve ser também considerado que o despejo indevido de resíduos da mandioca constitui desperdício de rendimentos para o produtor, quando são consideradas as quantidades geradas e a composição dos resíduos (CEREDA, 2001). Estes resíduos são considerados um problema durante a safra, devido às dificuldades de transporte e armazenamento. E estes resíduos têm sido doados à fazendeiros para alimentação animal, sendo utilizados úmidos juntamente com cana-de-açúcar e milho, ou depositados em valas próximas às feculárias (LEONEL; CEREDA, 1999). O bagaço úmido é vendido por cerca de R\$10,00 a tonelada e já o seco a R\$190,00 a tonelada para uso na mineração e a casca úmida a R\$30,00 a tonelada (ABAM, 2010).

As necessidades econômicas atuais têm levado as indústrias a revisarem seus processos e a qualidade dos seus produtos. As empresas produtoras de fécula e polvilhos vêem a necessidade de buscar novos mercados para o produto, bem como formas de tornar rentáveis os resíduos, através de tecnologias de baixo custo de implantação (CAMARGO; LEONEL; MISCHAN, 2008).

Um público que pode ser visado por essas empresas são os portadores de doença celíaca, que possuem intolerância permanente ao glúten, cujo tratamento, basicamente dietético, consiste na exclusão da farinha de trigo e seus derivados da dieta. É de fundamental importância para o doente o cumprimento efetivo da dieta sem glúten (proteína do trigo), a fim de assegurar desenvolvimento pôndero-estatural e puberal adequados, densidade mineral óssea, fertilidade, redução de risco de deficiência de macro e micronutrientes, assim como, diminuição do risco do surgimento de doenças malignas, particularmente do sistema digestivo (SDEPANIAN; MORAIS; FAGUNDES-NETO, 2001).

A constatação de que os componentes da fibra alimentar, longe de serem substâncias inertes dos alimentos como se pensava no passado, desempenham papel fisiológico muito importante na regulação do funcionamento do trato gastrointestinal, assim como no controle e/ou prevenção de certas doenças crônicas e degenerativas, tem despertado na comunidade científica mundial o interesse pelas pesquisas relacionadas às fibras dos alimentos, assim como a utilização de ingredientes fonte de fibra em novos alimentos. Acredita-se que as fibras exercem suas funções gastrointestinais através de sua ação física, capacidade de hidratação e de aumentar o volume e a velocidade de trânsito do bolo alimentar e fecal (RAUPP et al., 1999).

Diante da composição e da considerável quantidade gerada de bagaço e de cascas é importante para as fecularias o desenvolvimento de pesquisas que visem o aproveitamento destes resíduos. Entretanto, o maior obstáculo é que estes apresentam maior quantidade de água que de matéria seca, o que provoca rápida fermentação natural, dificultando o armazenamento, o transporte, o processamento e a manutenção da qualidade destes resíduos.

Para que os produtos gerados a partir destes resíduos sejam comprovadamente seguros para alimentação humana é fundamental que sejam conhecidos e quantificados os principais micro-organismos em relação à saúde humana nas cascas e no bagaço de mandioca durante o armazenamento em temperatura ambiente e após a secagem dos produtos finais. Assim como, estabelecer estratégias para diminuir ou minimizar o problema. Uma vez garantida a segurança do produto, também é fundamental desenvolver novos produtos formulados com essas farinhas para alimentação humana.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS SOBRE A MANDIOCA

A planta *Manihot esculenta* Crantz, é considerada fonte importante de alimentos e calorias da dieta de grande parte da população em países tropicais da Ásia, da África e da América Latina. É conhecida como tapioc em países asiáticos, como mandioca, aipim, tapioca, castelinha, macaxeira no Brasil, como yuca nos países de língua espanhola, como a manioc nos países de língua francesa e cassava nos países de língua inglesa. É considerada de origem Venezuelana, havendo registros datados de 2700 AC. Foi introduzida na África durante o século XVI e de lá para a Ásia durante o século XVIII (PANDEY et al., 2000).

A planta arbustiva é composta de parte aérea e outra subterrânea. A parte aérea pode chegar a 2 a 4 m de altura. A parte subterrânea é constituída de dois tipos de raízes: as responsáveis pela nutrição da planta e as com disposição axial em torno do tronco, chamadas de raízes tuberosas que são comestíveis. Cada planta pode ter 5 a 20 raízes tuberosas, que normalmente podem atingir 20 a 80 cm de comprimento e 5 a 10 cm de diâmetro. A massa de cada raiz tuberosa varia entre poucas gramas até 5 kg. A Tabela 1 mostra a composição química das raízes de mandioca, ricas em amido e pobres em proteínas (CEREDA, 1994).

Tabela 1. Valor energético e composição química das raízes de mandioca em base úmida e seca

Composição	Base úmida	Base seca
Valor energético ¹	135,0	335,0
Umidade ²	65,5	15,7
Proteínas ²	1,0	1,4
Lipídios ²	0,2	0,5
Amido ²	32,4	80,6
Fibras ²	1,1	1,2
Cinzas ²	0,9	1,8
Cálcio ³	26,0	96,0
Fósforo ³	32,0	81,0
Ferro ³	0,9	7,9
Sódio ³	2,0	-
Potássio ³	394,0	-
Vitamina B2 ³	0,04	0,06
Vitamina C ³	34,0	0,0
Niacina ³	0,6	0,8
Cianeto ²	-	1,6

Fonte: Soccol (1996) e Cereda e Takahashi (1996); ¹ Kcal (100 g)⁻¹; ² g (100 g)⁻¹; ³ mg (100 g)⁻¹

A mandioca é classificada entre as seis mais importantes culturas alimentares do mundo e é o alimento básico para mais de 700 milhões de pessoas em vários países (CEREDA et al., 1996). A espécie tem notável capacidade de adaptação às diferentes condições agro-ecológicas, sendo considerada cultura de baixo risco, em virtude da sua natureza resistente à seca e baixa exigência em solos. Muita atenção tem sido despendida nas últimas décadas para melhorar os aspectos agrícolas da mandioca, visando aumentar sua produção em todo o mundo, o que tem sido atingido. Em 2010, a produção mundial de mandioca atingiu 272.000.000 t. Os destaques foram Nigéria, com 45.000.000 t, Tailândia, 30.100.000 t e Brasil, responsável por 26.600.000 t. O Brasil ocupa o primeiro lugar para produção de mandioca na América Latina (FAO, 2010).

A produtividade no Brasil é bastante variável e é explicada pela grande diversidade de condições ambientais em que a cultura é plantada, indo desde os solos de alta fertilidade natural (eutróficos) e condições pluviométricas excelentes observadas no Estado do Paraná, até os solos de menor fertilidade natural (distróficos) e distribuição de chuvas não tão favoráveis presentes na região Nordeste do país. Acrescente-se a isso o fato de, ainda, serem utilizados sistemas de manejo inadequados e pouca orientação para o mercado, refletindo-se em sistemas de produção de subsistência. Completam os fatores que influenciam no baixo rendimento físico no Nordeste do Brasil a prática de se cultivar mandioca em consorciação com outras culturas (CARDOSO, 1995). Se forem apenas considerados os principais estados produtores de mandioca da região Centro-Sul do Brasil, ou seja, Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo, a produtividade média praticamente (SEAB, 2011).

Para amenizar dificuldades de produção, impostas pelas características climáticas e de solo regionais, centros de pesquisa têm investido em pesquisas de melhoramento para o cultivo da mandioca. O Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas/SP, dedica-se ao desenvolvimento de ciência e tecnologia para a produção de mandioca desde o final do século 19. A cultivar IAC 12, principal variedade plantada na região centro-oeste, foi lançada pelo Instituto Agrônomo na década de 70, é, atualmente, a variedade mais cultivada no cerrado brasileiro, principalmente no estado de Goiás. É muito produtiva, principalmente com dois ciclos. É tolerante a pragas do cerrado e tem alto teor de matéria seca, implicando em boa produtividade nas fecularias. Sendo por este motivo, umas das principais cultivares aplicadas nestas indústrias (ABAM, 2010).

Cerca de 60% da mandioca produzida em todo o mundo é usada na alimentação humana, sendo consumida em forma natural ou fermentada, como farinha, fécula, gari, fufu etc. O consumidor mais importante é a África, com média de 102 kg pessoa⁻¹ ano⁻¹ ou 220

kcal pessoa⁻¹ dia⁻¹. Outro grande consumidor de mandioca é a indústria de alimentos animais, que utiliza cerca de 33% da produção mundial. Os restantes 7% são utilizados pelas indústrias têxteis, de papel e de biotecnologia. Com o advento das abordagens biotecnológicas, aplicações mais modernas da mandioca e seus derivados estão em foco, com o objetivo de agregação de valor (CEREDA; TAKAHASHI, 1996).

A maior parte da mandioca de “mesa” é comercializada na forma *in natura*. Vem crescendo a comercialização de mandioca pré-cozida e congelada e na forma de *snack*. A mandioca para a indústria tem uma grande variedade de usos, dos quais a farinha e a fécula são os mais importantes. A farinha tem essencialmente uso alimentar, com elevada especificidade regional, que em muitos casos torna o produto cativo a mercados locais. As mudanças nos hábitos alimentares, associadas ao aumento de renda *per capita* brasileira vem resultando em redução de consumo de farinha. A fécula e seus produtos derivados têm sido utilizadas em produtos amiláceos para a alimentação humana ou como insumos em diversos ramos industriais tais como o de alimentos embutidos, de embalagens, de colas, de mineração, têxtil e farmacêutica. São nesses mercados que ocorre maior agregação de valor e encontram-se as maiores perspectivas para o desenvolvimento da atividade mandioqueira (CARDOSO; LEAL, 1999).

Muitas plantas cultivadas apresentam cianeto em algumas ou em todas as suas partes. É possível encontrar ciano-glicosídeos em trigo, cevada, aveia, sorgo, brotos de feijão, feijão, milho, maçã, mandioca e taro, dentre outras. A linamarina é encontrada em muitos vegetais. Na mandioca é um dos compostos cianogênicos e está distribuída por toda a planta, inclusive na parte comestível das raízes. A mandioca é, provavelmente, a mais conhecida das plantas cianogênicas em razão de sua ampla distribuição em países tropicais (CEREDA, 2001).

Por ser solúvel em água, a maior parte dos glicosídeos capazes de gerar ácido cianídrico (HCN) como a linamarina e lotaustralina é removida durante o processamento. Entretanto, dependendo do tipo de processamento pode haver resíduos desses compostos tóxicos. A redução efetiva do nível de compostos cianogênicos requer duas fases consecutivas, primeiro a ralação ou trituração das raízes, que permite que a ruptura das células libere a linamarase (β -glicosidase EC 3.2.1.21), enzima capaz de hidrolizar a linamarina em glicose e cianoidrina, e segundo o aquecimento da massa de raízes raladas para remover os resíduos de cianeto livre (acetonacianidrina e ácido cianídrico) (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002).

Os fatores mais importantes que podem levar a detoxificação dos alimentos a base de mandioca são aqueles que interferem no processo bioquímico de hidrólise dos glicosídeos

capazes de gerar cianeto. Esses fatores são o pH, a disponibilidade de água ou atividade de água e a temperatura. Outro fator muito importante é o estado físico do alimento preparado de mandioca. Quanto menor a partícula, melhor a detoxificação. Alimentos preparados por ralação ou moagem permitem obtenção de produtos mais seguros (PANTAROTTO; CEREDA, 2001).

2.2 FECULARIA DE MANDIOCA

As fecularias são as indústrias mais modernas entre as processadoras de raízes de mandioca do Brasil. Essas empresas extraem fécula de mandioca que pode ser usada no preparo de inúmeros produtos. O destino da fécula varia em cada região de produção e as indústrias alimentares representam o maior mercado com 69% do consumo, seguidas pelas farmacêuticas, de papel e de celulose, outras químicas e têxtil. O processo de produção de fécula de mandioca, qualquer que seja o grau de tecnologia empregada, compreende as etapas de lavagem e de descascamento das raízes, desintegração das células e liberação dos grânulos de amido, separação das fibras do amido e, finalmente, a secagem (Figura 1). Durante o processamento são gerados o bagaço e as cascas, resíduos fibrosos que contêm parte da fécula que não foi extraída no processamento (LEONEL; JACKEY; CEREDA, 1998).

No Brasil, a maioria das fecularias utiliza sistema de descarregamento por plataforma basculante, onde o caminhão é basculado lateralmente para permitir a queda das raízes de mandioca (Figura 2A). Existe também outro sistema, com o uso de garfos para arrastar a mandioca de dentro do caminhão (Figura 2B). Neste sistema, antes de cair no silo de armazenamento, a mandioca passa por uma grade onde a terra é eliminada (VILPOUX, 2003).

Na etapa de lavagem e descascamento, as raízes passam por um pré-descascador, que é idêntico ao descascador e cuja função é de servir de transportador até este último e tirar o excesso de terra da mandioca. Em função da localização de saída do tanque de armazenamento da mandioca, as raízes podem passar muito rápido do pré-descascador para o descascador, sem que isso interfira na qualidade do descascamento final. Neste processo são separadas as cascas, depois as raízes passam por uma esteira onde são inspecionadas para retirada manual das partes lenhosas restantes e eliminação de impurezas eventuais e, em seguida, encaminhadas para ralação (Figura 3A) (ISI, 2010).

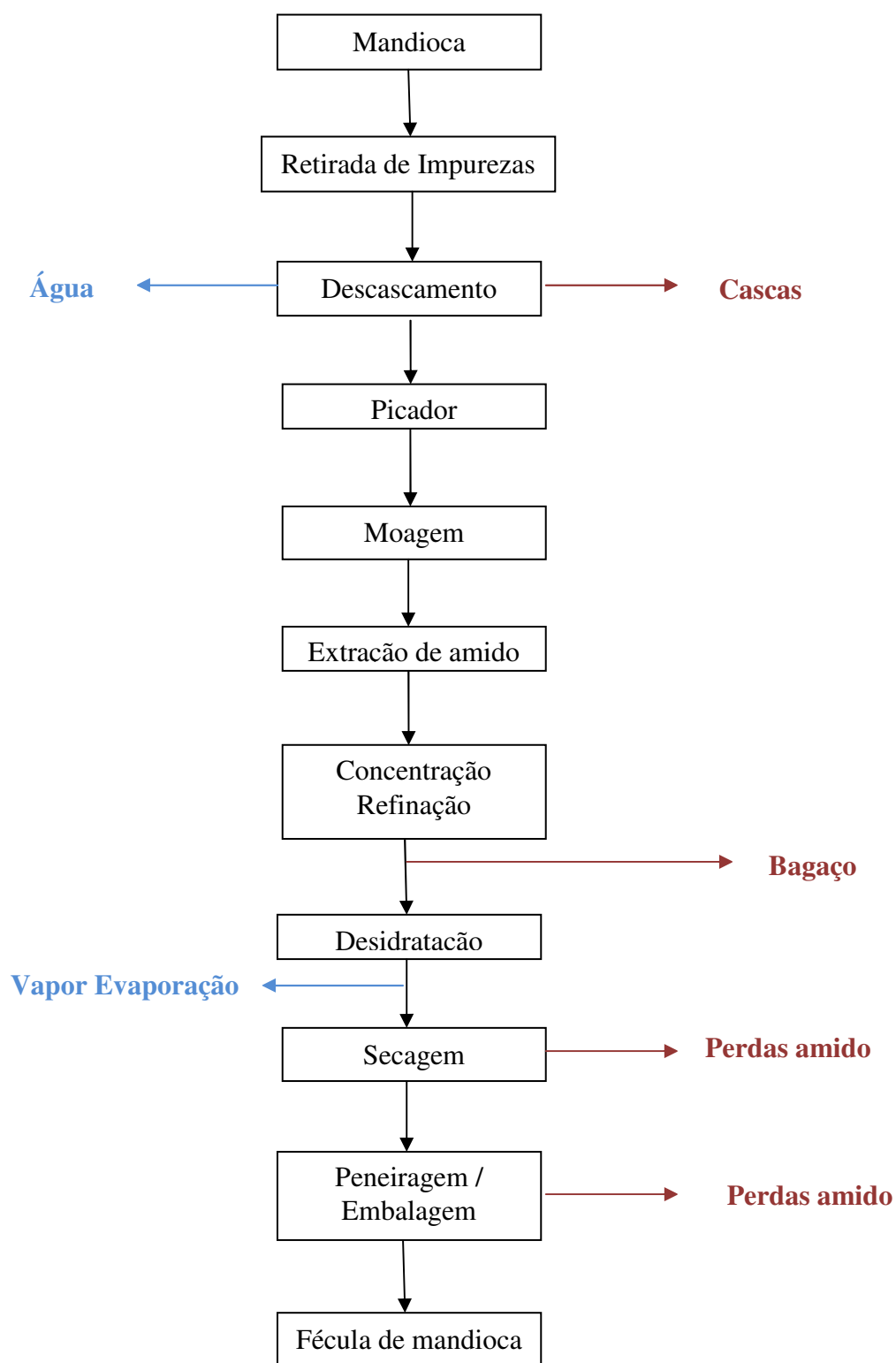


Figura 1. Processo de extração da fécula de mandioca
Fonte: Vilpoux (1998)

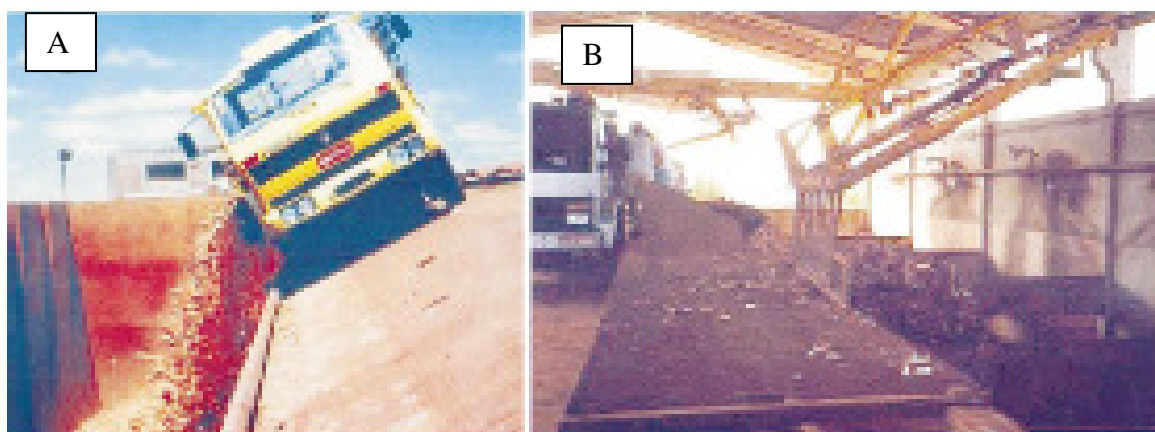


Figura 2. Sistemas de descarregamento de mandioca no Brasil, por plataforma basculante e remoção da mandioca por garfos
Fonte: Vilpoux (2003)

A moagem é uma das principais etapas do processo de produção de fécula, pois dela depende a extração do amido. É importante destacar que existem dois tipos de amido no produto moído: aquele que se encontra dentro das células vegetais que não foram rompidas, chamado ligado e aquele aparentemente livre, que se encontra fora das células. A recuperação de ambos amidos depende de moagem eficiente, que é realizada por equipamento denominado ralador (Figura 3B) (CAGNON; CEREDA; PANTAROTTO, 2002).

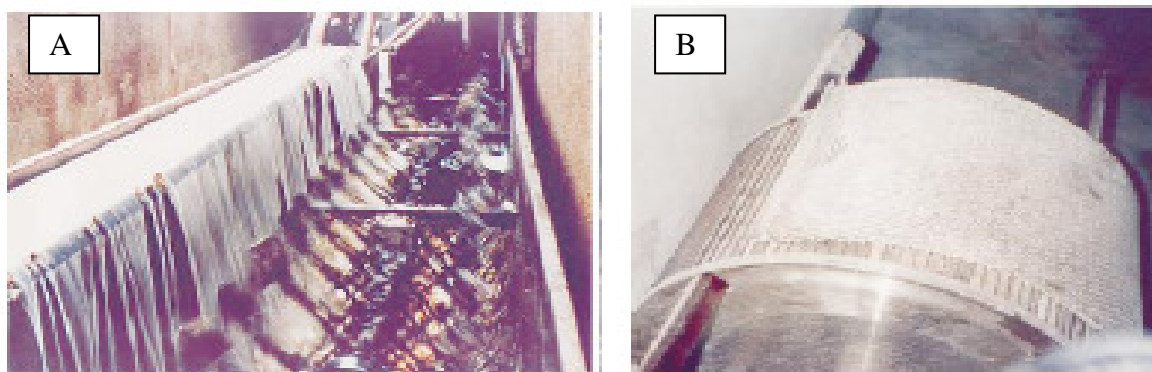


Figura 3. Sistema de lavagem e descascamento em fecularias brasileiras (A), e modelo de ralador típico (B)
Fonte: Vilpoux (2003)

Além da moagem, a quantidade de amido recuperado depende da extração, operação realizada, normalmente, através de peneiras centrífugas (Figura 4A). Geralmente são utilizados 4 a 6 baterias de extratores, onde é separado o bagaço ou farelo da mandioca, que é rico em amido.

Poucas fecularias no Brasil secam o farelo. Algumas secam o farelo em fornos similares aqueles usados em farinhas. Pode-se utilizar, também, forno contínuo (Figura

4B), neste caso o farelo seco é vendido em mercados mais valorizados, para a floculação de minerais (JACQUET, 1999).

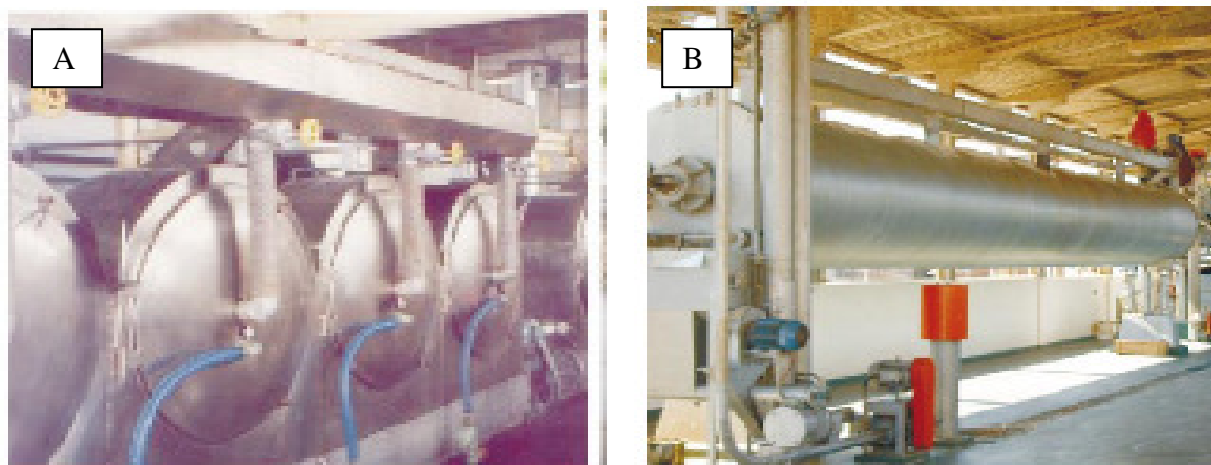


Figura 4. Peneiras centrífugas para extração do amido (A) e forno de secagem contínua (B)
Fonte: Vilpoux (2003)

Uma vez extraído, o amido possui ainda muitas impurezas, principalmente na forma de micro-fibras, proteínas e gorduras. É necessária uma etapa de purificação, seguida da concentração do amido, para reduzir a quantidade de água. A maioria das fecularias utiliza centrífugas para as duas fases, a concentração e a purificação do leite de amido, as duas operações sendo realizadas em equipamentos distintos. A primeira centrífuga concentra o leite de amido e, em seguida, é colocada água limpa. A segunda centrífuga retira a água adicionada depois da fase de concentração, completando a fase de limpeza do amido. A água suja retirada da primeira centrífuga é usada no descascador, enquanto a água da segunda é reutilizada no processo, na moagem e na extração do amido (Figura 5) (CEREDA, 2001).



Figura 5. Centrífuga usada nas fecularias brasileiras
Fonte: Vilpoux (2003)

Existem dois sistemas para desidratação do leite de amido, o filtro a vácuo (Figura 6A) e a centrífuga concentradora de cesta (Figura 6B), sendo o primeiro o mais utilizado no Brasil. A vantagem da centrífuga de cesta é permitir a obtenção de produto com 35 à 40% de umidade, contra 45% no filtro à vácuo. Esta diminuição de umidade permite reduzir os gastos de energia e a temperatura na secagem, com consequente diminuição dos riscos de gelatinização do amido. Em compensação a centrífuga de cesta é mais cara e usa mais energia (PANDEY et al., 2000).

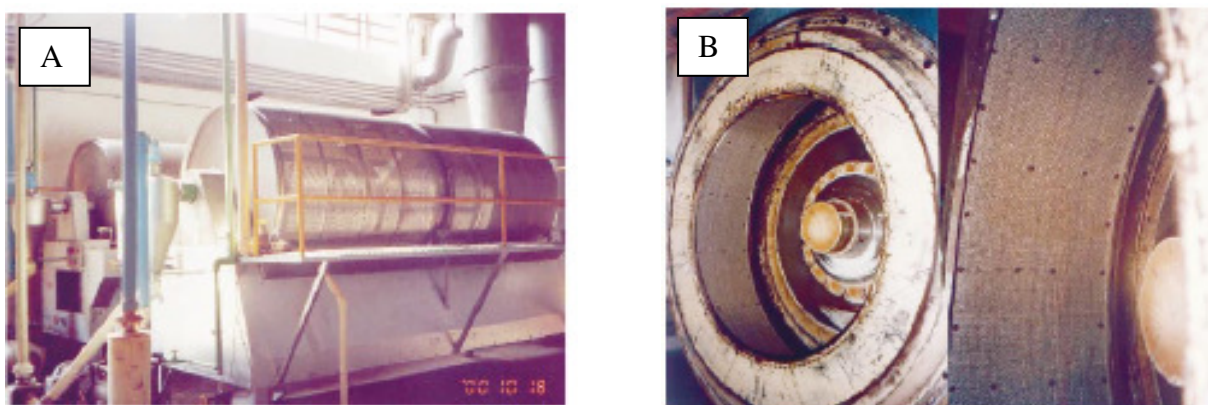


Figura 6. Filtros de desidratação à vácuo (A) e centrífuga de cesta (B)
Fonte: Vilpoux (2003)

Geralmente, o equipamento adotado pelas empresas para secagem da fécula é o *Flash Drier* (Figura 7 A e B). A temperatura de trabalho do equipamento varia entre 120 °C a 150 °C. No caso do uso de centrífuga de cesta, a fécula entra no processo de secagem com umidade menor, eliminando a necessidade de mistura da fécula úmida com fécula seca. Com filtros a vácuo, a alta umidade da fécula exige temperaturas menores para evitar a gelatinização do amido, com tempos de secagem maiores. Para reduzir o tempo de secagem, com temperaturas maiores, é necessária a mistura com um produto mais seco, o que se faz com a mistura de parte do produto seco com a fécula úmida. Por último, a fécula é embalada e armazenada (TAKAHASHI; GONÇALO, 2001).



Figura 7. Equipamento de *Flash Drier*, vista parcial (A) e total (B)
Fonte: Vilpoux (2003)

As necessidades econômicas atuais levaram as indústrias a revisarem seus processos e a qualidade dos seus produtos. As empresas produtoras de fécula e polvilhos vêem a necessidade de buscar novos mercados para o produto, bem como formas de tornar rentáveis os resíduos, através de tecnologias de baixo custo de implantação (CAMARGO; LEONEL; MISCHAN, 2008).

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS DA FECULARIA DE MANDIOCA

Subprodutos são partes constituintes da própria planta, gerados em função do processo tecnológico adotado (LEONEL; JAKY; CEREDA, 1998). Por esse conceito, os resíduos sólidos, bagaço e as cascas de mandioca seriam considerados subprodutos.

A qualidade e a quantidade dos resíduos variam bastante em função de uma série de fatores, tais como cultivar, idade da planta, tempo após a colheita, tipo e regulação dos equipamentos industriais, etc. Considerando-se que os principais tipos de processamento das raízes de mandioca no Brasil são a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, os principais resíduos sólidos gerados são a casca marrom, a entrecasca e o bagaço (CEREDA; VILPOUX, 2003). Neste trabalho serão explorados as cascas (casca marrom mais entrecasca) e o bagaço, obtidos na extração da fécula de mandioca.

2.3.1 Casca de mandioca

Casca marrom, em termos técnicos, corresponde à epiderme. Constitui 2 a 5% do peso total das raízes. Constitui-se em fina camada celulósica, de cor marrom clara ou escura. Tem composição média, obtida de diversas partidas. Na casca marrom, em geral, fica aderida no descascamento certa quantidade de entre-cascas, ou seja, parênquima cortical, o que acarreta perda de amido nas fecularias. Para adequar-se à realidade industrial, a composição do resíduo denominado “cascas” é melhor expressa pela mistura de ambas frações citadas (CEREDA, 2002). As composições da casca marrom, da entrecasca e do resíduo “cascas” (mistura da casca marrom e de entrecasca de mandioca) são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Composição média da fração casca marrom, da entrecasca e do resíduo “cascas” de mandioca, matéria seca

Componente g (100 g)⁻¹	Casca marrom	Entrecasca	Resíduo cascas (mistura)
Umidade	48,28	65,60	72,32
Sólidos voláteis	-	-	26,23
Cinzas	4,00	3,00	1,45
Carboidratos solúveis	-	-	7,86
Amido	0,00	58,00	32,00
Lipídeos	3,00	2,00	0,63
Nitrogênio	0,64	1,29	2,10
Fibra alimentar	41,00	6,00	-

Fonte: Cereda (1994)

As cascas de mandioca, embora passíveis de tratamento por digestão anaeróbia, podem ser empregadas como adubo ou na alimentação animal. Não existem soluções comerciais para uso das cascas de mandioca no Brasil. Na Tailândia, as cascas de mandioca são utilizadas no cultivo de cogumelos. Existem pesquisas que comprovam os bons resultados do cultivo de shitake em substrato constituído de bagaço e de cascas de mandioca. Este resíduo apresenta, em média, 75% de umidade, sendo composto, principalmente, por amido, fibras e minerais (VILPOUX, 2003).

As fibras alimentares têm ocupado uma posição de destaque na área da saúde, 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).

O trânsito da fibra ao longo do aparelho digestivo pode ter diversas implicações fisiológicas, entre elas o aumento da velocidade de absorção intestinal da glicose, a diminuição do tempo de trânsito intestinal dos alimentos, dos níveis de colesterol sanguíneo e 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 à fermentação (FILISETTI, 2002).

2.3.2 Bagaço de mandioca

O resíduo bagaço de mandioca é composto pelo material fibroso da raiz, contendo parte do amido que não foi possível extrair no processamento. É gerado na etapa de extração do amido ou separação da fécula e por embeber-se de água, apresenta em volume, mais quantidade que a própria matéria-prima, contendo cerca de 80% de umidade. Os teores de acidez, assim como os valores de pH, são bastante variáveis, provavelmente, porque ocorrem fermentações naturais, uma vez que o bagaço apresenta elevado teor de umidade (CEREDA; VILPOUX, TAKAHASHI, 2003). Na tabela 3 mostra-se a composição do bagaço de mandioca desidratado, conforme determinado por vários autores. Estas análises foram realizadas em amostras obtidas de bagaço em unidades de processamento do Estado do Paraná, Brasil.

Tabela 3. Composição centesimal de bagaço de mandioca

Constituinte [g (100 g) ⁻¹]	Socol (1994)	Cereda (1994)	Sterz (1997)	Vanderberghe et al. (1998)
Umidade	5.02	9.52	10.70	11.20
Proteína	1.57	0.32	1.60	1.61
Lipídio	1.06	0.83	0.53	0.54
Fibra bruta	50.55	14.88	22.20	21.10
Cinzas	1.10	0.66	1.50	1.44
Amido	40.50	63.85	63.40	63.00

Fonte: Carta et al. (1999)

A composição mostra variação dos constituintes do bagaço de mandioca, provavelmente, devido ao fato da maioria do processamento ser realizado sob condições mal controladas. Além disso, a composição, também, pode diferir devido ao uso de cultivares de mandioca distintas. O amido e as fibras são os principais componentes (CARTA et al., 1999).

A Legislação brasileira não inclui o bagaço de mandioca como alimento, embora permita o uso do farelo de trigo. O bagaço de mandioca apresenta-se bastante semelhante à farinha de mandioca, apenas menos calórico. O elevado teor de amido no bagaço sugere uma aparente ineficiência no processo de extração. Na verdade, a raiz de mandioca apresenta cerca de 2 g (100 g)⁻¹ de fibra, em geral expressa como celulose e 30 g (100 g)⁻¹ de amido. Na extração, cerca de 3 g (100 g)⁻¹ do amido residual da raiz fica retido em menos de 3 g (100 g)⁻¹ de fibra, que absorvem grandes quantidades de água, o que explica porque praticamente

cada tonelada de raiz equivale a uma tonelada de farelo úmido (MARCON; AVANCI; AMANTE, 2007).

O bagaço de mandioca não mostra qualquer conteúdo de cianeto, que o torna atraente como alimento animal. Devido ao seu baixo teor de cinzas, o bagaço de mandioca pode ter inúmeras vantagens em comparação com outros resíduos, como a palha de arroz e a palha de trigo, que têm $17,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ e $11 \text{ g (100 g)}^{-1}$, excesso, respectivamente, de cinzas, para uso em bioconversão de processos utilizando culturas microbianas. Em comparação com outros resíduos agrícolas, o bagaço de mandioca pode ser considerado como um rico reservatório de energia. Quando comparado com o bagaço da cana-de-açúcar, também possui vantagens, uma vez que não requer nenhum pré-tratamento e pode ser facilmente utilizado pelos micro-organismos (ROUKAS, 1998).

A composição mineral em mg kg^{-1} do bagaço de mandioca desidratado é de 270 de carbono, 0,35 de nitrogênio, 0,02 de fósforo, 0,19 de potássio, 0,18 de cálcio, 0,08 de magnésio, 0,02 de enxofre, 44 de ferro, 12 de cobre, 17 de manganês e 7 de boro. O bagaço é fonte de fibra de boa qualidade, apresentando, em média, $29 \text{ g (100 g)}^{-1}$ de fibra, determinada por método de detergente neutro, $14 \text{ g (100 g)}^{-1}$ por detergente ácido e 7 g (100 g)^{-1} de fibra alimentar total, sendo 6 g (100 g)^{-1} insolúvel e 1 g (100 g)^{-1} solúvel (LEONEL, 2003). A recomendação para consumo humano de fibra alimentar total para adultos é de 25 g dia^{-1} para mulheres e 38 g dia^{-1} para homens (IOM, 2005).

Conhecendo-se a composição das cascas e do bagaço de mandioca, é importante desenvolver estratégias que visem sua utilização para fins mais nobres, como na alimentação humana. Para isso é necessário conhecer e quantificar os micro-organismos presentes nestes resíduos, assim como aplicar métodos de conservação adequados para garantir a segurança higiênico-sanitária dos alimentos humanos formulados com eles. Além de conhecer a aceitação e a composição destes alimentos, para confirmação de seu potencial de mercado e nutricional.

2.4 MICROBIOTA DA MANDIOCA

As contaminações microbiológicas podem ocorrer em todas as etapas por que passam os produtos agrícolas, desde a colheita até o processamento, a embalagem, o transporte, a estocagem e por diversos meios, seja o solo, a água, o ar, incluindo os diversos contatos físicos, mecânicos ou manuais. No entanto, o desenvolvimento microbiano depende do tipo de substrato em que se constitui o alimento, ou seja, das condições de desenvolvimento

biológico que o produto oferece, notadamente relacionado à disponibilidade de água, necessária aos processos metabólicos (FERREIRA NETO et al., 2004). Portanto, os aspectos microbiológicos são fatores chaves para a utilização dos resíduos de fecularia (cascas e bagaço de mandioca) na alimentação humana.

Micro-organismos são “membros” importantes do ecossistema dos solos. Desempenham papéis significativos nas diversas transformações que ocorrem neste. Uma importante função destes organismos é a decomposição de resíduos orgânicos. Essa decomposição é um processo conduzido por micro-organismos decompositores, que provêm da comunidade biota do solo, incluindo microflora e fauna. Fungos e bactérias são exemplos destes organismos responsáveis pelos processos bioquímicos da decomposição de resíduos orgânicos. Apesar de sua importância no solo, a abundância relativa e distribuição destes organismos é determinada por vários fatores ambientais. O solo é o último destinatário de todas as formas de poluentes ambientais e estes têm efeitos significativos sobre a sua população microbiana (OGBOGHODO; OLUWAFEMI; EKEH, 2006).

É indiscutível que as doenças de origem alimentar são um perigo de grande relevância para a saúde humana e para a economia dos indivíduos, famílias e nações. Os alimentos são passíveis de contaminação por diferentes agentes etiológicos, podendo levar a doenças, manifestadas por ação de micro-organismos patogênicos ou por suas toxinas. Todos os alimentos deveriam ser objeto de exames microbiológicos, que refletiriam as condições higiênicas relacionadas com a produção, o armazenamento, o transporte e o manuseio, a fim de elucidar a ocorrência de enfermidades transmitidas por meio dos mesmos. Assim, a análise microbiológica de alimentos baseia-se na determinação, qualitativa ou quantitativa, de grupos de micro-organismos denominados "indicadores", tais como as bactérias coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais (STAMFORD et al., 2006).

Em um estudo da análise de produtos de mandioca minimamente processada verificaram elevadas contagens microbianas para psicrotróficos, bactérias lácticas, bolores e leveduras, além de coliformes totais e fecais, que são micro-organismos indicadores de más condições higiênicas, fato este explicado pela realização inadequada do processo de lavagem e sanitização nos toletes de mandioca descascados. Esse fato é normal, tendo-se em vista que a matéria-prima é retirada do solo, que é uma fonte rica em micro-organismos. O conjunto de resultados obtidos indica que a mandioca é uma matéria-prima com elevada carga microbiana, com risco significativo de perigos de origem microbiológica, demonstrado pela presença de coliformes totais e fecais (LUND et al., 2005).

Um dos problemas significativos detectados em mandioca minimamente processada comercializada no mercado da Região Sul do estado do Rio Grande do Sul foi a elevada carga microbiana presente no produto, onde foram detectadas contagens de mesófilos acima de $4,7 \times 10^6$ UFC g⁻¹, além de terem sido detectados coliformes totais e fecais (OLIVEIRA, 2003).

A fermentação na mandioca *in natura*, assim como em seus resíduos é um processo espontâneo. Falhas durante o armazenamento de produtos de mandioca podem resultar na deterioração e/ou a sobrevivência de agentes patogênicos, criando, assim, riscos inesperados à sanidade dos produtos alimentícios. Desta forma, tanto do ponto de vista de higiene quanto de segurança, o uso de conservantes é recomendado, já que este inibe o crescimento de bactérias deteriorantes e patogênicas para um produto de qualidade (NÉE KOSTINEK et al., 2008).

Amostras de bagaço de mandioca coletadas em feculárias apresentaram médias de $2,3 \times 10^6$ UFC g⁻¹ para contagem de micro-organismos total em placa, assim como 100 UFC g⁻¹ para bolores e leveduras. Não se obtiveram contagens para micro-organismos passíveis de causarem doenças, tais como bactérias coliformes termotolerantes, *Clostridium* sulfito redutores (44 °C), *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* sp. Em relação às exigências da legislação sanitária brasileira para farinha de mandioca, essas amostras poderiam ser consumidas *in natura* (LEONEL, 2003).

No processo de fermentação da mandioca, os níveis de alguns micro-organismos podem aumentar, enquanto outros, diminuir. Isso favorece a indicação de que as interações entre os agentes antimicrobianos de várias espécies de micro-organismos podem ser importantes na fermentação. Alguns tipos de *Bacillus*, bolores e leveduras interferem na textura da mandioca, através da produção de enzimas hidrolíticas que degradam seus tecidos. Por outro lado, as bactérias lácticas são responsáveis por certa leveza da massa de polvilho e podem ser exemplificadas por *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* e *Leuconostoc mesenteroides*, que são os micro-organismos mais presentes durante o processo de fermentação da mandioca (LACERDA et al., 2005).

Micro-organismos que utilizam o amido como substrato para desenvolvimento e atividade metabólica, geralmente, têm sido preferidos para processos de bioconversão, utilizando bagaço de mandioca, devido ao alto teor de amido presente neste produto. Algumas leveduras e bolores têm sido cultivados em bagaço de mandioca. No entanto, bolores têm sido mais amplamente empregados (CEREDA; VILPOUX, TAKAHASHI, 2003).

No estudo de avaliação da qualidade microbiológica de fermentado de mandioca na Nigéria, a microbiota predominante foi *Leuconostoc* spp., *Lactobacillus* spp., *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., *Streptococcus* spp., tais como coliformes e *Escherichia*

coli. Outros isolados foram *Enterobacter spp.* e *Proteus spp.* As amostras tiveram uma insignificante contagem de coliformes. A contagem de bolores e leveduras variou entre $1,9 \times 10^3$ UFC g⁻¹ e $3,9 \times 10^5$ UFC g⁻¹ nas amostras processadas, em comparação com $1,5 \times 10^3$ UFC g⁻¹ na amostra de partida para o processo de fermentação. *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Saccharomyces spp.* e *Geotrichum candidum* foram os fungos predominantes. A baixa qualidade microbiológica das amostras, processadas tradicionalmente, apela pela urgência na melhoria do processamento e utilização de métodos de conservação, bem como educação adequada dos manipuladores dos locais de produção sobre as boas práticas de fabricação (TSAV-WUA; INYANG; AKPAPUNAM, 2004).

Supondo que as cascas e o bagaço de mandioca obtidos na extração de amido sejam processados na forma de farinhas (secas e moídas) para serem utilizadas como ingredientes de alimentos, estas farinhas não se encontram em nenhum item da RDC nº 12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, que prevê os padrões microbiológicos para alimentos no Brasil. Entretanto no item 10L desta legislação, referente aos “farelos e fibras de cereais, com ou sem mistura de farinhas, de outros produtos de cereais, com ou sem adições de outros ingredientes e similares”, pôde-se enquadrar os alimentos estudados. Além deste item ser mais exigente dentre os produtos similares encontrados nesta legislação. Neste item são estabelecidos os seguintes padrões de micro-organismos a serem pesquisados neste tipo de produto: *Bacillus cereus* (máximo de 5×10^3 UFC g⁻¹), Coliformes a 45 °C (máximo de 5×10^2 UFC g⁻¹) e *Salmonella* sp (ausência em 25 g). Neste trabalho foram pesquisados ainda os Coliformes totais, os Bolores e Leveduras e os Clostrídios Sulfito Redutores, pelo fato da matéria-prima ser proveniente do solo e ter contato direto com a terra (BRASIL, 2001).

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 (KOSTINEK et al., 2007). Micro-organismos indicadores são grupos ou espécies que, quando presentes em um alimento, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação fecal, sobre a provável presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial de um alimento, além de poder indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

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 *B. 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. Outra característica deste micro-organismo é a capacidade de produzir esporos, que são tolerantes a tratamentos térmicos e processos de desinfecção, o que dificulta sua eliminação e aumenta sua patogenicidade (CHISTÉ et al., 2006).

O gênero *Salmonella* pertence à família *Enterobacteriaceae* e compreende os bacilos Gram-negativos não produtores de esporos. São anaeróbios facultativos, produzem gás a partir de glicose (exceto *S. Typhi*) e são capazes de utilizar citrato como única fonte de carbono. Além disso, são responsáveis por vários surtos de toxinfecções alimentares, devido sua alta patogenicidade. A maioria é móvel, apresentando flagelos peritríquios, exceção feita à *S. Pullorum* e à *S. Gallinarum* (OLIVEIRA; SILVA; BRITO, 2007).

Os clostrídios indicam a presença de anaeróbios causadores de toxinfecções como *Clostridium botulinum* e *Clostridium perfringens*. As gastroenterites provocadas pela toxina do Clostrídio sulfito redutor permanecem como uma das doenças de origem alimentar de maior ocorrência na atualidade. Estas bactérias também apresentam em seu ciclo de vida esporos, que são estruturas celulares latentes, e são, indiscutivelmente, as formas mais resistentes de sobrevivência destas bactérias nos alimentos. Em condições ambientais favoráveis, estes esporos se desenvolvem, e continuam o ciclo bacteriano (MESQUITA et al., 2006).

Valores elevados de psicrotróficos, bolores e leveduras em mandioca minimamente processada podem ser explicados, em parte, pelo fato de que, pelo sistema de produção, uma das principais fontes de contaminação é o solo. Sendo assim, há necessidade de medidas que reduzam a carga microbiana, como a sanitização. Em mandioca, a elevada carga de psicrotróficos indica que esse produto pode ter problemas de conservação, mesmo sob refrigeração (LUND et al., 2007).

Um método de conservação do bagaço de mandioca durante o período de armazenamento, após a produção e antes da secagem, poderia ser a acidificação, e no caso das cascas de mandioca, a cloração.

2.5 CLORAÇÃO E ACIDIFICAÇÃO

O cloro é um dos desinfetantes com eficácia comprovada na destruição das células vegetativas e esporos de patógenos de origem alimentar e micro-organismos de deterioração (RUIZ-CRUZ et al., 2007).

Embora o emprego de ozônio, peróxido de hidrogênio e ácido peroxiacético venha sendo testado em alimentos minimamente processados, o uso de produtos à base de cloro

ainda é majoritário (SANT'ANA et al., 2002). Além da importância da escolha do sanitizante mais adequado para determinado alimento, vários autores citam que o controle do pH na solução de sanitização é fundamental para a eficiência da operação. De maneira geral, para sanitização de frutas e hortaliças frescas são recomendadas concentrações de cloro livre entre 50 e 200 ppm, durante 3 a 20 min de exposição do produto ao sanitizante. O teor de cloro livre compreende as formas ácido hipocloroso (HOCl) e o íon hipoclorito (OCl^{-1}) (OLIVEIRA, 2003).

A conservação em pós-colheita das raízes de mandioca é afetada pela alta perecibilidade destas raízes, assim tratamentos de pós-colheita para aumentar a estabilidade das raízes frescas e reduzir as perdas por deterioração fisiológica e microbiana são importantes. Atualmente, é considerado como o melhor tratamento, a lavagem das raízes, sanitização com água sanitária (200 ppm de Cl_2) por 15 min e embalagem em sacos de polietileno (LUND et al., 2007).

Todos os compostos clorados, à exceção do dióxido de cloro, apresentam o mesmo mecanismo de ação. Quando estes produtos estão em solução aquosa, libera-se o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta capacidade de penetrar na célula bacteriana e destruí-la. Nas concentrações recomendadas, os hipocloritos desinfetam superfícies limpas. Quando há considerável resíduo de matéria orgânica e/ou minerais, estes combinam-se à solução de cloro, dando origem ao cloro combinado, que apresenta baixa ação desinfetante (HOFFMANN; GARCIA-CRUZ; VINTURIM, 1995).

A preservação de alimentos pela acidificação é um procedimento muito antigo. Os ácidos atuam sob diferentes formas no processamento de alimentos, além de contribuírem para melhorar a qualidade sensorial e estimular o consumo. Têm sido utilizados como agentes saborizantes, como tampões no controle do pH, conservantes na prevenção do crescimento de micro-organismos e da germinação de esporos, sinergistas aos antioxidantes, na prevenção da rancidez e do escurecimento, modificadores da viscosidade, entre outros. Portanto, o ácido age como um conservante para o alimento, podendo aumentar sua vida-de-prateleira. Um alimento acidificado é definido como um alimento de baixa acidez, ao qual foi adicionado um ácido ou um alimento ácido, para originar um produto que tenha um pH final de equilíbrio de 4,6 ou menor e uma atividade de água acima de 0,85. No caso de vegetais acidificados artificialmente, a acidificação é controlada até o ponto de se ter um produto sem risco de desenvolvimento do *C. botulinum* após a pasteurização ($\text{pH} < 6$), sem afetar, significativamente, o sabor do produto (BENEVIDES; FURTUNATO, 1998).

A aplicação de ácidos orgânicos na superfície de carnes tem sido empregada na redução de populações de bactérias, e assim estender-se a vida-de-prateleira e minimizar-se o risco de doenças transmitidas por alimentos, sem afetar a qualidade sensorial da carne. Por razões de solubilidade, sabor e baixa toxicidade, os ácidos orgânicos de cadeia curta, podem ser usados como preservantes ou acidulantes dos alimentos (VASCONCELOS et al., 2002). A aplicação de ácido láctico é, geralmente, conhecida em carcaças de bovinos e, também, o efeito da temperatura da solução, que aumenta seu efeito de descontaminação. Além disso, é comprovado que o ânion lactato retarda a proliferação de micro-organismos que sobrevivem durante o armazenamento (PIPEK et al., 2005).

A maioria das bactérias tem um pH ótimo para multiplicação próximo da neutralidade ou ligeiramente alcalino (6,8 - 7,5). Algumas preferem um pH mais baixo (4,0 - 6,0), criando elas próprias estas condições ao produzirem ácido através da degradação dos hidratos de carbono. Existem poucas cepas de bactérias que preferem condições fortemente alcalinas (8,5 - 9,0). Já os bolores e leveduras apresentam pH ótimo para proliferação em torno de 4,0, ou seja, ambientes mais ácidos. O comportamento perante a acidez do meio influencia dois aspectos essenciais dos micro-organismos, o local onde existem e os agentes desinfetantes a que são resistentes e sensíveis. Os ácidos orgânicos podem apresentar dois efeitos antimicrobianos, sendo a redução do pH para valores abaixo dos de crescimento e a inibição metabólica pelas moléculas de ácido não-dissociadas. Foi comprovado que o íon lactato pode influenciar o ciclo metabólico dos micro-organismos, o que resulta na redução e inibição da multiplicação das bactérias (JAY, 2005).

A acidificação e a cloração são tratamentos químicos utilizados para o controle da população de bactérias em alimentos. A utilização de bagaço de mandioca na alimentação humana ainda é pouco explorada, isso representa poucos estudos sobre a viabilização de sua utilização. Ou seja, o fato deste resíduo ser aplicado, principalmente, na alimentação animal e adubação, ainda não despertou interesse sobre o controle microbiano neste produto. A acidificação é muito utilizada na conservação de alimentos, contudo, neste tipo de produto, ainda não se conhece sua eficiência. Esta verificação foi uma das vertentes deste estudo, conforme detalhamento dos objetivos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a segurança microbiológica dos resíduos sólidos de fecularia de mandioca (cascas e bagaço), com diferentes tempos de armazenamento a temperatura ambiente, com e sem tratamento químico, e aplicar as cascas e o bagaço de mandioca desidratados na formulação de misturas de bolos sem glúten.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar microbiologicamente as cascas e o bagaço de mandioca, em diferentes tempos de armazenamento à temperatura ambiente no produto *in natura* e após tratamento químico;
- Obter farinhas de cascas e de bagaço de mandioca;
- Fazer a caracterização da cor, pH e umidade e obter a composição centesimal das farinhas de casca e de bagaço de mandioca;
- Desenvolver misturas para bolos com a farinha de casca e de bagaço de mandioca, substituindo a farinha de arroz com base no volume, nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%, visando a alimentação humana;
- Analisar microbiologicamente as farinhas de cascas e bagaço de mandioca e os bolos desenvolvidos;
- Avaliar a aceitação dos bolos por meio de análise sensorial;
- Fazer caracterização física (volume específico, cor e umidade), obter o rendimento e a composição centesimal dos bolos formulados com as farinhas.

4 METODOLOGIA

4.1 MATERIAL

O bagaço e as cascas (cascas e entrecascas) de mandioca da cultivar IAC-12 foram doados pela Fecularia Bela Vista – Febela Ltda., situada em Bela Vista de Goiás-GO. Os demais ingredientes utilizados na formulação dos bolos foram adquiridos no comércio local de Goiânia-GO.

4.2 MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira, foi realizada a caracterização microbiológica das cascas e do bagaço de mandioca, submetidos ou não a tratamento para redução da carga microbiana (solução de hipoclorito de sódio e acidificação com ácido láctico respectivamente), durante seu armazenamento a temperatura ambiente. Na segunda etapa, as amostras que obtiveram melhores resultados microbiológicos foram utilizadas para produção de farinhas, que serviram de base para formulação de misturas para bolos destinados a alimentação humana. As farinhas de cascas e bagaço de mandioca e seus bolos prontos foram submetidos à caracterização física e química. Os bolos, também, foram avaliados quanto aos atributos sensoriais de aparência, sabor, aroma e textura (Figuras 8 e 9).

4.2.1 Coleta das amostras

O processo de produção dos resíduos foi descrito anteriormente na revisão da literatura. As amostras de cascas de mandioca foram coletadas na saída da área de lavagem e descascamento (Figura 10 A), enquanto o bagaço de mandioca, na saída para o silo de armazenamento (Figura 10 B), todos frescos, cada um em triplicata e em três etapas diferentes, a intervalos de 30 dias, e etapa única para formulação dos bolos, utilizando-se sacos de polietileno de baixa densidade Bioline®. As amostras embaladas foram colocadas em caixa isotérmica com gelo mineral, visando a manutenção da temperatura de 0 °C durante o transporte de, aproximadamente, 40 min para o Laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos (LACHSA), da Faculdade de Nutrição (FANUT), Universidade Federal de Goiás (UFG). As amostras de 100 g de cada resíduo *in natura* foram separadas, identificadas

e mantidas em temperatura ambiente, considerando os intervalos de tempo de armazenamento pré-definidos (zero, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h e 72 h após a coleta).

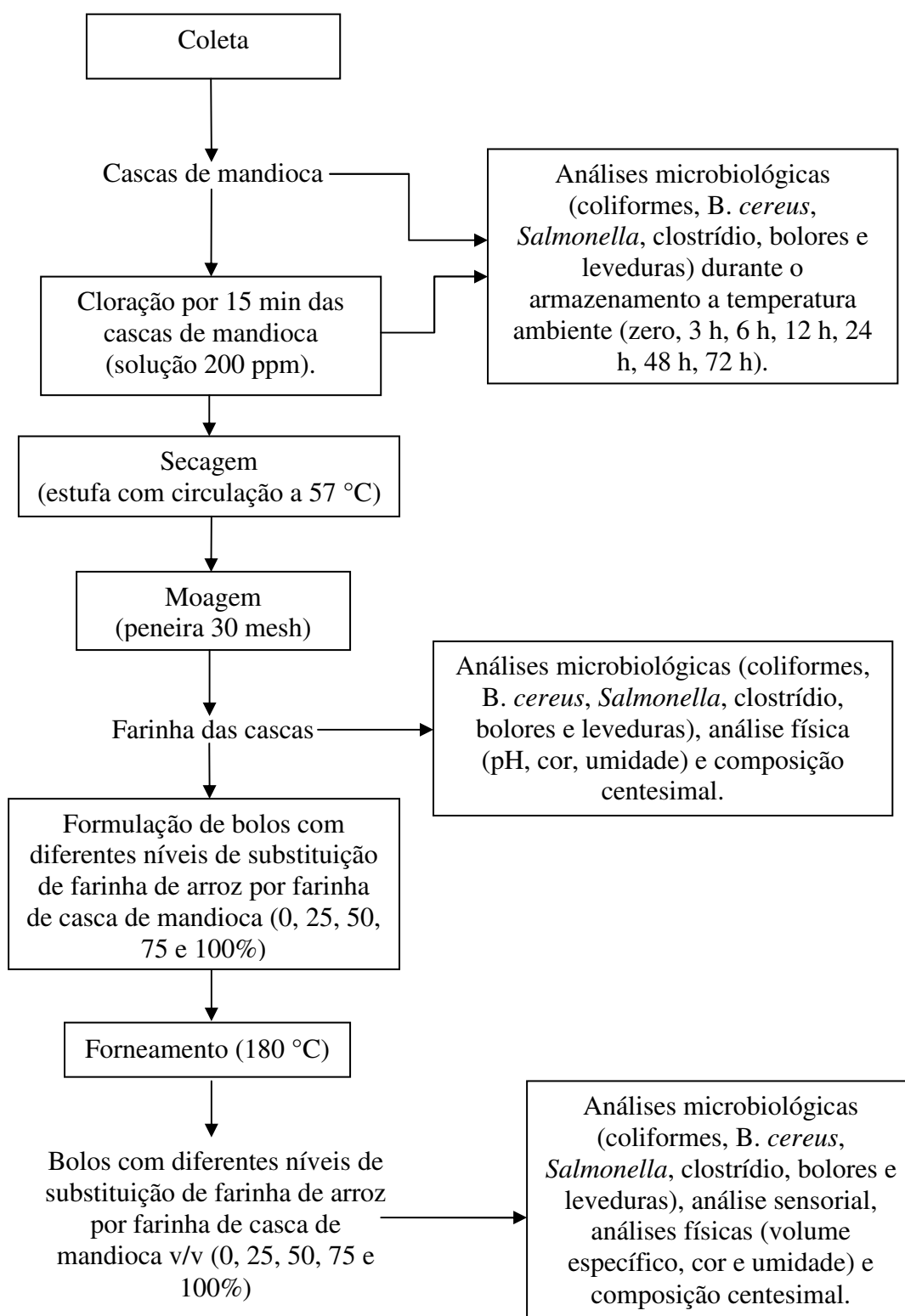


Figura 8. Fluxograma de pesquisa da casca de mandioca

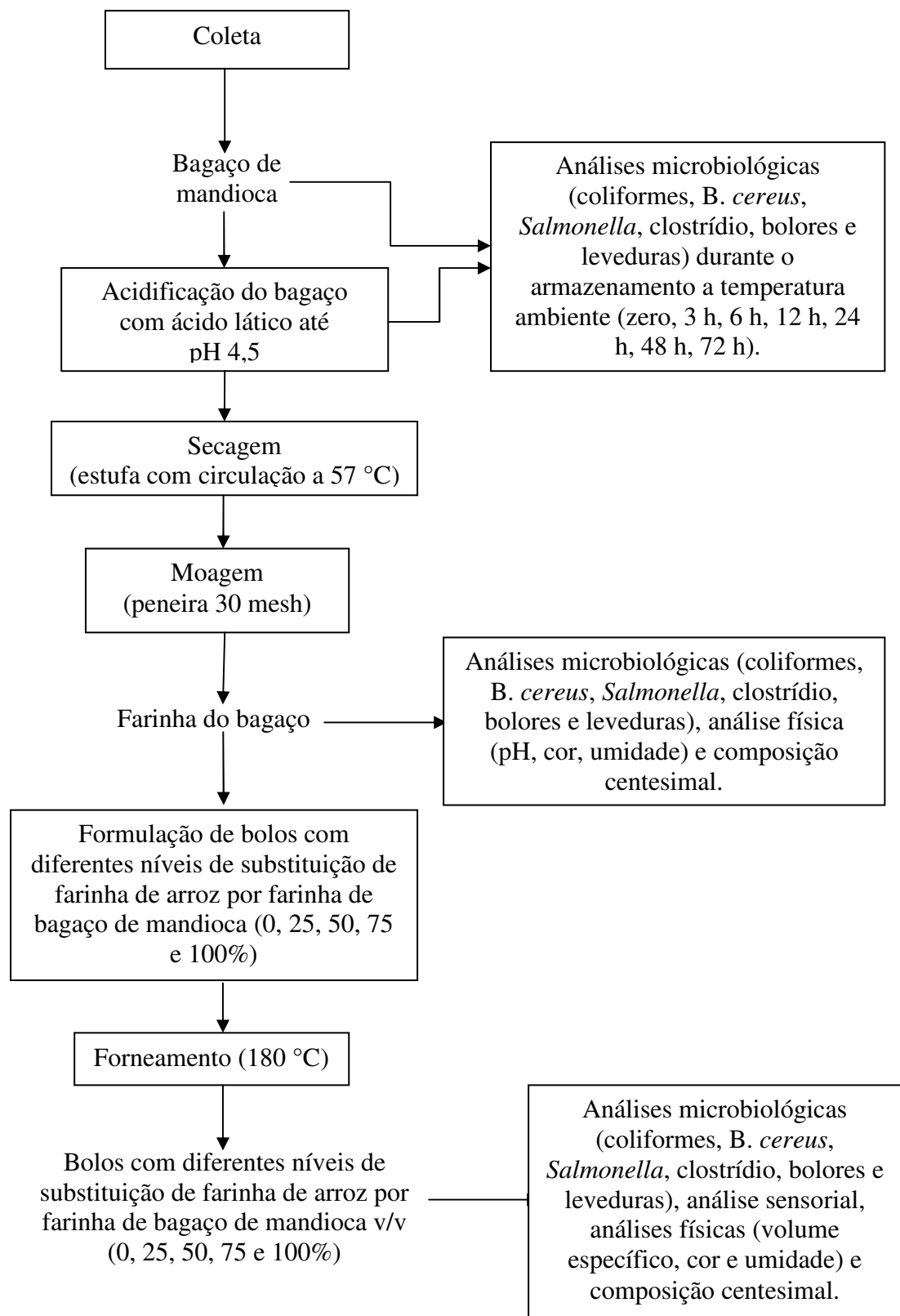


Figura 9. Fluxograma de pesquisa do bagaço de mandioca

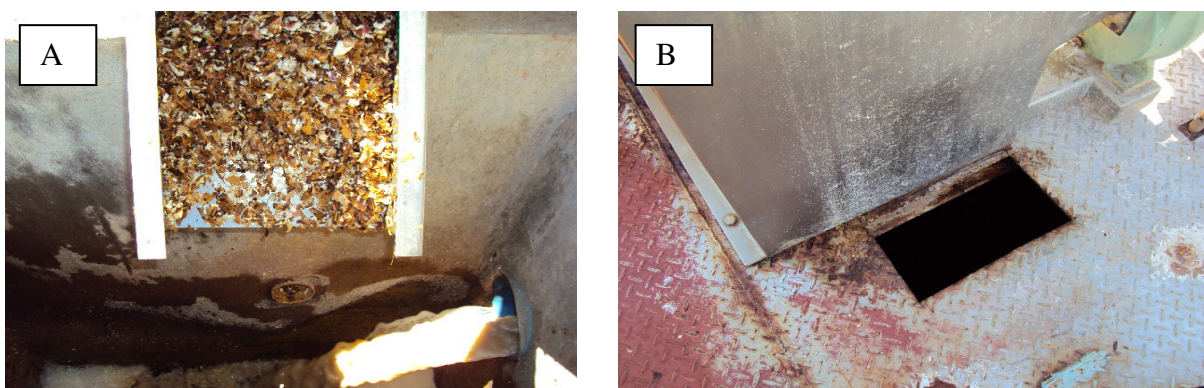


Figura 10. Saída da área de lavagem e descascamento A (cascas) e saída para o silo de armazenamento B (bagaço)

4.2.2 Cloração das cascas de mandioca

As cascas de mandioca foram imersas em solução de hipoclorito de sódio-Cromoline®, na concentração de 200 ppm, por 15 min (valores confirmados com fitas de cloro-teste-Hidroall®), visando a redução ou a eliminação da carga microbiana, paralelamente a separação das amostras *in natura*. Em seguida, estas amostras foram separadas e identificadas, seguindo os mesmos procedimentos citados anteriormente.

4.2.3 Acidificação do bagaço de mandioca

O bagaço foi pulverizado com solução de ácido láctico absoluto-Sinth® 0,12 M em quantidade suficiente para atingir pH de 4,5, valor conferido com potenciômetro digital (Hanna Instruments, HI9224, Singapore, China) e quantidade estabelecida em testes prévios. Utilizou-se para aplicação do ácido um borrifador de plástico manual sanitizado e a homogeneização foi feita com auxílio de espátulas estéreis. Em seguida, as amostras foram separadas e identificadas, seguindo os mesmos procedimentos citados anteriormente.

4.2.4 Análise microbiológica do bagaço e das cascas, durante o armazenamento à temperatura ambiente

As análises microbiológicas das cascas e do bagaço de mandioca foram realizadas em intervalos de tempo pré-definidos (zero, 3h, 6 h, 12 h, 24 h, 48 h e 72 h após a coleta), sendo pesquisados, segundo o item 10L da RDC nº 12 da ANVISA, contagem de *Bacillus cereus*, de coliformes a 45 °C e presença de *Salmonella* sp, além de contagem de Bolores e Leveduras e Clostrídios Sulfito Redutores, pelo fato da matéria-prima ser proveniente do solo e ter contato direto com a terra, seguindo técnica descrita pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

4.2.4.1 Processamento da amostra

Durante o processamento das amostras, primeiramente, foram retirados 25 g da amostra (massa determinada em balança semi-analítica). Esta sub-amostra foi transferida para saco plástico esterilizado Baglight®, em seguida adicionaram-se 225 mL de água peptonada a 0,1% e homogeneizou-se por 2 min, obtendo, assim, a diluição 10^{-1} . Desta diluição, foram obtidas as demais diluições (10^{-2} e 10^{-3}). A semeadura foi realizada no prazo máximo de 10 à 15 min e o restante da amostra foi conservada sob refrigeração ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$), caso houvesse necessidade de repetir a análise (APHA, 2001).

4.2.4.2 Contagem de *Bacillus cereus*

A contagem de *Bacillus cereus* foi realizada por meio de semeadura em superfície, onde foi distribuído 0,1 mL de cada diluição em ágar manitol gema de ovo polimixina (MYP), adicionado de solução de gema de ovo a 50% e distribuídas com alças de Drigalsky. As placas foram incubadas a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 - 48 h. Das colônias consideradas suspeitas, foram realizadas as seguintes provas: motilidade, redução do nitrato e beta-hemólise (APHA, 2001).

4.2.4.3 Contagem de coliformes totais e termotolerantes ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Na pesquisa de coliformes totais, foi distribuído 1,0 mL de cada diluição no centro da placa de Petri e adicionados 15 mL do Ágar Cristal Violeta Vermelho Neutro Bile (VRBA), depois homogeneizou-se e reservou-se até a solidificação. As placas invertidas foram incubadas a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 – 48 h. Após, foram selecionadas as placas com 10 a 150 colônias para realizar a confirmação. Com a alça de platina, foram inoculadas 3 a 5 colônias em tubos contendo Caldo Verde Brilhante Bile 2% de lactose. Estes foram incubados a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h (APHA, 2001).

A pesquisa de coliformes termotolerantes ($45\text{ }^{\circ}\text{C}$) dentre os totais foi feita por meio de provas a partir das placas de VRBA, utilizadas na contagem dos coliformes totais. Selecionaram-se 3 – 5 colônias típicas que foram inoculadas em tubos com caldo EC (Caldo para *E. Coli*), incubados a $44,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. A partir do caldo EC, foram realizadas provas do IMVIC (APHA, 2001).

4.2.4.4. Presença de *Salmonella* sp

Para a pesquisa de *Salmonella* sp realizou-se, primeiramente, o pré-enriquecimento, que é a mistura de 25 g da amostra em 225 mL de água peptonada à 1% tamponada, e incubou-se à $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h. Na solução de enriquecimento seletivo, pipetaram-se alíquotas

de 1 mL, que foram transferidas para um tubo contendo 10 mL de caldo tetrationato e outro com caldo selenito cistina. Os tubos foram incubados a 43 °C por 24 h em banho-maria. A solução originada foi isolada em ágar seletivo. A partir dos caldos de enriquecimento seletivo, o inóculo foi semeado por estrias em placas com ágar para *Salmonella-Shigella* (SS) e ágar Xilose-Lisina-Desoxicolato (XLD), incubado a 35 °C por 24 h, depois observou-se a presença de colônias típicas. Quando houve a presença de colônias típicas procedeu-se a identificação dos sorovares (APHA, 2001).

4.2.4.5 Contagem de *Clostrídio sulfito redutor*

Para a contagem de *Clostrídio sulfito redutor* realizou-se a semeadura de 1,0 mL das diluições por sobrecamada em ágar Sulfito-Polimixina-Sulfadiazina (SPS), incubados sob anaerobiose e a 46 °C por 24 a 48 h. A confirmação das colônias suspeitas foi realizada através das provas bioquímicas de fermentação tempestuosa, motilidade, redução do nitrato, fermentação da lactose e liquefação da gelatina (APHA, 2001).

4.2.4.6 Contagem de bolores e leveduras

Para bolores e leveduras, a semeadura, também, foi em superfície, inoculando-se 0,1 mL de cada diluição em placas contendo Ágar Batata (AB) acidificado até pH 3,5 com solução de ácido tartárico 10%. Em seguida, as placas com os inóculos foram incubadas em estufa a 25 °C por 3 a 5 dias. Após este período, foram verificadas e quantificadas as contagens de bolores e leveduras (APHA, 2001).

4.2.5 Aferição do pH das cascas e do bagaço de mandioca, durante o armazenamento à temperatura ambiente

Foram avaliados os valores de pH das amostras *in natura* e tratadas nos mesmos tempos de armazenamento citados anteriormente, utilizando-se potenciômetro digital (Hanna Instruments, HI9224, Singapore, China) e técnica descrita pelo Instituto Adolf Lutz (INSTITUTO..., 2008), que consiste em pesagem de 10 g da amostra em balança semi-analítica, seguida de diluição em 100 mL de água destilada, e por último determinação do pH em equipamento devidamente calibrado.

4.2.6 Processamento das farinhas de cascas e de bagaço de mandioca

As cascas e o bagaço de mandioca foram secos em estufa com circulação de ar (Tecnal, TE394/3, Piracicaba-SP, Brasil) (Figura 11 A e B), no Laboratório de Vegetais (LV),

da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EA), da UFG, em temperatura de 57 °C, até atingirem 14% de umidade ($\pm 1\%$). Em cada bandeja foram colocados 2 kg de cascas ou bagaço. A temperatura de secagem utilizada está relacionada às condições em que os grânulos de amido começam a inchar pelo conjunto de entrada de água e calor, indicada pelo aumento da viscosidade que corresponde à temperatura de gelatinização, que segundo Daiuto, Cereda e Carvalho (2002), em amido de mandioca variou de 61,5 a 64,5°C.

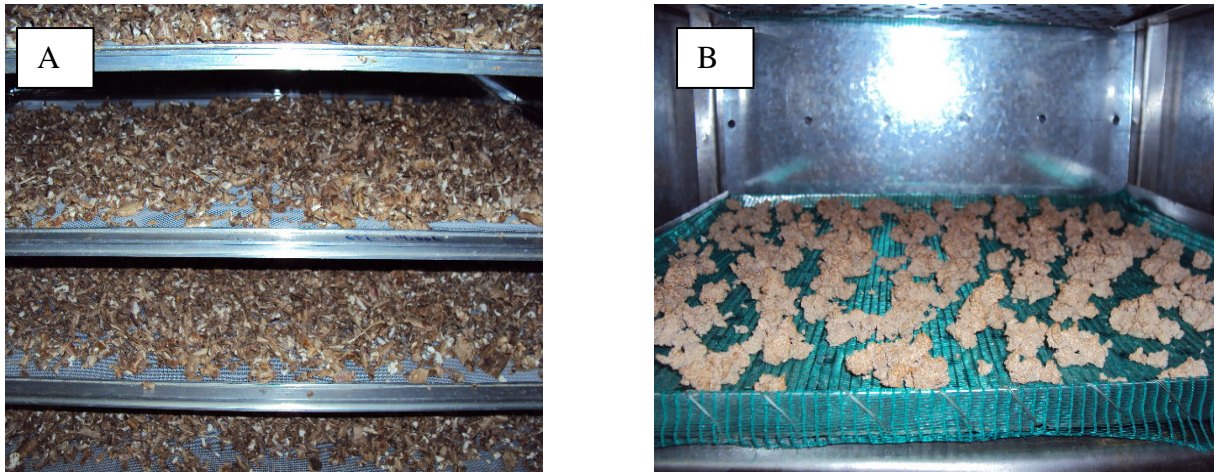


Figura 11. Secagem da casca (A) e do bagaço (B) de mandioca em estufa com circulação de ar

Após a secagem, os resíduos passaram por moinho (Marconi, MA-090 CET, Piracicaba-SP, Brasil) (Figura 12 A), no Laboratório de Nutrição Experimental (LANUTE), da FANUT, da UFG, com peneira de 30 mesh, para obtenção das farinhas de cascas de mandioca (FCM) (Figura 12 A) e de bagaço de mandioca (FBM) (Figura 12 B). As farinhas foram armazenadas sob congelamento (-18 °C) até a realização das análises físicas e químicas.



Figura 12. Moinho e cascas desidratadas antes e após moagem (A) e bagaço desidratado antes e após moagem (B)

4.2.7 Processamento das misturas para bolo sem glúten

Os bolos foram formulados no Laboratório de Nutrição e Dietética (LANUD), da FANUT, UFG, com diferentes níveis de substituição (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) de farinha de arroz (FA) por farinha de casca de mandioca (FCM) ou farinha de bagaço de mandioca (FBM), com base em volume (v/v), conforme tabela 4. A escolha da substituição das farinhas com base em volume deveu-se ao fato das mesmas apresentarem densidades muito distintas, $0,92 \text{ g mL}^{-1}$, $0,49 \text{ g mL}^{-1}$ e $0,44 \text{ g mL}^{-1}$, respectivamente para FA, FCM e FBM. A substituição total com base em massa foi inviável, devido a impedimentos tecnológicos, observados durante os testes preliminares, como a excessiva absorção de água pela FCM e FBM, que tornou a massa densa e pouco homogênea, ou seja, imprópria para produção de bolos, que necessitam de massa aerada para obtenção de características físicas desejáveis. Assim, para estudo das características físicas e químicas dos bolos utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições.

Tabela 4. Formulação dos bolos experimentais com cascas ou bagaço de mandioca

Ingredientes	Tratamentos				
	Bolo 1	Bolo 2	Bolo 3	Bolo 4	Bolo 5
Açúcar cristal (g)	109,5	109,5	109,5	109,5	109,5
Leite pasteurizado integral (mL)	98	98	98	98	98
Margarina vegetal sem sal (g)	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5
Fermento químico em pó (g)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Ovo (und)	97	97	97	97	97
Água (mL) ¹	-	-	-	-	-
Farinha de arroz (mL)	200	150	100	50	-
Farinha de casca de mandioca (mL) ²	-	50	100	150	200
Farinha de bagaço de mandioca (mL) ²	-	50	100	150	200

¹Água utilizada em quantidade suficiente para homogeneização da massa.

²Os bolos foram formulados com farinha de casca de mandioca ou farinha de bagaço de mandioca separadamente, sem mistura das duas farinhas em nenhum tratamento.

A técnica de preparo padrão foi utilizada para obtenção da massa dos bolos e constituiu-se dos seguintes processos: pré-aquecimento do forno a 180°C ; recobrimento da forma com margarina e FA; separação da gema da clara; bateção das claras até o ponto de neve; bateção da gema, açúcar e margarina por 5 min em batedeira planetária; mistura desta massa com a mistura para bolo experimental e o leite; bateção por mais 10 min; mistura lenta e delicada da clara em neve e do fermento em pó à massa, com auxílio de uma espátula; colocação da massa na forma e forneamento por, aproximadamente, 40 min. Antes de desinformar aguardou-se o resfriamento até a temperatura ambiente.

4.2.8 Análise sensorial dos bolos

Foi realizado o teste de aceitação dos atributos aparência, textura, aroma e sabor com escala hedônica, em que o indivíduo expressou o grau de gostar ou de desgostar do produto. Utilizou-se escala hedônica de nove pontos (APÊNDICE A), que contem os termos extremos entre “desgostei muitíssimo” e “gostei muitíssimo”, e ponto intermediário com o termo “nem gostei; nem desgostei”. Verificou-se, também, a intenção de compra de cada bolo, em escala contendo os termos extremos “certamente compraria” e “certamente não compraria” e ponto intermediário “talvez comprasse / talvez não comprasse” (STONE; SIDEL, 1993). Foram recrutados 40 consumidores não treinados, adultos (19 a 30 anos) de ambos sexos, conforme interesse e disponibilidade em participar da pesquisa. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados. Os bolos foram elaborados no LANUD, servidos aleatoriamente e avaliados no Laboratório de Análise Sensorial da FANUT/UFG, em cabines individuais iluminadas com luz vermelha para os atributos de sabor, aroma e textura (Figura 13 A). Os bolos foram produzidos considerando todas as normas de boas práticas na fabricação de alimentos, no dia da análise, e armazenados em condições seguras para manter suas características sensoriais e higiênico-sanitárias. A amostra foi servida em temperatura ambiente e em porções uniformes de aproximadamente 30 g, apresentadas de forma monádica sequencial, em pratos plásticos descartáveis codificados com números de três dígitos (Figura 13 B). A aparência dos produtos foi avaliada de forma casualizada em blocos completos, independente das características de sabor, aroma e textura. A aparência global foi julgada com as amostras dispostas em pratos de fundo branco, codificados com números de três dígitos, iluminados por luz fluorescente. Foi considerado o ponto de corte seis, que corresponde a “gostei levemente” na escala hedônica de nove pontos, como limite mínimo para aceitação dos bolos (INSTITUTO...,2008).

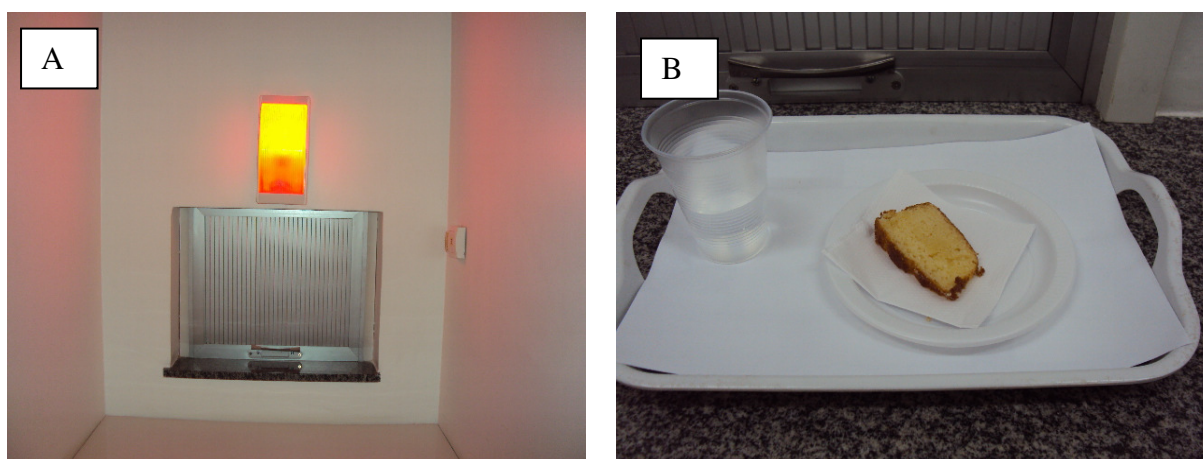


Figura 13. Cabine da análise sensorial (A) e disposição das amostras aos provadores (B)

4.2.9 Características físicas e físico-químicas

As farinhas foram caracterizadas em relação ao pH, cor e umidade e nos bolos ainda foram avaliados o volume específico e índice de rendimento. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.9.1 pH

Os valores de pH das farinhas de arroz, de casca e de bagaço de mandioca foram aferidos com potenciômetro digital (Hanna instruments, HI9224, Singapore, China) e técnica descrita pelo Instituto Adolf Lutz (INSTITUTO..., 2008).

4.2.9.2 Cor

Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) das farinhas de arroz, de casca e de bagaço de mandioca, assim como os bolos experimentais, foram realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas de Alimentos (LAFIQIA)/EA/UFG, por meio do colorímetro (Hunterlab, Colorquest II, Reston-Virgínia, USA). Inicialmente, o instrumento foi calibrado com as placas branca e preta. Foi considerado o iluminante $D_{65}/10^\circ$. 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 das farinhas foram colocadas sobre o sensor ótico de 2,54 mm, realizando-se três repetições para cada amostra e a leitura em duas posições diferentes, conforme o manual do equipamento, já os bolos foram cortados e colocados na cubeta sobre o sensor ótico e avaliados da mesma forma que as farinhas (HUNTERLAB, 1998).

4.2.9.3 Umidade

A umidade foi avaliada no Laboratório de Análise de Alimentos (LANAL)/FANUT/UFG. Para as farinhas de arroz, de cascas e de bagaço de mandioca, foi utilizado método de aquecimento a 105°C , por 5 h, que oferece valor representativo da umidade livre, na temperatura de secagem, pois certa quantidade de água permanece retida, provavelmente ligada às proteínas. Foi pesado 5 g de amostra em pesa-filtro, previamente aquecido em estufa a 105°C por 1 h e resfriado em dessecador até temperatura ambiente e pesado; em seguida as amostras foram pré-aquecidas em estufa (Fanem, 315SE, São Paulo-SP, Brasil) por 5 h; resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas; a operação

foi repetida até peso constante, segundo método nº 925.10 da AOAC International (1997). Para os bolos experimentais, foi utilizada estufa à vácuo (Tecnal, TE-395, Piracicaba-SP, Brasil), por serem produtos ricos em açúcar e susceptíveis a reação de *Mayllard* em estufa simples. Pesou-se 5 g de amostra em cápsula, previamente tarada, e aquecida durante 6 h em estufa a vácuo a 70 °C, sob pressão reduzida ≤ 100 mm de mercúrio (13,3 kPa), em seguida foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. A operação foi repetida até peso constante, de acordo com o método nº 926.12 da AOAC International (1997). A umidade foi calculada segundo a equação 1.

$$Umidade[g(100g)^{-1}] = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

N = nº de g de umidade (perda de massa em g);

P = nº de g da amostra.

4.2.9.4 Volume específico

Amostras dos bolos de cada formulação, foram avaliadas em relação à massa e ao volume específico. As análises foram conduzidas com quatro bolos, elaborados sequencialmente. A caracterização foi realizada quando os bolos atingiram a temperatura ambiente. O volume específico foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Camargo, Leonel e Mischon (2008), pelo método de deslocamento de painço. O bolo foi colocado em um recipiente de volume conhecido (4 L) 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 recipiente, previamente tarado com semente de painço. Em seguida, o recipiente foi nivelado com o auxílio de uma régua e o volume do painço presente no mesmo foi medido com proveta, sem a presença do bolo. A massa dos bolos foi obtida em balança semi-analítica. As determinações do volume e volume específico dos bolos foram realizadas no LAFIQA/EA/UFG e calculados conforme as Equações 2 e 3, respectivamente:

$$VB(cm^3) = VP - VPB \quad \text{Equação (2)}$$

$$VE(cm^3 g^{-1}) = \frac{VB}{MB} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

VB = volume do bolo;

VP = volume da proveta;

VPB = volume da proveta com bolo;

VE = volume específico;

MB = massa do bolo.

4.2.9.5 Índice de rendimento

O índice de rendimento (IR) foi calculado pela razão entre a massa do bolo pronto e a somatória das massas dos ingredientes, com exceção da água segundo Ornellas (2001), no LANUD/FANUT/UFG, seguindo equação 4.

$$IR = \frac{MB}{\sum MI} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

IR = índice de rendimento;

MB = massa do bolo (g);

$\sum MI$ = somatória da massa dos ingredientes (g).

4.2.10 Composição centesimal

As farinhas e os bolos foram avaliados em relação ao conteúdo de cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos, fibras alimentares totais, solúveis, insolúveis e valor energético total. Todas as determinações químicas foram feitas no LANAL/FANUT/UFG, exceto a composição em fibras alimentares que foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos do Departamento de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Londrina.

4.2.10.1 Cinzas

Foram pesados 5 g de amostra em cápsula de porcelana, previamente aquecida em mufla a 550 °C, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. Em seguida, a amostra foi seca em estufa, carbonizada em temperatura baixa (fogareiro) e incinerada em mufla a 550 °C. Por último, foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. As operações de aquecimento e resfriamento repetiram-se até peso constante, seguindo

método nº 923.03 AOAC Internacional (1997). O teor de cinzas foi calculado utilizando a equação 5.

$$\%Cinzas[g(100g)^{-1}] = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

N = nº de g de cinzas

P = nº de g da amostra

4.2.10.2 Proteínas

Para determinação do teor de proteínas foi pesado exatamente 0,2 g de amostra e transferida para um tubo de digestão. Depois, adicionou-se 1 g de mistura catalisadora e 5,0 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Iniciou-se a digestão com 50 °C e aumentou-se gradativamente a temperatura de 50 °C por vez, até 300 – 350 °C, evitando a formação de espuma. Após atingir a temperatura de digestão, o processo continuou até as paredes internas do tubo ficarem perfeitamente limpas, a fumaça branca de SO₂ (dióxido de enxofre) praticamente cessar e o líquido apresentar coloração verde-esmeralda límpida. Após esfriar, o tubo de digestão foi conectado ao aparelho de destilação, que estava com a ponta do condensador mergulhada em 10 mL de solução de H₃BO₃ (ácido bórico), contendo 3 ou 4 gotas do indicador de Andersen, em erlenmeyer de 250 mL graduado. Em seguida, foi adicionada lentamente a solução de NaOH 50% (hidróxido de sódio) ao tubo contendo a amostra, até o aparecimento de precipitado pardo escuro de CuO (óxido cúprico) e procedeu-se a destilação de forma moderada, atingido o volume de 100 mL. Por último, titulou-se o destilado com solução de HCL (ácido clorídrico) 0,02 N. Para conversão do nitrogênio em proteína, foi usado fator de correção 5,95 para a FA e 6,25 para as demais amostras, segundo método nº 960.52 AOAC Internacional (1997). Para o preparo da mistura catalizadora, misturou-se em um graal, dióxido de titânio (TiO₂), sulfato de cobre (CuSO₄) e sulfato de potássio (K₂SO₄), na proporção de 0,3 : 0,3 : 10,0, respectivamente. Triturou-se com pistilo até obter-se uma mistura bem fina e homogênea. Para fazer o indicador de Andersen, preparou-se solução de vermelho de metila 0,1 g em 75 mL de álcool etílico 96 ° GL (a) e solução de azul metileno 0,1 g em 80 mL de álcool a 96 ° GL (b); misturaram-se 50 mL de (a) com 25 mL de (b). Para padronização do HCl para Kjeldahl mediu-se 1,7 mL de HCl comercial e completou-se com água destilada para 1000 mL em balão volumétrico. Para padronização com Na₂CO₃, pesou-se 0,0265 g de Na₂CO₃ seco em estufa a 100 °C por 2 h,

colocou-se em erlenmeyer e acrescentou-se 60 mL de H₂O destilada fervida e resfriada. Colocaram-se 3 gotas de indicador de Andersen (para fazer um branco) e titulou-se com HCl 0,02 N preparado.

Para o cálculo da normalidade padronizada, utilizou-se a equação 6 e para o cálculo do teor de nitrogênio e de proteína bruta a equação 7 e 8, respectivamente.

$$N = \frac{18,8714 \times m[\text{peso}(g) \text{ do } Na_2CO_3]}{V(mL) \text{ do HCl (gasto na titulação)}} \quad \text{Equação (6)}$$

$$\%N = \frac{mL(HCl) \times N(HCl) \times 0,014 \times 100}{\text{peso}(g) \text{ amostra}} \quad \text{Equação (7)}$$

$$\% \text{ Proteína bruta} = \%N \times \text{fator de correção} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

N = normalidade HCl;

%N = percentual de nitrogênio.

4.2.10.3 Lipídeos

Pesaram-se 3 g de amostra em papel de filtro; o qual foi transferido para o aparelho extrator tipo Soxhlet. O extrator foi acoplado ao balão de fundo chato, previamente tarado a 105 °C. Adicionou-se éter em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio. O balão foi aquecido em chapa elétrica, e iniciou-se o processo de extração que durou aproximadamente 8 h. Ao final da extração, o cartucho foi retirado, o éter restante destilado e o balão com o resíduo extraído levado para uma estufa a 105 °C, mantendo por cerca de 1 h. Por fim, os balões foram resfriados em dessecador até a temperatura ambiente e pesados. A análise seguiu técnicas do método nº 920.39 AOAC Internacional (1997). Para cálculo do teor de lipídeos, utilizou-se a equação 9.

$$\text{Lipídeos} [g(100g)^{-1}] = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

N = nº de g de lipídios

P = nº de g da amostra

4.2.10.4 Fibra alimentar

Para determinação do teor de fibras, utilizou-se a amostra desengordurada da extração por Soxhlet, seguindo método enzimático-gravimétrico nº 985.29 AOAC Internacional (1997). O método consistiu em pesar, em triplicata, ao redor de 1 g de amostra (com precisão de 0,1 mg) em um béquer de 250 mL. Adicionaram-se em cada béquer 50 mL de tampão fosfato pH 6,0. Adicionou-se 0,1 mL de alfa-amilase termo resistente. A mistura foi tampada com folha de alumínio e aquecida em banho-maria em ebulição, por 30 min, com agitação a cada 5 min. Depois as amostras foram esfriadas a temperatura ambiente. Acertou-se o pH para $7,5 \pm 0,1$ adicionando em torno de 10 mL de NaOH 0,275 N e, a seguir, acrescentou-se 0,1 mL de protease [$5 \text{ mg } (0,1 \text{ mL})^{-1}$]. Tampou-se novamente com folha de alumínio e incubou-se a 60 °C com agitação horizontal (100 r.p.m.). Esfriaram-se as amostras a temperatura ambiente. Acrescentou-se 0,3 mL de amiloglicosidase, tampou-se novamente com folha de alumínio e incubou-se por 30 min a 60 °C com agitação horizontal (100 r.p.m.). A partir desse hidrolisado, pôde-se determinar os teores fibra alimentar total (FAT), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar solúvel (FAS).

Fibra Alimentar Total

Transferiu-se, quantitativamente, o hidrolisado (amostra ou branco) para uma proveta e acertou-se o volume para 100 mL com água destilada. Transferiu-se para um béquer de 600 mL e adicionaram-se 400 mL de etanol 98% a 60 °C (mediu-se o volume antes de aquecer o etanol). Deixou-se a mistura em repouso à temperatura ambiente por 1 h para que toda a FAS se precipitasse. Pesaram-se os cadinhos com a lâ de vidro (3 para a amostra e 3 para o ensaio em branco). Lavaram-se os cadinhos com o auxílio de vácuo com etanol a 78%. Filtrou-se, quantitativamente, a solução alcoólica contendo o resíduo e o precipitado formado. Lavou-se o resíduo final três vezes com 20 mL de etanol a 78%, duas vezes com 20 mL de etanol a 95% e duas vezes com 20 mL de acetona. Os resíduos resultantes, da análise da amostra e do ensaio em branco, após secagem em estufa a 105 °C durante a noite corresponderam, respectivamente, ao Resíduo Total (RT) e ao Resíduo Total do Branco (RTB). A seguir, dois cadinhos da amostra e dois do ensaio em branco foram levados à mufla a 525 °C por 5 h, para determinar a cinza do RT e RTB. Os outros quatro cadinhos (dois da amostra e dois do ensaio em branco) foram utilizados para determinar a proteína do RT e RTB. Utilizou-se a equação 10 para calcular o teor de fibras totais.

$$\%FAT = \frac{RT - P - C - BT}{m} \times 100\% \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

RT = média do resíduo total da amostra (mg);

P = média de proteína do RT (mg);

C= média de cinzas do RT (mg);

m= média do peso das amostras (mg);

BT= RTB-PB-CB;

RTB= média do resíduo total do branco (mg);

PB= média de proteínas no RTB (mg);

CB= média de cinzas no RTB (mg).

Fibra Alimentar Insolúvel

Novamente, pesaram-se os cadinhos com lâ de vidro (3 para amostra e 3 para o ensaio em branco). Lavaram-se os cadinhos com auxílio de vácuo. Lavou-se o resíduo três vezes com 10 mL de H₂O. O filtrado e as águas de lavagem foram reservadas para posterior determinação da FAS. Lavou-se o resíduo duas vezes com 20 mL de etanol a 95% e duas vezes com 20 mL de acetona. Os resíduos resultantes da análise da amostra e do ensaio em branco, após secagem em estufa a 105 °C durante a noite, correspondendo, respectivamente, ao Resíduo Insolúvel (RI) e ao Resíduo Insolúvel do Branco (RIB). A seguir, dois cadinhos da amostra e dois do ensaio em branco foram levados á mufla a 525 °C por 5 h, para determinar a cinza no RI e RIB. Os outros quatro cadinhos (dois para amostra e dois para o ensaio em branco) foram utilizadas para determinar a proteína do RI e RIB. Utilizou-se a equação 11 para calcular o teor de fibras insolúveis das amostras.

$$\%FAI = \frac{RI - P - C - BI}{m} \times 100\% \quad \text{Equação (11)}$$

Onde:

RI= média do resíduo Insolúvel da amostra (mg);

P= média de proteína no RI (mg);

C= média de cinzas no RI (mg);

m= média do peso amostra (mg);

BI= RIB-PB-CB;

RIB= média do resíduo insolúvel do branco (mg);

PB= média de proteínas no RIB (mg);

CB= média de cinzas no RIB (mg).

Fibra Alimentar Solúvel

Foi transferido, quantitativamente, o filtrado com as águas de lavagem (amostra ou branco), contidas no Kitasato, para uma proveta e acertou-se o volume para 1000 mL com água destilada. Transferiu-se para um béquer de 600 mL e adicionaram-se 400 mL de etanol 98% a 60 °C. Utilizou-se uma parte do etanol para remover, quantitativamente, a fibra que ficou aderida nas paredes do Kitasato e da proveta. Deixou-se em repouso a temperatura ambiente por 1 h para que toda a FAS se precipitasse. Pesaram-se os cadinhos com lâ de vidro (3 para a amostra e 3 para o ensaio em branco). Lavaram-se os cadinhos com auxílio de vácuo com etanol a 78%. Filtrou-se, quantitativamente, o hidrolisado contendo o precipitado formado. Lavou-se o precipitado três vezes com 30 mL de etanol a 78%, duas vezes com 20 mL de etanol a 95% e duas vezes com 20 mL de acetona. Os resíduos resultantes da análise da amostra e do ensaio em branco, após secagem em estufa a 105 °C durante a noite corresponderam ao Resíduo Solúvel (RS) e Resíduo Solúvel do Branco (RSB). A seguir, 3 cadinhos da amostra e 3 do ensaio em branco foram levados a mufla a 525°C por 5 h para determinar a cinza RS e RSB. Os outros 4 cadinhos (2 para a amostra e 2 para o ensaio em branco) foram utilizados para determinar a proteína do RS e RSB. Foi utilizada a equação 12 para fazer o cálculo do teor de fibras solúveis nas amostras.

$$\% FAS = \frac{RS - P - C - BS}{m} \times 100\% \quad \text{Equação (12)}$$

Onde:

RS= média do resíduo solúvel da amostra (mg);

P= média de proteína no RS (mg);

C= média de cinzas no RS (mg);

M= média do peso da Amostra (mg);

BS= RSB – PB – CB;

RSB= média do resíduo solúvel do branco (mg);

PB= média de proteína no RSB (mg);

CB= média de cinzas no RSB (mg).

4.2.10.5 Carboidratos e valor energético total

Os carboidratos foram calculados pelo método de diferença, subtraindo-se de cem os valores de cinzas, proteínas, lipídeos e fibras alimentares insolúveis. O valor energético total foi estimado seguindo os valores de conversão de Atwater, onde multiplicou-se o conteúdo de

carboidrato e proteína por quatro e o de lipídeos por nove, os produtos somados constituíram o valor energético total (MERRIL; WATT, 1975 apud WILSON; SANTOS; VIEIRA, 1982).

4.2.11 Aspectos éticos

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG, com o número de protocolo 0161/10. Todos os provadores foram esclarecidos sobre as características do estudo e aqueles que concordaram em participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (APÊNDICE B).

4.2.12 Análise estatística

Os resultados da análise microbiológica das cascas e do bagaço de mandioca, *in natura* e tratados, em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente, foram avaliados por meio de análise de variância, modelos de regressão, gráficos e as médias em cada tempo foram comparadas pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Determinaram-se as médias e os desvios-padrão das características físicas e químicas da FA, FCM e FBM, sendo as médias comparadas pelo teste F. Os dados físicos, químicos e sensoriais dos bolos foram avaliados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o aplicativo Statistica 7.0 (STATSOFT STATISTICA, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CASCAS DE MANDIOCA

5.1.1 Efeito da sanitização sobre o pH e a microbiota das cascas de mandioca durante armazenamento a temperatura ambiente

As médias de pH da casca de mandioca *in natura* (CMIN) e sanitizada (CMS), estão apresentadas na tabela 5. Os valores de pH variaram entre 5,2 a 4,3 na CMIN, enquanto na CMS entre 5,6 e 4,4. Os tratamentos só apresentaram diferença significativa em relação ao pH nos tempos 6 h, 12 h e 48 h ($p \leq 0,05$), verificando-se valores maiores na CMS. Na amostra de CMIN com 6 h de armazenamento, o pH já encontrava-se em 4,9, enquanto na amostra de CMS apenas em 12 h o pH chegou próximo a este valor. Estes resultados demonstram que a sanitização contribuiu para manutenção dos níveis de pH, ou seja, inibiu a fermentação do produto por mais tempo, até 12 h. Pois, a fermentação geralmente resulta na formação de ácidos, que diminuem o pH (LACERDA et al., 2005). Isso é positivo, uma vez que as cascas de mandioca sanitizadas mantiveram uma carga microbiana baixa por maior período de tempo.

Os modelos de regressão para pH nas amostras de CMIN e CMS foram significativos ($p \leq 0,05$), apresentando coeficientes de determinação de 0,85 e 0,93 respectivamente (Tabela 6). Portanto, o tempo influenciou significativamente os valores de pH das CMIN e CMS durante o armazenamento ($p \leq 0,05$), apresentando efeito quadrático, com diminuição do valor de pH, ou seja, quanto maior o tempo de armazenamento menores foram os valores de pH aferidos, com tendência a estabilização após 48 h, com pH em torno de 4,4 (Figura 14 A).

Esta diminuição dos valores de pH pode ser justificada pelo fato da casca de mandioca apresentar predisposição a fermentação por suas características naturais. Segundo Araújo, Machado e Cena (2010), o pH da raiz de mandioca varia em torno de 6 à 7. E que esses valores podem diminuir de acordo com o grau de fermentação pelo qual a raiz pode ter sido submetida em função do tempo e condições de armazenamento, fato este observado no presente estudo.

Em nenhum dos tratamentos e tempos avaliados foi detectada presença de *Salmonella* sp, e contagem de *Bacillus cereus*, *Clostridium* sp. e coliformes termotolerantes (45 °C). Apenas verificaram-se contagens de coliformes totais e bolores e leveduras (Tabela 5). Estes resultados são representativos para utilização deste resíduo na alimentação humana, uma vez

que estes micro-organismos são patogênicos e conferem grande risco a saúde humana, na forma de infecções, intoxicações ou toxinfecções alimentares.

Tabela 5. Potencial hidrogeniônico (pH), contagem de coliformes totais e de bolores e leveduras na casca de mandioca *in natura* (CMIN) e sanitizada (CMS) em função do tempo de armazenamento (h) a temperatura ambiente¹

pH		
Tempo	CMIN	CMS
0	5,40 ^a ± 0,207	5,56 ^a ± 0,030
3	5,27 ^a ± 0,177	5,51 ^a ± 0,050
6	4,92 ^b ± 0,100	5,31 ^a ± 0,100
12	4,63 ^b ± 0,006	4,81 ^a ± 0,064
24	4,46 ^a ± 0,049	4,52 ^a ± 0,066
48	4,37 ^b ± 0,040	4,45 ^a ± 0,020
72	4,35 ^a ± 0,080	4,51 ^a ± 0,066
Coliformes totais		
Tempo	CMIN	CMS
0	8,6x10 ^{4a} ± 5,5x10 ⁴	1,6x10 ^{3a} ± 1,6x10 ³
3	7,8x10 ^{4a} ± 5,8x10 ⁴	3,6x10 ^{3a} ± 2,6x10 ³
6	6,1x10 ^{4a} ± 4,2x10 ⁴	2,7x10 ^{3a} ± 1,1x10 ³
12	6,8x10 ^{4a} ± 2,5x10 ³	5,2x10 ^{3b} ± 5,0x10 ³
24	1,6x10 ^{4a} ± 1,6x10 ⁴	3,2x10 ^{3a} ± 3,2x10 ³
48	8,1x10 ^{3a} ± 8,6x10 ³	8,8x10 ^{2a} ± 1,1x10 ³
72	6,8x10 ^{3a} ± 8,8x10 ³	4,0x10 ^a ± 6,9x10 ³
Bolores e Leveduras		
Tempo	CMIN	CMS
0	3,7x10 ^{4a} ± 5,4x10 ⁴	4,4x10 ^{2a} ± 5,8x10 ²
3	4,1x10 ^{4a} ± 5,0x10 ⁴	7,8x10 ^{2a} ± 1,1x10 ³
6	2,3x10 ^{4a} ± 1,8x10 ⁴	6,3x10 ^{2a} ± 5,7x10 ²
12	1,7x10 ^{5a} ± 1,3x10 ⁵	9,2x10 ^{3a} ± 1,3x10 ⁴
24	2,3x10 ^{5a} ± 8,9x10 ⁴	8,2x10 ^{4a} ± 6,0x10 ⁴
48	2,9x10 ^{5a} ± 7,2x10 ⁴	2,7x10 ^{5a} ± 4,6x10 ⁴
72	4,2x10 ^{5a} ± 8,5x10 ⁴	2,2x10 ^{5a} ± 1,1x10 ⁵

¹Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6. Modelos matemáticos, nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R²) para pH (y₁ e y₂), contagem de coliformes totais (y₃ e y₄) e contagem de bolores e leveduras (y₅ e y₆) na casca de mandioca *in natura* (CMIN) e sanitizada (CMS), respectivamente, em função do tempo de armazenamento (h) a temperatura ambiente (x)

Tratamento	Modelo	p	R ²
pH C na MIN	y ₁ =5,28-0,04x+0,004x ²	0,000000	0,85
pH na CMS	y ₂ =5,55-0,05x+0,0005x ²	0,000000	0,93
Coliformes totais na CMIN	y ₃ =86172,29-3056,87x+27,42x ²	0,001303	0,52
Coliformes totais na CMS	y ₄ =3002,94+37,31x-1,18x ²	0,028684	0,33
Bolores e leveduras na CMIN	y ₅ =26230,47+8233,83x-40,27x ²	0,000001	0,78
Bolores e leveduras na CMS	y ₆ =-4212,57+7681,83x-53,12x ²	0,000002	0,77

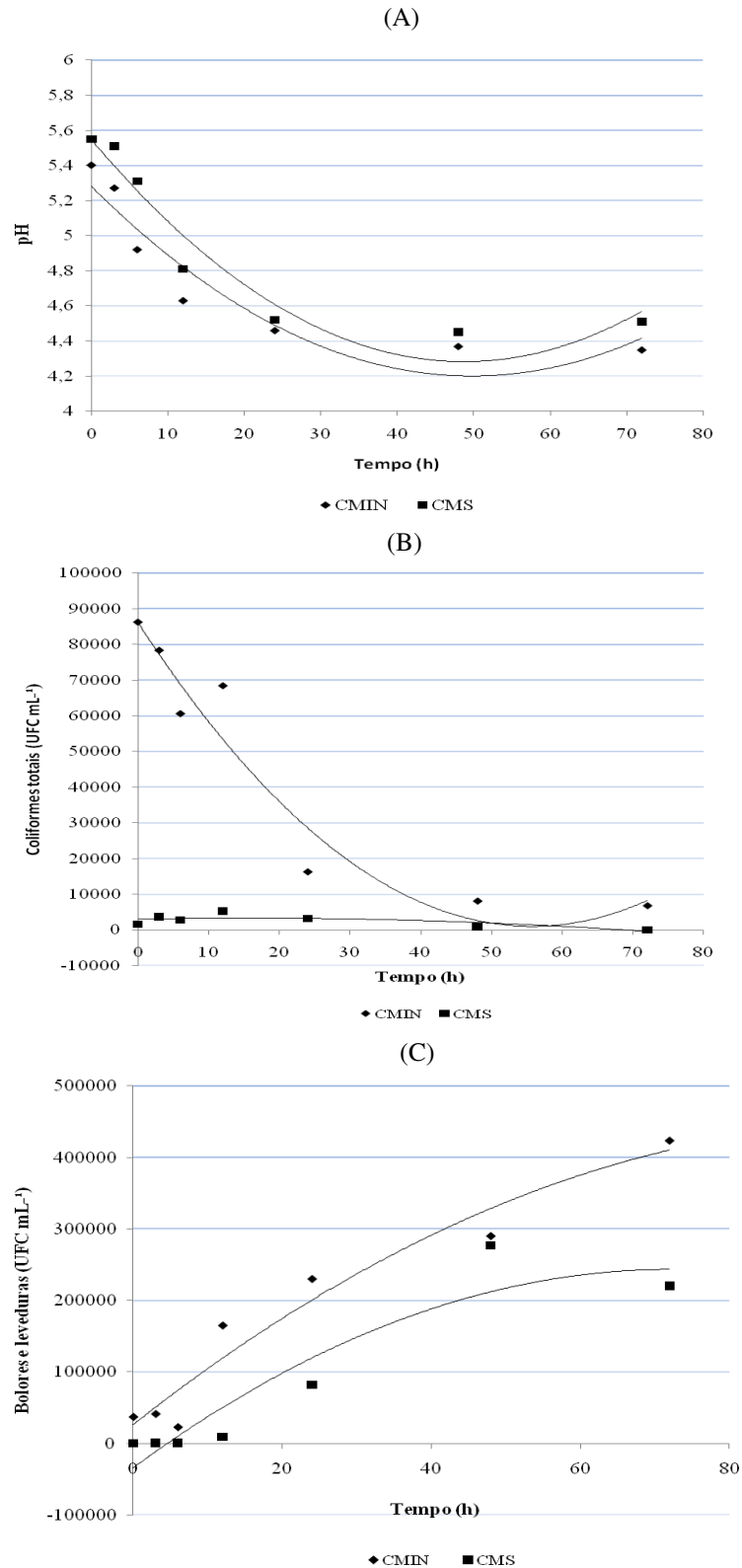


Figura 14. Potencial hidrogeniônico - pH (A), contagem média de coliformes totais (B) e contagem média de bolores e leveduras (C) em casca de mandioca *in natura* (CMIN) e sanitizada (CMS) em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente

Como se trata de resíduos provenientes de matéria-prima oriunda do solo, é normal que existam alguns tipos de micro-organismos com a mesma origem, como é o caso dos

coliformes, bolores e leveduras. Estudiosos pesquisando a população microbiana do solo poluído com efluentes da indústria de mandioca encontraram os seguintes gêneros de bactérias na ordem de abundância *Klebsiella* > *Escherichia* > *Bacillus* > *Pseudomonas* (OGBOGHODO; OLUWAFEMI; EKEH, 2006). Assim, é confirmada a significativa presença de bactérias coliformes em resíduos de mandioca e a alta carga microbiana presente no solo.

Neste estudo foram observadas contagem apenas de coliformes totais, bolores e leveduras (Tabela 5). Para os coliformes totais apenas no intervalo de tempo 12 h houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos, sugerindo que a sanitização com hipoclorito de sódio durante esse tempo de armazenamento afetou as contagens na casca e foi eficiente para o controle da população de coliformes (Tabela 5). Os modelos de regressão para contagem de coliformes totais foram significativos ($p \leq 0,05$), mas os coeficientes de determinação foram baixos, 0,52 para a CMIN e 0,33 na CMS (Tabela 5). Na CMIN a diminuição da população de coliformes totais foi mais pronunciada que na CMS, onde a contagem de coliformes totais variou menos e em níveis menores, como pode ser visualizado no gráfico B da Figura 14. Observou-se na CMIN uma contagem inicial de coliformes totais elevada ($8,6 \times 10^4$ UFC g⁻¹), seguida de redução de uma casa decimal ($8,1 \times 10^3$ UFC g⁻¹) até 48 h, e ligeira elevação ($6,8 \times 10^3$ UFC g⁻¹) com 72 h. Em relação a CMS, ocorreu uma pequena redução nas contagens dos coliformes totais após 12h de armazenamento a temperatura ambiente (Figura 14 B).

Lund et al. (2005), testaram alguns tipos de sanitizantes em toletes de mandioca minimamente processada, visando a redução da carga microbiana. Em relação aos coliformes verificaram a existência de diferença significativa entre os sanitizantes, nos quais o hipoclorito de sódio mostrou-se o mais eficiente, destacando assim seu efeito bactericida.

Todos os compostos clorados, à exceção do dióxido de cloro, apresentam o mesmo mecanismo de ação. Quando estes produtos estão em solução aquosa, liberam o ácido hipocloroso, em sua forma não dissociada, que apresenta capacidade de penetrar na célula bacteriana e destruí-la. Nas concentrações recomendadas, os hipocloritos desinfetam superfícies limpas. Quando há considerável resíduo de matéria orgânica e/ou minerais, estas se combinam à solução de cloro, dando origem ao cloro combinado, que apresenta baixa ação desinfetante (HOFFMANN; GARCIA-CRUZ; VINTURIM, 1995).

Em um estudo das condições microbiológicas de mandioca minimamente processada, sanitizada, embalada a vácuo e refrigerada (4-7 °C), Lund et al. (2007) encontraram, dentre as bactérias analisadas, contagens significativas de coliformes totais entre $1,5 \times 10^3$ a $1,1 \times 10^6$

UFC g⁻¹ e de coliformes termotolerantes (< 30 a 4,6x10⁴ UFC g⁻¹), sugerindo condição sanitária insatisfatória no processo ou na origem da matéria-prima. Apesar de se tratarem de processamentos distintos, o presente trabalho e o dos autores citados se relacionam à mandioca. Nas cascas obtidas na produção da fécula de mandioca a matéria-prima provavelmente apresentava melhor qualidade higiénico-sanitária que na mandioca minimamente processada. O fato de a mandioca ser uma raiz pode favorecer a contaminação por coliformes, uma vez que, tem contato direto com o solo. Este é um veiculador de micro-organismos, dentre eles os coliformes, por ser um *habitat* natural ou por apresentar contaminação de fezes humanas e animais. Contudo, segundo Franco e Landgraf, se o processo de higienização for eficiente, esta contaminação não chega ao produto final, como aconteceu na casca de mandioca da fecularia de mandioca.

A presença de coliformes totais é considerada como indicador de condições de higiene insatisfatórias na produção e/ou manipulação do alimento. A contagem elevada de coliformes totais pode não significar contaminação direta com material fecal, mas sim manipulação inadequada e falta de higiene durante o processo, o transporte e o acondicionamento dos alimentos (KOSTINEK et al., 2007).

Não se observou redução significativa ($p > 0,05$) nas contagens de bolores e leveduras em função da sanitização com hipoclorito de sódio (Tabela 5). Apesar de se verificar diminuição na contagem de até duas casas decimais nas amostras cloradas do tempo zero até 12 h de armazenamento, seguida de uma casa decimal em 24 h e reduções inferiores nos demais tempos. Na CMIN foram encontradas contagens de bolores e leveduras entre 2,3x10⁴ e 4,2x10⁵ UFC g⁻¹, enquanto na CMS entre 4,4x10² e 2,7x10⁵ UFC g⁻¹. Valores elevados de bolores e leveduras podem ser explicados, em parte, pelo fato de que, no sistema de produção, uma das principais fontes de contaminação é o solo. Assim, existe a necessidade de medidas que reduzam a carga microbiana (LUND et al., 2007).

Os modelos de regressão para contagem de bolores e leveduras foram significativos ($p \leq 0,05$) e apresentaram coeficientes de determinação de 0,78 e 0,77, respectivamente para CMIN e CMS (Tabela 6). Na figura 14 C é possível visualizar o efeito do tempo de armazenamento sobre a contagem de bolores e leveduras, demonstrando aumento destas em função do tempo de armazenamento, tanto na CMIN como na CMS. Isso ocorreu devido a redução do pH nestes tempos, contribuindo positivamente com a proliferação dos bolores e leveduras, uma vez que estes organismos apresentam faixa de pH ótimo para desenvolvimento em torno de 4,0 (JAY, 2005).

5.1.2 Desenvolvimento de farinhas de cascas de mandioca e de bolos, elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de cascas de mandioca

Os dados das características físicas e da composição centesimal das amostras de FA e de FCM estão apresentadas na tabela 7. Todos os parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), de pH e de umidade das amostras apresentaram diferenças ($p \leq 0,05$). A FA apresentou-se mais clara, com coloração menos avermelhada e amarelada, quando comparada a FCM.

A coloração encontrada na FA foi diferente da observada por Garcia (2009), (provavelmente por diferenças genéticas, de solo e de clima de onde os grãos de arroz foram produzidos), onde os grãos de arroz das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja, apresentaram-se menos claras ($L^* = 61,60$ e $58,67$), com pequena tendência ao vermelho ($a^* = 2,93$ e $3,09$) e mais pronunciadas ao amarelo ($b^* = 20,90$ e $19,98$). Oliveira et al. (2005), avaliaram algumas características físicas e químicas de diferentes cultivares de mandioca e verificaram diferentes colorações para a casca e entrecasca de mandioca, como branca, creme, amarelada, roxa e marrom. A coloração de casca e da entrecasca influenciam a cor da FCM, o que a torna mais escura, avermelhada e amarelada que a FA, como pode ser observado neste trabalho. A coloração escura da FCM torna-a mais aplicável na elaboração de produtos escuros, como aqueles que utilizam chocolate, café, caramelo, etc, e menos adequada para produtos claros, como por exemplo produtos sabor côco, leite, etc.

Tabela 7. Parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), pH, umidade em base úmida, composição centesimal (cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel, em base seca e valor energético total em base úmida das farinhas de arroz e de casca de mandioca*

Variáveis físicas e químicas	Farinha de arroz	Farinha de casca de mandioca
L^*	$79,3^a \pm 0,03$	$57,5^b \pm 0,03$
a^*	$0,4^b \pm 0,02$	$7,5^a \pm 0,02$
b^*	$8,9^b \pm 0,07$	$19,7^a \pm 0,07$
pH	$6,2^a \pm 0,02$	$4,8^b \pm 0,02$
Umidade ¹	$11,5^b \pm 0,15$	$12,8^a \pm 0,12$
Cinzas ¹	$0,3^b \pm 0,006$	$3,2^a \pm 0,02$
Lipídeos totais ¹	$0,9^a \pm 0,86$	$0,8^a \pm 0,08$
Proteínas ¹	$7,9^a \pm 0,12$	$4,0^b \pm 0,10$
Carboidratos ¹	$87,0^a \pm 0,49$	$53,3^b \pm 3,51$
Fibra total ¹	$3,9^b \pm 0,33$	$38,7^a \pm 3,26$
Fibra solúvel ¹	$1,8^b \pm 0,23$	$5,1^a \pm 1,10$
Fibra insolúvel ¹	$2,1^b \pm 0,11$	$33,6^a \pm 2,28$
Valor energético total ²	$335,3^a \pm 2,19$	$94,4^b \pm 21,85$

*médias seguidas pelos desvios-padrão.

¹ [g (100 g)⁻¹]

² (Kcal g⁻¹)

O pH diferiu entre as duas farinhas ($p \leq 0,05$), sendo o da FA maior que o observado na FCM (Tabela 6). Augusto-Ruiz et al. (2003), encontraram em grãos de arroz polidos pH entre 6,0 e 6,4. Neste estudo a FA apresentou pH dentro da faixa relatada pelos autores citados, uma vez que a FA é simplesmente os grãos polidos que sofreram moagem. Valores de pH para casca de mandioca não foram encontrados para comparação. O pH da FCM foi maior que os de farinha de mandioca (SOUZA et al., 2008) e menor que o de polvilho azedo (CARVALHO et al., 1996).

A umidade da FA foi menor ($p \leq 0,05$) que a da FCM (Tabela 7). Isso, possivelmente, ocorreu pelas diferenças entre os produtos e os processos de secagem. A casca apresenta geralmente $75 \text{ g (100 g)}^{-1}$ de umidade (CEREDA, 1996), enquanto o arroz é colhido com umidade entre $15 \text{ e } 30 \text{ g (100 g)}^{-1}$, contudo ambas as farinhas devem ser armazenadas após secagem com umidade inferior a $14 \text{ g (100 g)}^{-1}$, obedecendo, assim, os padrões de qualidade exigidos para farinhas pela legislação brasileira (BRASIL, 2005).

A FCM apresentou teores superiores de cinzas, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e inferiores de proteínas e carboidratos, além do valor energético total. Houve diferenças ($p \leq 0,05$) entre a FA e FCM em relação a todos os componentes químicos, exceto para lipídeos ($p > 0,05$). Dors, Pinto e Badiale-Furlong (2009) encontraram em grãos de arroz polidos, teores de cinzas [$0,22 \text{ g (100 g)}^{-1}$], proteínas [$8,3 \text{ g (100 g)}^{-1}$], carboidratos [$85 \text{ g (100 g)}^{-1}$] e fibras alimentares totais [$4,2 \text{ g (100 g)}^{-1}$] semelhantes aos da FA deste trabalho.

Cereda (1996) avaliou a composição da mistura das duas frações da casca e encontrou $32 \text{ g (100 g)}^{-1}$ de amido; $1,5 \text{ g (100 g)}^{-1}$ de cinzas; $2,1 \text{ g (100 g)}^{-1}$ de proteína; e $0,6 \text{ g (100 g)}^{-1}$ de lipídeos. Neste trabalho, obtiveram-se teores maiores de cinzas, menores de proteína e semelhante de lipídeos dos obtidos pela referida autora. Cereda (1994) relatou teores de fibras totais na fração casca marrom de $41 \text{ g (100 g)}^{-1}$, indo de encontro ao determinado neste estudo. Mattos e Martins (2000) propuseram a seguinte classificação para o teor de fibras presente em 100 g de alimentos: muito alto (maior que 7 g); alto ($4,5 \text{ a } 6,9 \text{ g}$); moderado ($2,4 \text{ a } 4,4 \text{ g}$) e baixo (inferior a $2,4 \text{ g}$). Assim, a FA pode ser classificada como produto com moderado teor de fibras, enquanto a FCM como de muito alto teor de fibras. O teor de fibra alimentar solúvel da FCM é quase três vezes maior que o da FA, enquanto o de fibra alimentar insolúvel é dezesseis vezes maior. Portanto, esta farinha pode ser utilizada para enriquecer em fibras solúveis e insolúveis diversos tipos de alimentos, como os panificados, lácteos, cárneos e outros.

As diferenças na composição química observadas neste estudo em relação a outros autores podem ser justificadas, pois Cereda, Daiuto e Vilpoux (2004) já apontaram que a falta

de metodologia oficial para determinações físico-químicas em produtos amiláceos faz com que cada instituição e cada pesquisador adotem aquelas que julgam mais adequadas, por serem mais acuradas ou mais disponíveis, tendo por resultados uma grande dispersão de valores, dificilmente comparáveis.

Os volumes específicos dos bolos experimentais não diferiram ($p>0,05$) em nenhum dos tratamentos, conforme apresentado na tabela 8. Os dados obtidos neste trabalho são muito positivos, pois pode-se considerar a possibilidade de utilização da FCM como substituinte da FA em formulação de bolo sem glúten, já que esta característica física é extremamente importante para atributos como aparência, textura, refletindo na aceitabilidade dos produtos panificados.

Schamne, Dutcosky e Demiate (2010) desenvolveram bolos e pães isentos de glúten, utilizando FA, amido de milho e amido de mandioca. Os volumes específicos observados pelos autores nas formulações foram menores aos obtidos neste estudo para as formulações com FA e amido de mandioca, sendo que, nas formulações que apresentaram FA e amido de mandioca, exclusivos ou em mistura, os volumes tiveram valores em torno de $1,2 \text{ mL g}^{-1}$, tanto nos pães quanto nos bolos tipo *muffins*. Já nas demais formulações, estes valores foram de $1,4$ a $2,65 \text{ mL g}^{-1}$, sendo superiores aos obtidos neste estudo. O volume específico mostra claramente a relação entre o teor de sólidos e a fração de ar existente na massa assada. Pães ou bolos com volumes específicos baixos apresentam aspecto desagradável ao consumidor e estão associados com alto teor de umidade, falhas no batimento e na cocção, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação (ESTELLER; LANNES, 2005).

Os miolos dos bolos apresentaram tendência à coloração mais escura, com o aumento dos níveis de substituição da FA pela FCM (Tabela 8). Esta tendência pode ser justificada pelas características de cor encontradas na FCM, que se mostrou muito mais escura que a FA (Tabela 7). A luminosidade do miolo diferiu ($p\leq 0,05$) entre todos os tratamentos, diminuindo com o aumento do nível de substituição da FA por FCM até 50%. Em relação à coordenada a^* , os miolos dos bolos B2 e B5 não diferiram entre si ($p>0,05$), mas diferiram ($p\leq 0,05$) dos demais tratamentos, B1 ficou próxima à neutralidade e com o aumento dos níveis de substituição da FA por FBM, os miolos dos bolos tornaram-se mais avermelhados. Todos os miolos dos bolos diferiram ($p\leq 0,05$) em relação à coordenada de cromaticidade b^* . O bolo com miolo mais amarelado foi aquele sem substituição da FA pela FBM, seguido por B2 (25% de substituição) (Tabela 8).

Tabela 8. Volume específico, parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), umidade, índice de rendimento, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel e valor energético total dos bolos com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de casca de mandioca, em (v/v)*

Variáveis físicas e químicas	Bolos com formulações com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de casca de mandioca (%)				
	B1 (0%)	B2 (25%)	B3 (50%)	B4 (75%)	B5 (100%)
Volume específico¹	1,9 ^a (± 0,21)	1,9 ^a (± 0,18)	1,9 ^a (± 0,18)	1,6 ^a (± 0,10)	1,8 ^a (± 0,14)
L^*miolo	57,5 ^a (± 0,02)	25,4 ^b (± 0,03)	13,2 ^e (± 0,09)	22,1 ^c (± 0,04)	22,9 ^d (± 0,03)
a^*miolo	-0,4 ^d (± 0,02)	7,9 ^a (± 0,08)	5,8 ^b (± 0,16)	5,0 ^c (± 0,04)	8,2 ^a (± 0,09)
b^*miolo	15,7 ^a (± 0,03)	8,6 ^c (± 0,29)	3,3 ^e (± 0,13)	10,1 ^b (± 0,34)	7,7 ^d (± 0,18)
Umidade²	29,6 ^d (± 0,39)	28,3 ^e (± 0,40)	34,6 ^c (± 0,06)	36,0 ^b (± 0,18)	41,8 ^a (± 0,16)
Índice de rendimento	0,72	0,80	0,80	0,84	0,84
Cinzas²	3,1 ^c (± 0,02)	3,8 ^c (± 0,02)	3,5 ^d (± 0,03)	4,3 ^b (± 0,01)	4,8 ^a (± 0,03)
Lipídeos²	8,6 ^d (± 0,39)	11,6 ^c (± 0,10)	11,3 ^c (± 0,98)	14,9 ^b (± 0,62)	16,7 ^a (± 0,04)
Proteína²	8,5 ^a (± 0,23)	8,4 ^a (± 0,14)	8,6 ^a (± 0,11)	8,3 ^a (± 0,12)	7,3 ^b (± 0,10)
Carboidratos²	75,7 ^a (± 0,50)	67,3 ^b (± 0,18)	60,9 ^c (± 0,90)	58,1 ^d (± 0,73)	51,9 ^e (± 0,09)
Fibra alimentar total²	4,1 ^d (± 0,56)	8,9 ^c (± 0,94)	15,7 ^b (± 0,73)	14,4 ^b (± 0,60)	19,3 ^a (± 0,73)
Fibra solúvel²	0,6 ^b (± 0,24)	2,7 ^{ac} (± 0,45)	3,9 ^a (± 0,33)	1,2 ^{bc} (± 0,18)	2,0 ^c (± 0,38)
Fibra Insolúvel²	3,5 ^d (± 0,33)	6,2 ^c (± 0,66)	11,8 ^b (± 0,40)	13,2 ^b (± 0,43)	17,3 ^a (± 0,45)
Valor energético total³	281,7 ^a (± 3,80)	273,9 ^b (± 6,09)	217,6 ^d (± 7,93)	221,86 ^c (± 4,20)	184,76 ^e (± 3,95)

*Letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro – valores expressos em médias seguidas pelos desvios-padrão – umidade e valor energético expressos em base úmida e composição centesimal em base seca.

¹ mL g⁻¹ / ² g (100 g)⁻¹ / ³ Kcal g⁻¹

Soares Júnior et al. (2009), em estudo sobre a substituição de farinha de trigo por farelo de arroz torrado em pães de forma, relataram o mesmo fato ocorrido neste trabalho em relação à cor, ou seja, com o aumento da substituição da farinha de trigo pelo farelo de arroz, pois tornaram-se mais escuros e avermelhados, isso provavelmente ocorre pelo fato das farinhas obtidas de resíduos, geralmente, serem constituídas por certa quantidade de cascas ou passarem por processos térmicos, que provocam o escurecimento das farinhas obtidas e,

consequentemente, dos produtos formulados com as mesmas. Neste estudo foi avaliada a substituição de FA com a própria casca de mandioca, o que torna esta alteração de cor ainda mais perceptível.

Todos os bolos diferiram ($p \leq 0,05$) em relação à umidade, apresentando tendência de aumento com o nível de substituição da FA por FCM (Tabela 8), fato relacionado com a elevação do teor de fibras. A absorção de água é maior em produtos com maior quantidade de fibras, principalmente as insolúveis, pois estas apresentam maior poder de retenção de água. Esta característica pode conferir à massa menor estabilidade e conservação durante armazenamento (TORBICA; HADNADEV; DAPCEVIC, 2010).

O índice de rendimento foi maior nos bolos com substituição da FA pela FCM (Tabela 8), sendo esta diferença atribuída, possivelmente, à diferença de densidade das farinhas, ocasionando redução da massa final dos bolos com maior substituição de FA por FCM. Desta forma, o resultado da razão entre a massa final do bolo e da massa dos ingredientes fica maior. Silva et al. (2010) relataram que o fato das fibras absorverem maior quantidade de água, pode levar a aumento do rendimento em formulações de panificados, contudo, também, questionaram a capacidade reduzida de conferirem algumas características tecnológicas aos produtos como, elasticidade, coesividade, conformação, tamanho molecular e firmeza em água quente.

As cinzas, os lipídeos e as fibras alimentares total e insolúvel apresentaram tendência de aumentar nos bolos com a substituição de FA pela FCM, já os carboidratos e o valor energético total apresentaram valores inferiores nos bolos com o aumento da substituição da FA pela FCM (Tabela 8). Em relação aos teores de cinzas, carboidratos e valor energético total, todos bolos diferiram entre si ($p \leq 0,05$). Para os lipídeos, o B2 e B3 não apresentam diferença entre si ($p > 0,05$), mas foram diferentes dos demais bolos ($p \leq 0,05$). Nas proteínas, apenas o B5 diferiu dos demais tratamentos ($p \leq 0,05$). Na fibra alimentar total, apenas B3 e B4 não diferiram entre si ($p > 0,05$), mas diferiram dos demais tratamentos. Para a fibra solúvel, B1 só não diferiu de B4, B2 diferiu de B1 e B4, B3 só não diferiu de B2, B4 diferiu de B2 e B3 e B5 só diferiu de B1 e B3. Já nas fibras insolúveis, apenas B3 e B4 não diferiram entre si ($p > 0,05$). Schamne, Dutcosky e Demiate (2010), observaram em bolos formulados com misturas de FA, amido de milho e amido de mandioca menores teores de cinzas [2,68 g (100 g)⁻¹], carboidratos [39,92 g (100 g)⁻¹], fibras alimentares totais [5,52 g (100 g)⁻¹] e proteínas [7,7 g (100 g)⁻¹] e valor energético superior [369,49 Kcal (100 g)⁻¹] ao encontrado no presente estudo. Soares et al. (2009) encontraram em pães formulados com farelo de arroz torrado em

substituição a farinha de trigo, valores de todos os componentes químicos inferiores aos descritos neste trabalho.

A fibra alimentar solúvel aumentou em relação ao nível de substituição da FA pela FCM até 50% (Tabela 8). Todos os bolos com FCM apresentaram composição em fibras superior à obtida do B1 (sem FCM). Esta tendência é esperada, uma vez que a FCM apresenta teores muito superiores de fibras alimentares que a FA, desta forma seus produtos também devem refletir esta composição.

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 1998), um alimento sólido pode ser considerado como fonte de fibra quando contém, no mínimo, $3,0 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$ de fibras e como rico em fibras quando é constituído de, no mínimo, $6 \text{ g } (100 \text{ g})^{-1}$. Assim, o bolo B1 (0% de substituição de FA por FCM) pode ser considerado fonte de fibras e os demais bolos como alimentos ricos em fibras.

As fibras alimentares desenvolvem papéis importantes no trato gastrointestinal humano. Além de diminuir a absorção de gorduras, aumentarem o peristaltismo intestinal e produzirem ácidos graxos de cadeia curta, atuantes no combate ao colesterol. Também promovem a regulação no tempo de trânsito intestinal e apresentam alto poder de saciedade. Destaca-se que essas propriedades fisiológicas são essenciais para o tratamento e a prevenção das complicações oriundas da obesidade (SAYDELLES et al., 2010).

As amostras de FA, de FCM e de todos os bolos não apresentaram contaminação pelos micro-organismos pesquisados. Isso pode ser atribuído ao processo de sanitização e secagem ao qual a FCM foi submetida, ao fornecimento dos bolos, e também aos processos de boas práticas de fabricação de alimentos seguidos. A RDC nº 12, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), prevê em seus padrões microbiológicos contagens máximas de *B. cereus* de $3 \times 10^3 \text{ UFC g}^{-1}$, de coliformes a 45°C de 10^2 UFC g^{-1} e ausência de *Salmonella* sp em amidos, farinhas, féculas e fubá, em pó ou flocados; em panetones, pães de páscoa, bolos, massa pronta para tortas e similares, prontos para uso ou consumo, estáveis à temperatura ambiente máximo de 10 UFC g^{-1} para coliformes a 45°C e ausência de *Salmonella* sp; e em farelo e fibras de cereais, com ou sem mistura de farinhas, de outros produtos de cereais, com ou sem adições de outros ingredientes e similares contagem máxima de $5 \times 10^3 \text{ UFC g}^{-1}$ para *B. cereus*, de $5 \times 10^2 \text{ UFC g}^{-1}$ para coliformes a 45°C e ausência de *Salmonella* sp, ou seja, todas as amostras de farinhas e de bolos estavam seguras para o consumo humano.

Vieira et al. (2010) encontraram resultado semelhante ao presente estudo, nas análises microbiológicas de amostras de biscoito doce, com 0, 5, 10 e 15% de fécula de mandioca, em

que também se constatou a ausência de contagem coliformes a 45 °C e de *Salmonella* sp. Ji et al. (2007), avaliando bolo de arroz típico da China, observaram valores diferentes aos obtidos neste estudo. As amostras não apresentaram contagem de enterobactérias, entretanto, os autores relataram contagem de bolores e leveduras, bactérias do gênero *Bacillus* e *Staphylococcus*, contudo as contagens observadas estavam dentro dos padrões permitidos pelo Departamento de Saúde da China.

Todos os bolos experimentais atingiram o ponto de corte (escore 6) para o teste de aceitação na análise sensorial (Tabela 9). A maioria dos bolos obteve escores entre 6 e 7 para todos os atributos, ou seja, “gostei levemente” e “gostei moderadamente”. Não houve diferenças ($p>0,05$) em relação à aparência, aroma, textura e sabor ($p>0,05$). Assim, qualquer nível de substituição de FA por FCM pode ser empregado na elaboração de bolo sem glúten, uma vez que todos os escores dos bolos com FCM foram iguais ao B1 (sem substituição de FA por FCM). Em relação à aceitação global, novamente nenhum dos tratamentos apresentou diferença ($p>0,05$). Os índices médios de aceitação global de todos os bolos formulados foram superiores aos observados por Assis (2009) em biscoitos de polvilho enriquecidos com bagaço de mandioca ricos em fibra.

Tabela 9. Escores de aparência, aroma, textura e sabor dos bolos com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de casca de mandioca em v/v¹

Atributos	Formulações com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de casca de mandioca (v/v) [*]				
	B1 (0%)	B2 (25%)	B3 (50%)	B4 (75%)	B5 (100%)
Aparência	7,1 ^a (± 1,37)	6,7 ^a (± 1,59)	7,1 ^a (± 1,32)	6,8 ^a (± 1,44)	7,0 ^a (± 1,38)
Aroma	7,0 ^a (± 1,59)	6,4 ^a (± 1,58)	6,8 ^a (± 1,52)	6,8 ^a (± 1,48)	6,9 ^a (± 1,64)
Textura	6,3 ^a (± 1,56)	7,0 ^a (± 1,21)	6,6 ^a (± 1,55)	6,7 ^a (± 1,89)	6,8 ^a (± 1,92)
Sabor	6,8 ^a (± 1,45)	6,7 ^a (± 1,37)	6,6 ^a (± 1,44)	6,6 ^a (± 1,63)	6,3 ^a (± 2,12)
Aceitação global	6,8 ^a (± 1,16)	6,6 ^a (± 1,07)	6,8 ^a (± 1,07)	6,7 ^a (± 1,29)	6,7 ^a (± 1,37)

¹Letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

^{*}médias seguidas pelos desvios-padrão.

Os dados sensoriais, físicos, químicos, microbiológicos, e sensoriais obtidos neste trabalho são importantes para população celíaca, já que esta doença está relacionada à ingestão de alimentos contendo glúten e causa danos à superfície da mucosa intestinal, o que leva a uma incapacidade de utilização de nutrientes. A intolerância ao trigo, centeio, cevada,

aveia e malte pode tornar impossível o consumo de alimentos assados, massas, biscoitos, sorvetes, e muitos outros alimentos por pessoas celíacas (ESCOUTO; CEREDA, 2004).

O consumo de uma porção de 50 g do bolo com substituição intermediária (50%) da FA pela FCM deste bolo representaria 23,42% das necessidades diárias de carboidratos para homens e mulheres adultos, 7,69% e 9,35% das proteínas para homens e mulheres respectivamente e 20,66% de fibras alimentares totais para homens e 31,4% para mulheres (IOM, 2005).

O resultado do teste de aceitação se confirma na intenção de compra, pois no B1, B2 B3 e B4 a maioria dos consumidores (34,21%, 47,50%, 43,51% e 35% respectivamente) optou por “talvez comprasse / talvez não comprasse”, já no B5 a opção mais escolhida foi a de “possivelmente compraria” (40%). Assim, todas as misturas para bolos poderiam ser comercializadas e, provavelmente, teriam uma boa aceitação no mercado, principalmente por aqueles preocupados com a saúde e portadores de doença celíaca.

5.2 BAGAÇO DE MANDIOCA

5.2.1 Efeito da acidificação sobre o pH e a microbiota do bagaço de mandioca durante o armazenamento a temperatura ambiente

As médias de pH do bagaço de mandioca *in natura* (BMIN) e acidificado (BMA), estão apresentadas na tabela 10. Os valores de pH variaram entre 5,24 a 5,92 no BMIN, enquanto no BMA estes valores ficaram entre 4,7 e 5,5. O valor do pH no bagaço de mandioca para o tempo zero foi 4,8, no entanto estava previsto que o pH fosse 4,5. Isto ocorreu, provavelmente, porque a aferição do pH ocorreu após o processamento das amostras para análise microbiológica, assim este tempo de, aproximadamente, 20 min pode ter influenciado no aumento do pH no bagaço de mandioca.

Até 12 h de armazenamento observou-se diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$), entretanto, após 24 h de armazenamento o pH já não diferiu entre o BMIN e o BMA ($p > 0,05$), ou seja, o ácido utilizado pode ter perdido seu efeito. Isso pode ter ocorrido pelo efeito tampão dos demais ácidos da amostra. O efeito tampão é um sistema de misturas de ácidos fracos e suas bases conjugadas, que conferem ao produto a propriedade de resistir às variações do seu pH quando aos mesmos são adicionados ácido ou base (LEHNINGER; NELSON; COX, 1995).

O tempo de armazenamento a temperatura ambiente apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre os valores de pH tanto nas amostras de BMIN quanto nas de BMA, conforme

verificado nos modelos de regressão, com coeficientes de determinação variando entre 0,25 a 0,74, respectivamente (Tabela 11). O comportamento das amostras de BMIN e BMA em função do tempo de armazenamento está apresentado na Figura 15 A.

Tabela 10. Potencial hidrogeniônico (pH), coliformes totais e bolores e leveduras no bagaço de mandioca *in natura* (BMIN) e acidificado (BMA) em função do tempo de armazenamento (h) a temperatura ambiente¹

pH		
Tempo	BMIN	BMA
0	5,9 ^a ± 0,31	4,8 ^b ± 0,19
3	5,8 ^a ± 0,11	4,7 ^b ± 0,08
6	5,3 ^a ± 0,12	4,7 ^b ± 0,11
12	5,6 ^a ± 0,05	4,8 ^b ± 0,16
24	5,6 ^a ± 0,31	4,9 ^a ± 0,23
48	5,2 ^a ± 0,17	5,2 ^a ± 0,27
72	5,4 ^a ± 0,26	5,5 ^a ± 0,13
Coliformes totais		
Tempo	BMIN	BMA
0	3,19x10 ^{3a} ± 5,03x10 ³	7,30x10 ^a ± 6,43x10
3	2,93x10 ^{3a} ± 3,78x10 ³	1,75x10 ^{3a} ± 2,90x10 ³
6	3,00x10 ^{3a} ± 2,8x10 ³	4,40x10 ^{2a} ± 4x10 ²
12	2,10x10 ^{4a} ± 1x10 ⁴	2,40x10 ^{3b} ± 3,43x10 ³
24	1,10x10 ^{5a} ± 1,15x10 ⁴	4,90x10 ^{3b} ± 2,1x10 ³
48	5,60x10 ^{5a} ± 2,87x10 ⁵	3,20x10 ^{4b} ± 3,24x10 ⁴
72	5,13x10 ^{5a} ± 3,95x10 ⁵	9,70x10 ^{4a} ± 6,05x10 ⁴
Bolores e Leveduras		
Tempo	BMIN	BMA
0	1,9x10 ^{3a} ± 3,05x10 ³	6,9x10 ^{2a} ± 8,77x10 ²
3	1,1x10 ^{4a} ± 1,3x10 ⁴	1,4x10 ^{4a} ± 1,89x10 ⁴
6	8,7x10 ^{3a} ± 3,05x10 ³	1,5x10 ^{4a} ± 6,37x10 ³
12	7,5x10 ^{4a} ± 3,17x10 ⁴	1,4x10 ^{5a} ± 8,80x10 ⁴
24	8,8x10 ^{4a} ± 8,05x10 ⁴	7,4x10 ^{4a} ± 4,5x10 ⁴
48	9,5x10 ^{4a} ± 1,5x10 ⁴	2,1x10 ^{5a} ± 1,47x10 ⁵
72	2,2x10 ^{5a} ± 7,37x10 ⁴	2,7x10 ^{5a} ± 1,73x10 ⁴

¹Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 11. Modelos matemáticos, nível de significância (p) e coeficiente de determinação (R²) para pH (y₁ e y₂), contagem de coliformes totais (y₃ e y₄) e contagem bolores e leveduras (y₅ e y₆) no bagaço de mandioca *in natura* (BMIN) e acidificado (BMA), respectivamente, em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente (x)

Tratamento	Modelo	p	R ²
pH no BMIN	y ₁ =5,69-0,006x	0,019760	0,25
pH no BMA	y ₂ =4,7+0,0106x	0,000001	0,74
Coliformes totais no BMIN	y ₃ =-32915,20 + 8736,72x	0,000023	0,62
Coliformes totais no BMA	y ₄ =2793,96-583,50x+26,05x ²	0,000016	0,71
Bolores e leveduras no BMIN	y ₅ =7634,89+2724,02x	0,000001	0,72
Bolores e leveduras no BMA	y ₆ =17943,22+3652,16x	0,000009	0,65

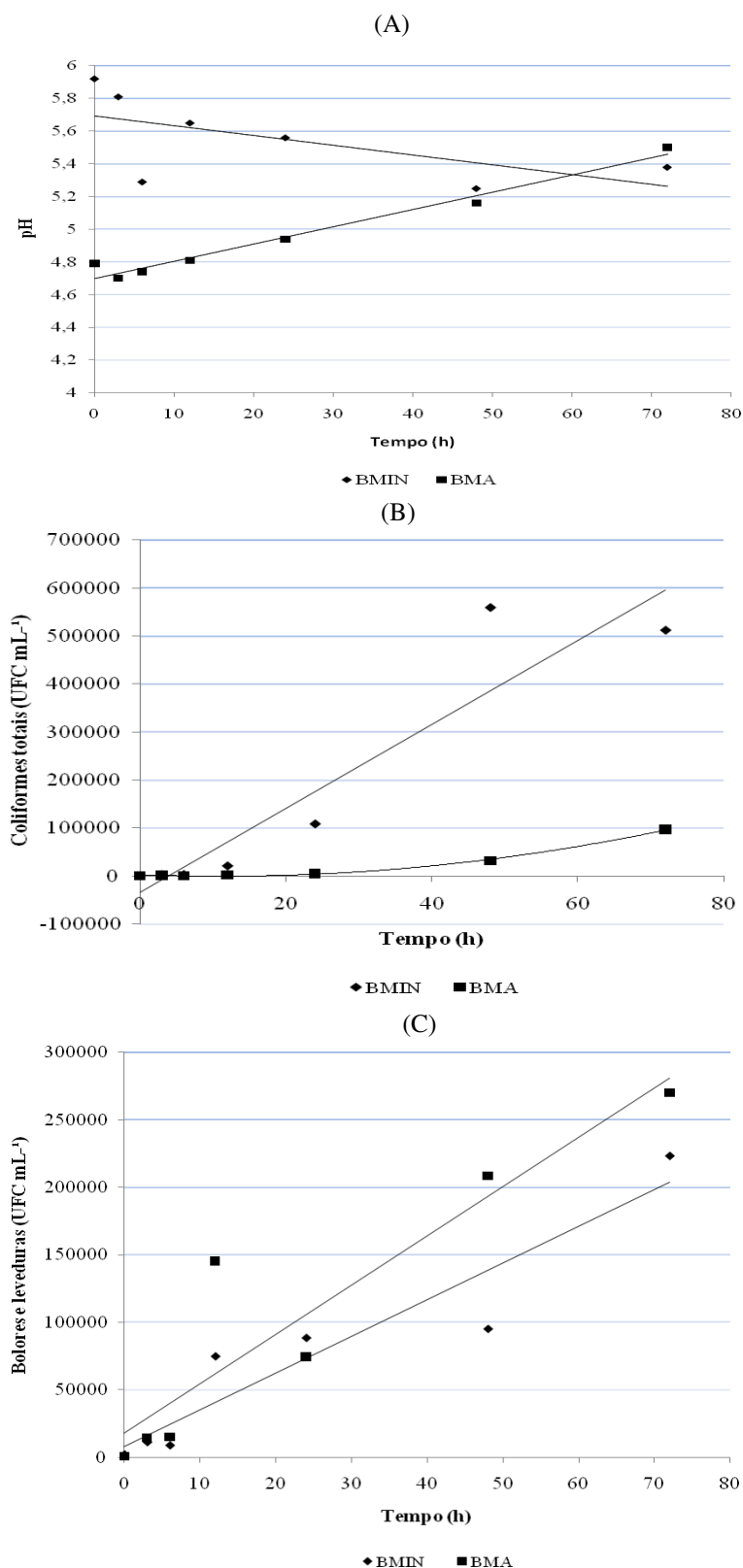


Figura 15. pH (A), contagem média de coliformes totais (B) e bolores e leveduras (C) em bagaço de mandioca *in natura* (BMIN) e acidificado (BMA) em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente

Nas amostras de BMIN houve redução linear do pH durante o tempo de armazenamento a temperatura ambiente, provavelmente devido a produção de ácido pelos

microrganismos fermentativos presentes na amostra. As bactérias lácticas, exemplificadas por *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* e *Leuconostoc mesenteroides*, são alguns dos microrganismos mais presentes durante o processo de fermentação da mandioca (LACERDA et al., 2005).

O pH da raiz de mandioca varia em torno de 6 à 7 (Araújo, Machado e Cena 2010), estes valores podem variar de acordo com o grau de fermentação pelo qual a raiz pode ter sido submetida em função do tempo e condições de armazenamento, fato este observado no presente estudo. No BMA houve aumento linear do pH, o que é esperado, conforme já descrito pela influência do efeito tamponante dos demais ácidos da amostra sobre o ácido láctico, que é um ácido orgânico fraco, predisposto a este tipo de ação (SNYDER, 1995).

Em nenhum dos tratamentos e tempos de armazenamento à temperatura ambiente avaliados foram identificados *Salmonella* sp, *Bacillus cereus*, clostrídios sulfito redutores e coliformes de origem fecal (termo-resistentes), apenas coliformes totais e bolores e leveduras. A RDC nº 12 estabelece no item 10 L os seguintes padrões de micro-organismos a serem pesquisados neste tipo de produto: *Bacillus cereus* (máximo de 5×10^3 UFC g⁻¹), Coliformes a 45 °C (máximo de 5×10^2 UFC g⁻¹) e *Salmonella* sp (ausência em 25 g) (BRASIL, 2001). O fato destes micro-organismos não terem sido encontrados nas amostras de bagaço de mandioca, é muito positivo, uma vez que estes são patogênicos e conferem grande risco a saúde humana, na forma de infecções, intoxicações ou toxinfecções alimentares.

Na Tabela 10 é possível visualizar as médias das contagens de coliformes totais no BMIN e BMA em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente. Observou-se que até 6 h, a contagem de coliformes não diferiu ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Estes resultados podem ser justificados, provavelmente, pelo fato de até este tempo os coliformes totais estarem em fase *lag* de crescimento, que corresponde à adaptação destes ao meio e onde a taxa de desenvolvimento microbiano é pequena (FRANCO; LANDGRAF, 2005). No BMIN, a fase de crescimento logarítmica dos coliformes iniciou-se com 12 h de armazenamento, enquanto a acidificação, provavelmente, retardou esta fase no BMA até 72 h, onde não houve mais diferença significativa entre as médias ($p > 0,05$). Estes dados confirmam o efeito do ácido láctico na redução da velocidade de multiplicação dos coliformes, expressando, assim, a possibilidade de utilização da acidificação como alternativa para melhorar as condições sanitárias do processamento do bagaço de mandioca.

Os coliformes totais integram um grupo de micro-organismos indicadores de condições higiênicas impróprias, mas que não conferem risco significativo à saúde humana. Micro-organismos indicadores, quando presentes em um alimento, podem fornecer

informações sobre a ocorrência de contaminação fecal, sobre a provável presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial de um alimento, além de poder indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento (SILVA JÚNIOR, 2005).

Em pesquisa com carcaças de bovinos, também, foi verificado efeito da pulverização com ácido láctico sobre alguns micro-organismos, dentre eles os mesófilos, nos quais se enquadram as bactérias coliformes. Obteve-se efeito satisfatório no controle destas bactérias, demonstrando o efeito bactericida do ácido láctico. O retardo da multiplicação microbiana nas amostras tratadas com ácido láctico pode ser atribuído ao efeito de íons de lactato na solução de descontaminação (PIPEK et al., 2005). Os ácidos orgânicos podem apresentar dois efeitos antimicrobianos, sendo, a redução do pH para valores abaixo dos de crescimento e à inibição metabólica pelas moléculas de ácido não-dissociadas. Também foi comprovado que o íon lactato pode influenciar o ciclo de energia dos micro-organismos, o que resulta na redução e inibição da multiplicação das bactérias (JAY, 2005).

O aumento da contagem de coliformes totais com o tempo de armazenamento a temperatura ambiente foi significativo ($p \leq 0,05$) conforme modelos de regressão (Tabela 11). Os coeficientes de determinação foram 0,62 e 0,71 para BMIN e BMA, respectivamente. No BMIN, houve elevação linear da contagem de coliformes totais ($p \leq 0,05$) com o aumento do tempo de armazenamento, que variou de <10 a 6×10^5 UFC g⁻¹. Já a elevação da contagem de coliformes no BMA foi mais lenta. Até 24 h de armazenamento, a contagem foi < 10 UFC g⁻¹ e com 72 h chegou a 1×10^5 UFC g⁻¹, ou seja, seis vezes menor que a contagem no BMIN (Figura 15 B), novamente sugerindo que o ácido láctico foi eficiente no controle da população de coliformes. Portanto, o tempo máximo de 24 h poderia ser empregado na indústria para o processamento da farinha de bagaço de mandioca acidificada, sem apresentar riscos de contaminação por coliformes totais, desde que o processo seja controlado.

Para bolores e leveduras, a acidificação não foi eficiente, pois não houve diferença significativa ($p > 0,05$) durante todos os tempos de armazenamento avaliados. As contagens destes micro-organismos ficaram em torno de $1,9 \times 10^3$ à $2,2 \times 10^5$ UFC g⁻¹ no BMIN e $6,9 \times 10^2$ à $2,7 \times 10^5$ UFC g⁻¹ no BMA (Tabela 10). Bolores e leveduras apresentam faixa de pH ótimo para desenvolvimento em torno de 4,0 (JAY, 2005), ou seja, a acidificação até pH 4,5, possivelmente, contribuiu para o aumento de sua taxa de multiplicação, melhorando as condições ambientais para tal.

Os modelos de regressão da contagem de bolores e leveduras no BMIN e BMA foram significativos ($p \leq 0,05$), com coeficientes de determinação de 0,72 e 0,65 respectivamente

(Tabela 11). Em ambos modelos, houve efeito linear de aumento da contagem de bolores e leveduras em função do tempo de armazenamento a temperatura ambiente (Figura 15 C).

Bolores e leveduras, classificados como organismos deteriorantes, são uma ameaça de deterioração importante para muitos produtos, já que uma pequena fração destas espécies se desenvolve bem em condições inóspitas de sobrevivência (PRETORIUS, 2000). Muitos bolores e leveduras são dotados de mecanismo de resposta ao estresse, que atua para reduzir a suscetibilidade aos ácidos fracos que se acumulam dentro de suas células em níveis potencialmente tóxicos. A adaptação aos ácidos fracos, como é o caso do ácido láctico, provavelmente, foi uma evolução para facilitar o crescimento em pH baixo, na presença de ácidos orgânicos (PIPER et al., 2001).

Cereda (2002) encontrou em amostras de bagaço de mandioca coletadas em indústrias, médias de $2,3 \times 10^6$ UFC g⁻¹ para contagem total de mesófilos em placa, e de 100 UFC g⁻¹ para bolores e leveduras. Não se obtiveram contagens para micro-organismos passíveis de causarem doenças, tais como bactérias coliformes fecais, *Clostridium* sulfito redutores (44 °C), *Staphylococcus aureus* e Salmonelas, assim como neste estudo. Em relação as exigências da legislação brasileira, segundo a autora essas amostras poderiam ser consumidas *in natura*.

5.2.2 Desenvolvimento de farinhas de bagaço de mandioca e de bolos elaborados com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca

As características físicas e químicas médias das amostras de FA e de FBM estão apresentadas na tabela 12. Todos os parâmetros instrumentais de cor (L*, a* e b*), o pH e a umidade das amostras apresentaram diferenças ($p \leq 0,05$). A FA apresentou-se mais clara, com coloração menos avermelhada e amarelada, quando comparada a FBM.

Esta diferença pode ser devido ao grau de fermentação pelo qual passou cada produto durante o armazenamento, que pode ter provocado oxidação e escurecimento do produto. Neste trabalho o bagaço de mandioca foi acidificado, o que, provavelmente, reduziu sua fermentação e escurecimento. Os parâmetros instrumentais de cor da FA já foram discutidos anteriormente.

Cereda (1994), encontrou pH 5,7, para o bagaço de mandioca úmido, valor ligeiramente maior ao encontrado no presente trabalho. A autora ainda relatou que o pH no bagaço de mandioca é bastante variável. Os valores de pH para a FA também foram discutidos anteriormente.

Tabela 12. Parâmetros instrumentais de cor (L^* , a^* e b^*), pH, umidade em base úmida, composição centesimal (cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel), em base seca, e valor energético total, em base úmida, das farinhas de arroz e de bagaço de mandioca**

Variáveis físicas e químicas	Farinha de arroz	Farinha de bagaço de mandioca
L^*	$79,3^a \pm 0,03$	$60,8^b \pm 0,01$
a^*	$0,4^b \pm 0,02$	$6,2^a \pm 0,04$
b^*	$8,9^b \pm 0,07$	$20,4^a \pm 0,13$
pH	$6,2^a \pm 0,02$	$5,4^b \pm 0,03$
Umidade ¹	$11,5^b \pm 0,15$	$13,2^a \pm 0,19$
Cinzas ¹	$0,3^b \pm 0,01$	$1,7^a \pm 0,01$
Lipídeos ¹	$0,9^b \pm 0,86$	$1,2^a \pm 0,03$
Proteínas ¹	$7,9^a \pm 0,12$	$2,3^b \pm 0,13$
Carboidratos ¹	$87,0^a \pm 0,11$	$44,4^b \pm 0,15$
Fibra alimentar total ¹	$3,9^b \pm 0,33$	$50,4^a \pm 2,89$
Fibra alimentar solúvel ¹	$1,8^b \pm 0,23$	$9,2^a \pm 0,81$
Fibra alimentar insolúvel ¹	$2,1^b \pm 0,11$	$41,2^a \pm 2,12$
Valor energético total ²	$335,3^a \pm 2,19$	$33,7^b \pm 9,91$

**médias seguidas pelos desvios-padrão. ¹ [g (100 g)⁻¹] / ² (Kcal g⁻¹)

Letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro

A umidade da FA foi menor que a da FBM (Tabela 12). O bagaço de mandioca *in natura* apresenta, aproximadamente, 85 g (100 g)⁻¹ de umidade (CEREDA, 1996), enquanto os grãos de arroz são colhidos com umidade entre 15 e 30 g (100 g)⁻¹, mas ambas as farinhas devem ser armazenadas após secagem com umidade inferior à 14 g (100 g)⁻¹, ou seja, dentro dos padrões permitidos para farinhas pela legislação brasileira (BRASIL, 2005).

A FA apresentou teores inferiores em cinzas, lipídios, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel em relação à FBM, e teores superiores de carboidratos, proteína e, também, em relação ao valor energético total (Tabela 12). A FA pode ser classificada como produto com moderado teor de fibras e a FBM como de muito alto teor de fibras (MATTOS E MARTINS, 2000).

Segundo Cereda (1996), o bagaço de mandioca contém, em média, e em base seca: 75 g (100 g)⁻¹ de amido, 15 g (100 g)⁻¹ de fibra bruta, 1,6 g (100 g)⁻¹ de cinzas, 2 g (100 g)⁻¹ de proteína, 1 g (100 g)⁻¹ de açúcares e 0,8 g (100 g)⁻¹ de lipídeos, 7 g (100 g)⁻¹ de fibra alimentar, sendo 6 g (100 g)⁻¹ insolúvel e 1 g (100 g)⁻¹ solúvel. Diferindo dos valores obtidos neste trabalho, principalmente, em relação ao teor de fibras, que foi maior neste estudo, provavelmente porque existam variações muito grandes no rendimento da extração de amido de mandioca nas indústrias. Na indústria que forneceu o bagaço de mandioca deste estudo, o processo de extração estava bem ajustado, com rendimento de amido elevado, o que pode ter

contribuído para a elevação dos teores de fibra alimentar, uma vez que este resíduo é composto, principalmente, de amido e fibras (CEREDA, 1996).

Volume específico é o volume ocupado por uma unidade da massa de um material, é igual ao inverso da densidade (CAMARGO; LEONEL; MISCHAN, 2008). O volume específico dos bolos experimentais não diferiu ($p>0,05$) entre B1, B2 e B3, mas estes diferiram ($p\leq 0,05$) de B1 e B5, que não diferiram entre si ($p>0,05$) (Tabela 13). O que foi positivo, pois, os dados sugerem que a substituição da FA pela FBM não afetou o volume dos bolos até 50% de substituição de FA por FBM.

Soares Júnior et al. (2009), avaliando o volume específico de pães preparados com diferentes níveis de substituição de farinha de trigo por farelo de arroz encontraram a mesma tendência, ou seja, diminuição do volume específico com o nível de substituição, com valores de volume específico variando entre 2,70 e 4,43 mL g⁻¹. As fibras são polímeros de cadeia longa que prejudicam o processo de aeração da massa, uma vez que conseguem romper a estrutura da massa e liberar o ar retido, responsável pela aeração nos produtos de panificação como pães e bolos.

Em relação à cor dos bolos, pôde-se verificar a influência dos parâmetros instrumentais de cor obtidos nas farinhas (Tabelas 12 e 13). A luminosidade do miolo variou o percentual de substituição da FA pela FBM nos bolos, diferindo ($p\leq 0,05$) entre todos os tratamentos com tendência de diminuição com o aumento do nível de substituição da FA por FBM. Em relação à coordenada a*, todos os bolos também diferiram entre si ($p\leq 0,05$). A coordenada a* do B1 ficou próxima à neutralidade e com o aumento dos níveis de substituição da FA por FBM, os bolos tornaram-se mais avermelhados.

Todos os bolos diferiram ($p\leq 0,05$) em relação à coordenada de cromaticidade b*, com exceção de B3 e B4, que não diferiram entre si ($p>0,05$). O bolo com miolo mais amarelado foi aquele sem substituição da FA pela FBM, seguido por B2 (25% de substituição) (Tabela 13). Artigos sobre a substituição de farinha de trigo por farinhas alternativas reais em fibras em produtos de panificação relatam o mesmo fato ocorrido neste trabalho em relação à cor, ou seja, com o aumento da substituição das farinhas, os produtos tornam-se mais escuros e avermelhados (SOARES JÚNIOR et al., 2009; SAYDELLES et al., 2010; LACERDA et al., 2009).

Tabela 13. Volume específico, parâmetros instrumentais de cor (L*, a* e b*), umidade, índice de rendimento, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos, fibra total, solúvel e insolúvel e valor energético total dos bolos com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca, em (v/v)*

Variáveis físicas e químicas	Bolos com formulações com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca (%)				
	B1 (0%)	B2 (25%)	B3 (50%)	B4 (75%)	B5 (100%)
Volume específico¹	1,9 ^a (± 0,21)	1,9 ^a (± 0,17)	1,7 ^a (± 0,10)	1,3 ^b (± 0,08)	1,2 ^b (± 0,20)
L*miolo	57,5 ^a (± 0,02)	44,1 ^b (± 0,02)	29,8 ^c (± 0,05)	33,9 ^c (± 0,03)	30,7 ^d (± 0,01)
a*miolo	-0,4 ^c (± 0,02)	4,5 ^d (± 0,04)	6,0 ^c (± 0,10)	8,0 ^b (± 0,09)	8,3 ^a (± 0,04)
b*miolo	15,7 ^a (± 0,03)	15,3 ^b (± 0,04)	12,0 ^d (± 0,02)	12,2 ^d (± 0,26)	12,8 ^c (± 0,16)
Umidade²	29,6 ^d (± 0,39)	28,5 ^d (± 0,23)	37,0 ^c (± 0,23)	46,4 ^b (± 0,62)	52,6 ^a (± 0,69)
Índice de rendimento	0,72	1,03	0,91	1,02	1,11
Cinzas²	3,1 ^d (± 0,02)	3,0 ^c (± 0,04)	3,5 ^c (± 0,01)	3,9 ^b (± 0,03)	5,1 ^a (± 0,01)
Lipídeos²	8,6 ^c (± 0,39)	16,1 ^a (± 0,44)	14,8 ^b (± 0,29)	13,4 ^c (± 0,25)	10,3 ^d (± 0,34)
Proteína²	8,5 ^{ab} (± 0,23)	8,6 ^a (± 0,06)	8,4 ^{ab} (± 0,05)	8,1 ^b (± 0,26)	7,2 ^c (± 0,09)
Carboidratos²	75,7 ^a (± 0,50)	60,8 ^b (± 0,36)	56,0 ^c (± 0,33)	55,4 ^c (± 0,39)	55,7 ^c (± 0,25)
Fibra alimentar total²	4,1 ^c (± 0,56)	11,5 ^b (± 0,97)	17,3 ^a (± 1,23)	19,2 ^a (± 1,08)	21,7 ^a (± 0,59)
Fibra solúvel²	0,6 ^c (± 0,24)	2,6 ^{ab} (± 0,36)	2,8 ^{ab} (± 0,47)	1,5 ^{bc} (± 0,27)	3,3 ^a (± 0,28)
Fibra Insolúvel²	3,5 ^d (± 0,33)	8,9 ^c (± 1,07)	14,5 ^b (± 0,76)	17,7 ^{ab} (± 0,80)	18,4 ^a (± 0,39)
Valor energético total³	281,7 ^a (± 3,80)	276,14 ^a (± 9,08)	209,6 ^b (± 7,00)	162,8 ^c (± 9,53)	128,6 ^d (± 5,81)

*Letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro – valores expressos em médias seguidas pelos desvios-padrão – umidade e valor energético expressos em base úmida e composição centesimal em base seca.

¹ mL g⁻¹ / ² g (100 g)⁻¹ / ³ Kcal g⁻¹

Em relação à umidade, houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os bolos, com exceção do B1 e B2 ($p > 0,05$), aumentando com o nível de substituição da FA por FMB (Tabela 13), fato relacionado com a elevação do teor de fibra, que absorve maior quantidade de água. A absorção de água por produtos de panificação depende, principalmente, de dois parâmetros: o conteúdo de proteína e o conteúdo de fibras da massa. A proteína absorve o equivalente a seu peso em água. As fibras têm uma grande capacidade de união com a água e podem ser

responsáveis pela absorção de água em até um terço do peso da massa (CAUVAIN; YOUNG, 2002).

Os bolos com substituição de FA por FBM apresentaram índice de rendimento maior que B1. Com a elevação do nível de substituição de FA por FBM, a somatória dos ingredientes foram menores, devido às diferentes densidades das farinhas, entretanto, as massas dos bolos ficaram proporcionalmente maiores, devido ao maior teor de fibras, que retém mais umidade no produto final, e que, provavelmente, diminuiu a variação do índice de rendimento. Tedrus et al. (2001), verificaram o mesmo fenômeno em pães com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia, relatando que a capacidade de absorção de água aumentou conforme o incremento do teor de farinha de aveia na mistura, o qual se deve, principalmente, ao conteúdo de fibras presentes na farinha de aveia.

Os valores de cinzas e fibras alimentares totais, solúvel e insolúvel tenderam a aumentar em função do aumento dos percentuais de substituição de FA por FBM. Enquanto os teores de proteína, carboidratos e o valor energético apresentaram tendência oposta (Tabela 13). Para cinzas e lipídeos, todos os tratamentos apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$); para proteína os tratamentos B2, B4 e B5 diferiram entre si ($p \leq 0,05$), enquanto B1 e B3 somente diferiram de B5 ($p \leq 0,05$); para carboidratos e fibra alimentar total, os tratamentos B3, B4 e B5 não diferiram entre si ($p > 0,05$), mas estes diferiram de B1 e B2 ($p \leq 0,05$), que diferiram dos demais ($p \leq 0,05$); na fibra solúvel, B5 diferiu de B4 e B1, B3 e B2 só diferiram de B1 e B1 só não diferiu de B4; na fibra insolúvel, B5 só não diferiu de B4, B4 não diferiu de B3 e B5, B3 só não diferiu de B4 e B1 e B2 diferiram de todos os tratamentos; todos os bolos diferiram em relação ao valor energético total ($p \leq 0,05$), exceto B1 e B2 que não diferiram entre si ($p > 0,05$). Nos lipídeos, o comportamento das amostras de bolo não foi o esperado, uma vez que, a FBM apresentou maior teor de lipídeos que a FA (Tabela 12). Desta forma, o aumento dos níveis de substituição da FA pela FBM, deveria resultar em aumento progressivo do teor de lipídeo nos bolos, o que não ocorreu. Isso pode ser justificado, em parte, pela complexação de moléculas de lipídeos e carboidratos que podem formar outros componentes, que não são determinados na análise de lipídios. Ou seja, estes complexos podem superestimar ou subestimar os componentes (CORRADINI et al., 2005).

Fasolin (2007) e Assis (2009), ao elaborarem biscoitos doces, substituindo parte da farinha de trigo por farinha de banana e de aveia, e farinha de arroz, respectivamente, observaram teores de proteínas superiores e de lipídios, cinzas e fibras inferiores aos dos bolos formulados no presente estudo. Isso deve-se ao fato das farinhas utilizadas pelos autores apresentarem teores de proteína maiores que a FA e a FBM, e esta última, maiores teores de

lipídios, fibras e cinzas. Schamne, Dutcosky e Demiate (2010), observaram em bolos formulados com misturas de FA, amido de milho e amido de mandioca menores teores de cinzas [2,68 g (100 g)⁻¹], carboidratos [39,92 g (100 g)⁻¹], fibra alimentar total [5,52 g (100 g)⁻¹] e proteínas [7,7 g (100 g)⁻¹] e valor energético superior [369,49 Kcal (100 g)⁻¹] ao encontrado no presente estudo.

As fibras alimentares têm sido amplamente reconhecidas, devido às suas propriedades relacionadas à promoção da saúde. A adição de fibras ou ingredientes ricos em fibras em alimentos tem sido uma alternativa encontrada para compensar a deficiência existente na dieta (IOM, 2001). O bolo B1 (0% de substituição de FA por FBM) pode ser considerado fonte de fibras e os demais bolos como alimentos ricos em fibras (BRASIL, 1998). A genética, o sedentarismo, o tabagismo, o ganho ponderal progressivo e uma dieta rica em carboidratos refinados, gorduras saturadas e pobres em fibras alimentares contribuem para o desenvolvimento da síndrome metabólica, considerada um fator que promove a aterosclerose e eleva o risco cardiovascular (PITSAVOS et al., 2003).

As fibras alimentares solúvel e insolúvel seguiram a mesma tendência da fibra alimentar total, ou seja, com o aumento dos níveis de substituição da FA pela FBM, os teores de fibra alimentar solúvel e insolúvel aumentaram, sendo que todos os bolos apresentaram maiores teores de fibra alimentar insolúvel que solúvel. O que é esperado, uma vez que o bagaço de mandioca apresenta fragmentos de casca em sua composição, que por sua vez é rica em fibra alimentar insolúvel, desta forma os produtos formulados com a FBM deverão apresentar quantidades significativas deste tipo de fibra alimentar.

Do ponto de vista microbiológico, as amostras de FA, de FBM e dos bolos experimentais não apresentaram contaminação pelos micro-organismos pesquisados. Isso pode ser atribuído ao processo de acidificação e secagem ao qual a FBM foi submetida, ao forneamento dos bolos, e também, às boas práticas de produção seguidas.

Na análise sensorial, todos os bolos ultrapassaram o ponto de corte (escore 6), definido como aceitável pelos consumidores (Tabela 14). A maioria dos escores ficaram entre 7 e 8, ou seja, entre gostei moderadamente e gostei muito, com exceção da textura e do sabor para o B1 e da aparência e da textura para o B2, que obtiveram escores entre 6 e 7 (gostei ligeiramente a gostei moderadamente).

Tabela 14. Escores de aparência, aroma, textura e sabor dos bolos com diferentes níveis de substituição de farinha de arroz por farinha do bagaço de mandioca em v/v¹

Atributos	Formulações com diferentes percentuais de substituição de farinha de arroz por farinha de bagaço de mandioca (v/v) [*]				
	B1 (0%)	B2 (25%)	B3 (50%)	B4 (75%)	B5 (100%)
Aparência	7,1 ^a (± 1,37)	6,7 ^a (± 1,55)	7,2 ^a (± 1,03)	7,0 ^a (± 1,55)	7,0 ^a (± 1,28)
Aroma	7,0 ^a (± 1,59)	7,3 ^a (± 1,15)	7,6 ^a (± 1,19)	7,4 ^a (± 1,29)	7,0 ^a (± 1,20)
Textura	6,3 ^b (± 1,56)	6,8 ^{ab} (± 1,58)	7,4 ^a (± 1,08)	7,5 ^a (± 1,08)	7,1 ^{ab} (± 1,26)
Sabor	6,8 ^b (± 1,45)	7,2 ^{ab} (± 1,15)	7,6 ^a (± 1,15)	7,6 ^a (± 1,01)	7,0 ^{ab} (± 1,69)
Aceitação global	6,8 ^b (± 1,16)	7,0 ^{ab} (± 1,05)	7,5 ^a (± 0,91)	7,4 ^{ab} (± 0,90)	7,0 ^{ab} (± 1,08)

¹Letras iguais na mesma linha não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade de erro.

^{*}médias seguidas pelos desvios-padrão.

Não houve diferença ($p>0,05$) entre os bolos quanto a aparência e aroma. Para textura e sabor os maiores escores foram obtidos nos bolos com 50% (B3) e 75% (B4) de substituição de FA por FBM. Estes só diferiram do B1, que obteve os menores escores para ambos atributos ($p\leq 0,05$). Os índices médios de aceitação global de todos os bolos formulados, também, foram superiores aos observados por Assis (2009) em biscoitos com bagaço de mandioca ricos em fibra. Os bolos que obtiveram maior aceitação global foram formulados com 50 e 75% de substituição da FA pela FBM. Apenas B1 difere de B3 ($p\leq 0,05$), sendo que B1 obteve a menor média global (Tabela 14).

A ingestão de uma porção de 50 g do bolo B3 de maior aceitação global, ou seja, com 50% de substituição da FA por FBM contribuiria para um adulto (na faixa etária entre 19 à 30 anos) com 13,6% da necessidade diária de carboidratos e 6% das calorias em ambos os sexos; 14,32% (homem) e 21,76% (mulher) de fibra alimentar total; e 4,71% (homem) e 5,74% (mulher) de proteínas (IOM, 2005).

Em relação à intenção de compra, no B1, B2 e B5 a maioria dos consumidores (34,21%, 44,73 e 40% respectivamente) optaram pela opção de “talvez comprasse / talvez não comprasse”, já no B3 e B4 a opção mais escolhida foi a de “possivelmente compraria” (57,5% e 41,02% respectivamente), confirmando a preferência dos consumidores pelos bolos B3 e B4 (50 e 75% de substituição de FA por FBM). Desta forma, todas as misturas para bolos poderiam ser comercializadas e, provavelmente, teriam uma boa aceitação no mercado.

6 CONCLUSÕES

O pH da casca e do bagaço de mandioca está relacionado com o desenvolvimento dos coliformes totais e bolores e leveduras durante o armazenamento a temperatura ambiente, sendo um fator ambiental relevante para inibir a proliferação microbiana em matéria orgânica. Em todas as matérias-primas analisadas os micro-organismos encontrados indicam condições de higiene insatisfatórias no processo de produção, o que poderia ser melhorado. O hipoclorito de sódio foi parcialmente eficiente no controle da população de coliformes nas cascas de mandioca, mas não foi eficiente na de bolores e leveduras. Houve redução das contagens após sanitização durante o armazenamento a temperatura ambiente somente para coliformes totais.

A acidificação aplicada no bagaço de mandioca, visando a redução e / ou eliminação da carga microbiana foi efetiva para os coliformes totais, pois conseguiu reduzir e manter até 12 h de armazenamento a temperatura ambiente valores de pH próximos a 4,8, o que dificultou o desenvolvimento dos coliformes totais que apresentaram contagem na faixa de 10^3 . Porém, em relação a bolores e leveduras o tratamento não foi eficiente.

Com base nos padrões microbiológicos exigidos pela RDC nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil, as cascas e o bagaço de mandioca podem ser considerados próprios para o consumo, pois, não representam risco para a saúde do consumidor, uma vez que não verificaram-se microrganismos patogênicos e neste regulamento não exige a contagem de coliformes totais e bolores e leveduras. As cascas de mandioca sanitizadas e o bagaço de mandioca acidificado podem ser considerados seguros para utilização como ingrediente (farinha) em formulações de produtos alimentícios, principalmente, naqueles que sofrerão tratamento térmico.

Os resultados obtidos nas formulações dos bolos demonstram a possibilidade de utilização das farinhas de cascas e de bagaço de mandioca como substituintes da farinha de arroz em formulações de bolos sem glúten, uma vez que estes apresentaram resultados satisfatórios em relação às características físicas, valor nutricional, segurança microbiológica e características sensoriais. As farinhas de cascas e de bagaço de mandioca são uma alternativa da indústria produtora de fécula de mandioca, para agregar valor aos seus resíduos sólidos, que depois de processados podem ser utilizados como ingredientes no desenvolvimento de produtos para alimentação humana.

REFERÊNCIAS

- ABAM. Associação Brasileira dos Produtores de Mandioca. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/>>. Acesso em: 20 mar. 2010.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Compendium of methods for the microbiological examination for foods**. Washington: APHA, 2001, 676 p.
- AOAC international - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- ARAÚJO, F. M. M. C.; MACHADO, A. V.; CENA, V. S. Estudo do branqueamento e do uso de embalagens na conservação de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) minimamente processada. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 30-36, 2010.
- ASSIS, L. M. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p.15-24, 2009.
- AUGUSTO-RUIZ, W.; BONATO, S. R.; ARRIECHE, L. S.; ALVES, F. V. Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz integral produzida a partir de grãos quebrados. **Vetor**, Rio Grande, v. 13, p. 25 - 46, 2003.
- BENEVIDES, C. M. J.; FURTUNATO, D. M. N. Hortaliças acidificadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 271-274, 1998.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Portaria nº27**, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. Brasília: ANVISA, 1998. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: Abril 2008.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12**, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <<http://www.e-legis.bvs.br>>. Acesso em: 22 mar. 2009.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 360**, de 23 de dezembro de 2003. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>>. Acesso em: 26 jun. 2009.
- BRASIL. **Resolução RDC nº. 263**, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005.
- 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.

CAGNON, J. R.; CEREDA, M. P.; PANTAROTTO, S. Glicosídeos cianogênicos da cassava: biossíntese, distribuição, detoxificação e métodos de dosagem. In: CEREDA, M. P. (Coord.) **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002, v.2. cap. 5. p. 83-99. (Série Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

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.

CARDOSO, C. E. L. **Efeitos de políticas sobre a produção de mandioca no Brasil**. 1995. 180p. Dissertação (Mestrado em Economia Agrária) - Escola Superior de Agricultura "Lutz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

CARDOSO, C. E. L.; LEAL, M. S. Mandioca: mudanças nas raízes. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 6, p. 55-60, 1999.

CARTA, F. S.; SOCCOL, C. R.; RAMOS, L. P.; FONTANA, J. D. Production of fumaric acid by fermentation of enzymatic hydrolysates derived from cassava bagasse. **Bioresource Technology**, New York, v. 68, p. 23-28, 1999.

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V. P.; RIBEIRO, V. E.; CARVALHO, H. P. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 129 – 137, 1996.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Fabricación de Pan**. 1 ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 2002. 440 p.

CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994, p.11-50.

CEREDA, M. P. **Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais – Universidade Estadual Paulista, 1996. 56p.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. cap. 1, p. 13 - 37.

CEREDA, M. P. **Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 2.

CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. **Metodologia de determinação de amido**. ABAM: Associação Brasileira dos produtores de Amido de Mandioca, ano II, n. 8, 2004.

CEREDA, M. P.; TAKAHASHI, M. Cassava wastes: their characterization and uses and treatment in Brazil. In: DUFOUR, D.; O'BRIEN, G. M.; BEST, R. **Cassava Flour and Starch**. Cali: CIAT, 1996. p. 222.

CEREDA, M. P.; TAKITANE, L. C.; CHUZEL, G.; VILPOUX, O. Starch potential in Brazil. In: DUFOUR, D.; O'BRIEN, G. M.; BEST, R. **Cassava Flour and Starch**. Cali: CIAT, 1996. p. 19-24.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologias usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v.3. p. 711.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; TAKAHASHI, M. Balança hidrostática como forma de avaliação do teor de massa seca e amido. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v. 3. p. 23-54.

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.

CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15, n. 4, p. 268 – 273, 2005.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; CARVALHO, L. J. C. Características e Propriedades do Amido Extraído de Camadas do Tecido da Raiz de Mandioca cv. Mico (Manihot esculenta Crantz). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, p. 217 – 223, 2002.

DORS, G. C.; PINTO, R. H.; BADIALE-FURLONG, E. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 219-224, 2009.

EMBRAPA. Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Importância da mandioca**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrado/s/importancia.htm>. Acesso em: 25 maio 2009.

ESCOUTO, L. F. S.; CEREDA, M. P. **Elaboração de pré-mistura de massa para pão sem glúten a partir de derivados energéticos de mandioca**. 2004. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômica, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

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

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food Outlook**, 2010. Disponível em: http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp. Acesso em: 17 out. 2010.

FASOLIN, L. H. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.3, p.524-529, 2007.

FERREIRA NETO, C.; NASCIMENTO, E. M.; FIGUEIRÊDO, R. M.; QUEIROZ, A. J. M. Microbiologia de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) durante o armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 551-555, 2004.

FILISSETTI, T. M. C. C. Fibra alimentar na produção de alimentos funcionais. In: CICLO DE PALESTRAS “ALIMENTOS FUNCIONAIS – ASPECTOS TECNOLÓGICOS”. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2002.

FRANCO, B. G. M; LANDGRAF, M.. T. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu. 2005. 712p.

GARCIA, D. M.. **Efeito da época de colheita na qualidade do arroz de terras altas submetido à parboilização**. 2009. 120p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

HOFFMANN, F. L.; GARCIA-CRUZ, C. H.; VINTURIM, T. M. Determinação da atividade antibacteriana de desinfetantes. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.9, n.39, p.29-34, 1995.

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

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

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids**. Washington: National Academy Press, 2005. 1331 p

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1002p. 2008.

ISI - INTERNATIONAL STARCH INSTITUTE. Disponível em: <http://www.starch.dk>. Acesso em 23 nov. 2010.

JACQUET, S. **Otimização do processo de extração nas fecularias de mandioca**. Botucatu: Centro de Raízes e Amidos Tropicais, 1999. 24p.

JAY, M. J. **Microbiologia de Alimentos**, 6 ed., Porto Alegre: Artmed, 2005, 711p.

Jl, Y.; ZHU, K.; OIAN, H.; ZHOU, H. Microbiological characteristics of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. **Food Control**, Amsterdam, v. 18, p. 1507 – 1511, 2007.

KOSTINEK, M.; SPECHT, I.; EDWARD, V. A.; PINTO, C.; EGOUNLETY, M.; SOSSA, C.; MBUGUA, S.; DORTU, C.; THONART, P.; TALJAARD, L.; MENGU, M.; FRANZ, C. M. A. P.; HOLZAPFEL, W. H. Characterization and biochemical properties of predominant lactic acid bacteria from fermenting cassava for selection as starter cultures. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 114, n. 3, p. 342-351, 2007.

LACERDA, I. C. A.; MIRANDA, R. L.; BORELLI, B. M.; NUNES, A. C.; NARDI, R. M. D.; LACHANCE, M. A.; ROSA, C. A. Lactic acid bacteria and yeasts associated with spontaneous fermentations during the production of sour cassava starch in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 115, n. 2, p. 213-219, 2005.

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

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**, 2 ed., São Paulo: Sarvier, 1995, p. 68-73.

LEONEL, M. O farelo, subproduto da extração de fécula de mandioca. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargil, 2003. v. 3. p. 211-217.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização do resíduo fibroso da industrialização da mandioca. In: SINERGIA, 1999, Botucatu. **Anais...Botucatu**: 1999, p. 151-156.

LEONEL, M., CEREDA, M.P., ROAU, X. Cassava bagasse as dietary product. **Tropical Science**, New York, v. 38, n. 4, 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. 113-118, 1999.

LEONEL, M.; JACKY, S.; CEREDA, M. P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce - um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 86-92, 1998.

LUND, D. G.; PETRINI, L. A.; ALEIXO, J. A. G.; ROMBALDI, C. V. Uso de sanitizantes na redução da carga microbiana de mandioca minimamente processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, 2005, p.1431-1435.

LUND, D. G.; ZAICOVSKI, C. B.; PRIETO, L. M.; CONCEIÇÃO, R. C. S.; ALEIXO, J. A. G.; ROMBALDI, C. V. Qualidade microbiana e aspecto visual de mandioca minimamente processada. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 213-216, 2007.

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

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

MESQUITA, M. O.; DANIEL, A. P.; SACCOL, A. L. F.; MILANE, L. I. G.; FRIES, L. L. M. Qualidade microbiológica no processamento do frango assado em unidade de alimentação e nutrição. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.26, n.1, p.198-203, 2006.

NÉE KOSTINEK, M. H.; HANAK, A.; SPECHT, I.; DORTU, C. M.; THONART, P.; MBUGUA, S.; HOLZAPFEL, W. H.; HERTEL, C.; FRANZ, C. M. A. P. Use of *Lactobacillus* strains to start cassava fermentations for Gari production. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 128, n. 2, p. 258-267, 2008.

OGBOGHODO, I. A.; OLUWAFEMI, A. P.; EKEH, S. M. Effects of polluting soil with cassava mill effluent on the bacteria and fungi populations of a soil cultivated with maize. **Environmental Monitoring and Assessment**, Amsterdam, v. 116, n. 1-3, p. 419-425, 2006.

OLIVEIRA, M. A. Efeito da sanitização e de agente antioxidante em raízes de mandioca minimamente processadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 339-344, 2003.

OLIVEIRA, M. F. M.; SILVA, J. A.; BRITO, M. C. Aspectos da contaminação alimentar por Salmonella. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21, n. 148, p. 47-53, 2007.

ORNELLAS, L. H. **Técnica Dietética**: seleção e preparo de alimentos. 7ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 330p.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V. T.; VANDENBERGHE, L. P. S.; MOHAN, R. Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. **Bioresource Technology**, New York, v. 74, p.81-87, 2000.

PANTAROTTO, S.; CEREDA, M. P. Linamarina e sua decomposição no ambiente. In: CEREDA, M. P. (Coord.) **Manejo, uso e tratamento de subproduto da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. v. 4. cap. 2. p. 38-47. (Série Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

PIPEK, P.; HOUSKA, M.; JELENIKOVA, J.; KYHOS, K.; HOKE, K.; SIKULOVA, M. Microbial decontamination of beef carcasses by combination of steaming and lactic acid spray. **Journal of Food Engineering**, Berkeley, v. 67, n. ,p. 309-315, 2005.

PIPER, P.; CALDERON, C. O.; HATZIXANTHIS, K.; MOLLAPOUR, M. Weak acid adaptation: the stress response that confers yeasts with resistance to organic acid food preservatives. **Microbiology**, London, v. 147, p. 2635-2642, 2001.

PITSAVOS, C; PANAGIOTAKOS, D; CHRYSOHOOU, C; PAPAIOANNOU, I; PAPADIMITRIOU, L; TOUSOULIS, D. The Adoption of Mediterranean diet attenuates the development of acute coronary syndromes in people with the metabolic syndrome. **Journal of Nutrition**, Bethesda,v. 2, n. 1, p. 1-7, 2003.

PRETORIUS, I. S. Tailoring wine yeast for the new millennium: novel approaches to the ancient art of winemaking. **Yeast**, v. 16, p. 675-729, 2000.

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. 145-151, 1999.

RODRIGUES, J. P. M. **Caracterização e análise sensorial de biscoitos de polvilho enriquecidos com farelo de mandioca**. 2010. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

ROUKAS, T. Citric acid production from carob pod extract by cell recycle of *Aspergillus niger* ATCC 9142. **Food Biotechnology**, Amherst, v. 12, n. 1-2, p. 91-95, 1998.

RUIZ-CRUZ, S.; ACEDO-FÉLIX, E.; DÍAZ-CINCO, M.; ISLAS-OSUNA, M. A.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella spp.* and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. **Food Control**, Amsterdam, v. 18, p. 1383-1390, 2007.

SANT'ANA, A. et al. Análise de perigos no processamento mínimo de vegetais. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 80-84, 2002.

SAYDELLES, B. M.; OLIVEIRA, V. R.; VIERA, V. B.; MARQUES, C. T.; ROSA, C. S. Elaboração e análise sensorial de biscoito recheado enriquecido com fibras e com menor teor de gordura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.3, p.644-647, 2010.

SANTOS, J.; RIBEIRO, G. A. Avaliação microbiológica de sucos de laranja “in natura”, comercializadas na cidade de Pelotas, RS. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 20, n. 138, p. 104 - 107, 2006.

SCHAMNE, C.; DUTCOSKY, S. D.; DEMIATE, I. M. Obtention and characterization of gluten-free baked products. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 741-750, 2010.

SDEPANIAN, V. L.; MORAIS, M. B.; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: avaliação da obediência à dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). **Arquivos de Gastroenterologia**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 232 – 239, 2001.

SEAB. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/mandioca2005_2006.pdf>. Acesso em: 27 maio 2009.

SEAB – Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11**. 16p. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

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. 158p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA JÚNIOR, E. A. **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. 6. ed. São Paulo: Varela, 2005. 623p.

SILVA, L. M. R.; ABREU, D. A. A.; SOARES, D. J.; PONTES, D. F.; CONSTANT, P. B. L.5. Processamento de bolo com farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*): estudo de aceitabilidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 125-132, 2010.

SNYDER, C. H. **The extraordinary chemistry of ordinary things**. 2 ed., New York: John Wiley & Sons, p. 242-245, 574-575, 1995.

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M., GEBIN, P. F. C.; JUNQUEIRA, T. L.; GOMES, V. A.; LACERDA, B. C. L. D. Qualidade de pães com farelo de arroz torrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.3, p. 636-641, 2009.

SOCOL, C. R. Biotechnological products from cassava roots by solid state fermentation. **Journal Science Industry**, New Delhi, v. 55, p. 358-364, 1996.

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. 902 – 912, 2008.

STAMFORD, T. L. M.; SILVA, C. G. M.; MOTA, M. A.; CUNHA NETO, A. Enterotoxigenicidade de *Staphylococcus sp* isolados de leite in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 41 - 45, 2006.

STASOFT. **STATISTICA 7.0 for Windows** – Computar program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007. CD Room.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. New York: Academic Press, 1993. 3380p.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. Paranavaí: Indemil/Yoki, 2001. 88p.

TEDRUS, G. A. S.; ORMENESE, R. C. S. C.; SPERANZA, S. M.; CHANG, Y. K.; BUSTOS, F. M. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, 2001.

TORBICA, A.; HADNACEV, M.; DAPCEVIC, T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. **Food Hydrocolloids**, Boca Raton, v. 24, p. 626 – 632, 2010.

TSAY-WUA, J. A.; INYANG, C. U.; AKPAPUNAM, M. A. Microbiological quality of fermented cassava flour 'kpor umilin'. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Amsterdam, v. 55, n. 4, p. 317-324, 2004.

VALLE, T. L. Melhoramento de mandioca. **Revista Associação Brasileira de Produtores de Mandioca**, Paranavaí, n. 7, 2004. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/revista/revista7/melhoramento.php>>. Acesso em: 25 maio 2011.

VASCONCELOS, E. C.; ZAPATA, J. F. F.; FIGUEIREDO, E. A.; CASTELO BRANCO, M. A. A.; BORGES, A. S. A microbiota da carcaça e da carne ovina tratada com ácido acético, embalada a vácuo e maturada por 48 dias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 272 – 277, 2002.

VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p. 2574 - 2579, 2010.

VILPOUX, O. **Análise do setor de mandioca no sul do Brasil**. Botucatu: Centro de Raízes e Amidos Tropicais - Universidade Estadual Paulista. 1998. 83p.

VILPOUX, O. **Fécula de mandioca no Brasil**. Botucatu: Raízes, 2003. 14p.

WILSON, E. D.; SANTOS, A. C.; VIEIRA, E. C. Energia. In: OLIVEIRA, J. E. D.; SANTOS, A. C.; WILSON, E. D. (Coords.). **Nutrição básica**. São Paulo: Sarvier, 1982. P. 79 -97.

APÊNDICES

APÊNDICE A

FICHAS DE AVALIAÇÃO PARA ANÁLISE SENSORIAL

Ficha de avaliação sensorial para aparência

Nome: _____ Data: ____/____/____

Observe a amostra codificada do bolo e avalie o quanto você gostou ou desgostou da mesma utilizando a escala abaixo:

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

Amostra nº.	Nota
_____	_____

Ficha de avaliação sensorial para sabor

Prove a amostra codificada do bolo e avalie o quanto você gostou ou desgostou da mesma em relação ao sabor utilizando a escala abaixo:

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

Amostra nº.	Nota
_____	_____

Ficha de avaliação sensorial para aroma

Sinta o cheiro da amostra codificada do bolo e avalie o quanto você gostou ou desgostou da mesma utilizando a escala abaixo:

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

Amostra nº.	Nota
_____	_____

Ficha de avaliação sensorial para textura

Nome: _____ Data: ____/____/____

Prove a amostra codificada do bolo e avalie o quanto você gostou ou desgostou da mesma utilizando a escala abaixo:

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

Amostra n°.	Nota
_____	_____

Comentários:

Agora, com base em sua opinião sobre esta amostra de bolo, se encontrasse a venda você:

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

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS FACULDADE DE NUTRIÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás pelo telefone 3521-1215 ou 3521-1076.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Segurança Microbiológica dos Resíduos de Fecularia e Aplicação na Alimentação para Celíacos

Pesquisadora Responsável: Thaísa Anders Carvalho Souza (nutricionista)

Orientador (a): Prof^o Dr^o Manoel Soares Soares Júnior

Telefones para contato (inclusive ligações a cobrar): 39423827 / 82101010 (pesquisadora); 3204-2320 (orientador).

A pesquisa tem por objetivo verificar a segurança dos resíduos de fecularia de mandioca (bagaço e cascas), do ponto de vista microbiológico, para serem utilizados na alimentação humana. Na forma , com diferentes tempos de armazenamento à temperatura ambiente; com tratamentos químicos; após a desidratação, na forma de farinhas de bagaço e de cascas; e em produtos forneados formulados com as farinhas.

A degustação do bolo não implica em qualquer risco para os participantes da pesquisa. Além disso, os provadores não são obrigados a ingerir a amostra. Para maior segurança dos participantes, o bolo será avaliado quanto à qualidade higiênico-sanitária antes do teste de aceitação. O nome dos provadores será sigiloso.

Caso sejam comprovadas alterações da saúde dos provadores por causa da degustação do bolo, a pesquisadora Thaísa Anders Carvalho Souza se responsabilizará pelo ressarcimento de qualquer prejuízo.

Pesquisador: Thaísa Anders Carvalho Souza

Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora Thaísa Anders Carvalho Souza sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento.

Data: _____

Assinatura do participante: _____