

Pesquisa Agropecuária Tropical

ISSN: 1517-6398

pat@agro.ufg.br

Escola de Agronomia e Engenharia de  
Alimentos

Brasil

Fiorda, Fernanda Assumpção; Soares Soares Júnior, Manoel; Alves da Silva, Flávio; Reis  
Fontinelle Souto, Luciana; Eiras Grossmann, Maria Victória

Farinha de babaçu de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com  
fécula de mandioca

Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 43, núm. 4, octubre-diciembre, 2013, pp. 408-416

Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos  
Goiânia, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253028843009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca<sup>1</sup>

Fernanda Assumpção Fiorda<sup>2</sup>, Manoel Soares Soares Júnior<sup>2</sup>,  
Flávio Alves da Silva<sup>2</sup>, Luciana Reis Fontinelle Souto<sup>2</sup>, Maria Victória Eiras Grossmann<sup>3</sup>

## ABSTRACT

Cassava bagasse flour: byproduct utilization and comparison with cassava starch

The production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch generates cassava bagasse, which is the fibrous residue from the root. Due to its economic, physical, chemical, nutritional and technological importance, this study aimed at developing a flour from cassava bagasse, evaluating its properties and comparing them with those of cassava starch, in order to promote its use and provide information for industry processors and consumers. Analysis of proximate composition, total energy value, particle size, water activity, color, microscopy, water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and oil absorption index (OAI) were carried out. In relation to cassava starch, the bagasse flour showed much higher contents of total [63.95 g (100 g)<sup>-1</sup>], soluble [3.51 g (100 g)<sup>-1</sup>] and insoluble [56.84 g (100 g)<sup>-1</sup>] dietary fiber, as well as proteins [1.97 g (100 g)<sup>-1</sup>], ashes [1.81 g (100 g)<sup>-1</sup>] and lipids [2.35 g (100 g)<sup>-1</sup>]. The cassava bagasse flour presents low cost and desirable technological properties, such as WAI [6.73 g of gel (g dry mass)<sup>-1</sup>] and WSI (1.23%), being also an alternative raw material, with differentiated technological characteristics. It can possibly be used in paps, puddings, baby food and especially in diet or light food.

KEY-WORDS: *Manihot esculenta* Cranz; starch; dietary fiber.

## RESUMO

Na produção da fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), é gerado o bagaço de mandioca, que é o resíduo fibroso da raiz. Frente à importância econômica, físico-química, tecnológica e nutricional deste resíduo, objetivou-se desenvolver uma farinha, a partir do bagaço de mandioca, avaliar suas propriedades e compará-las com as da fécula, a fim de fomentar o seu uso e fornecer informações, tanto para as indústrias produtoras quanto aos consumidores. Foram realizadas análises de composição centesimal, valor energético total, granulometria, atividade de água, cor, microscopia e índice de absorção de água (IAA), solubilidade em água (ISA) e absorção de óleo (IAO). Em relação à fécula de mandioca, a farinha de bagaço apresentou teores muito mais elevados de fibra alimentar total [63,95 g (100g)<sup>-1</sup>], solúvel [3,51 g (100 g)<sup>-1</sup>] e insolúvel [56,84 g (100 g)<sup>-1</sup>], bem como valores de proteínas [1,97 g (100 g)<sup>-1</sup>], teor de cinzas [1,81 g (100 g)<sup>-1</sup>] e lipídios [2,35 g (100 g)<sup>-1</sup>]. A farinha de bagaço de mandioca apresenta baixo custo e propriedades tecnológicas desejáveis, como IAA [6,73 g de gel (g de matéria seca)<sup>-1</sup>] e ISA (1,23%), sendo, também, uma matéria-prima alternativa, com características tecnológicas diferenciadas. Sugere-se sua aplicação em mingaus, cremes, alimentos infantis e, principalmente, em alimentos *diet ou light*.

PALAVRAS-CHAVE: *Manihot esculenta* Cranz; amido; fibra alimentar.

## INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) é uma das mais importantes culturas alimentares nos trópicos úmidos e adapta-se, particularmente, a ambientes de baixa disponibilidade de água e nutrientes.

Devido ao fato de a mandioca apresentar uma série de vantagens (fácil propagação, tolerância ao déficit hídrico, rendimento satisfatório - mesmo em solos de baixa fertilidade - e resistência ou tolerância

a pragas e doenças), em relação a outras culturas, e ser um alimento de extrema importância para a população, principalmente de países tropicais, onde sua produção é mais elevada, sua industrialização vem ganhando destaque na economia, sendo utilizada como matéria-prima para diversos produtos, como a fécula e seus derivados (Freitas & Leonel 2008).

No entanto, o processamento industrial da mandioca causa sérios problemas ambientais, pois, mesmo as pequenas unidades fabris, como as casas

1. Trabalho recebido em mar./2013 e aceito para publicação em nov./2013 (nº registro: PAT 23381).

2. Universidade Federal de Goiás (UFG), Escola de Agronomia, Setor de Engenharia de Alimentos, Goiânia, GO, Brasil.

E-mails: fernandafiorda@gmail.com, msssoaresjr@hotmail.com, flaviocamp@gmail.com, lufontinelle@gmail.com.

3. Universidade Estadual de Londrina (UEL), Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Londrina, PR, Brasil. E-mail: victoria@uel.br.

de farinha e polvilheiras, podem gerar quantidades significativas de resíduos sólidos (casca, entrecasca e bagaço) ou líquidos (manipueira e água vegetal) (Camargo et al. 2008).

O bagaço de mandioca é composto pelo material fibroso da raiz e contém parte do amido que não foi possível extraí-lo no processamento. Este material é gerado na etapa de separação da fécula e, por ser intumescido de água, apresenta teor de umidade maior que a própria matéria-prima (aproximadamente 85%) (Rodrigues et al. 2011).

No mundo, são produzidas mais de 256 milhões de toneladas de mandioca, sendo o Brasil o terceiro maior produtor (cerca de 25,4 milhões de toneladas) (FAO 2011). A mandioca é cultivada em todas as regiões e representa a segunda mais importante fonte de amido, no Brasil, constituindo um insumo industrial em setores estratégicos da economia. Os principais Estados produtores, em 2011, foram o Pará, Paraná, Bahia, Maranhão e Rio Grande do Sul. No mesmo ano, a produção de fécula de mandioca foi de 542,2 mil toneladas, sendo o Estado do Paraná o maior produtor (IBGE 2011).

Nas fecularias, para cada tonelada de raiz processada, são produzidos cerca de 250 kg de fécula de mandioca, com 12% de umidade, e 928,6 kg de bagaço, com 85% de umidade (base úmida), totalizando 35,93% de matéria seca nas raízes. Na produção brasileira de fécula de mandioca, são geradas 2,09 milhões de toneladas deste resíduo úmido e, no mundo, 28,6 milhões de toneladas (FAO 2011, IBGE 2011). Considerando-se a farinha de bagaço de mandioca com teor de umidade de 12%, poderiam ser geradas 566 mil toneladas desta farinha, no Brasil, e 7,72 milhões de toneladas, no mundo.

Visando à diminuição dos custos, nos processos de agroindustrialização de matérias-primas vegetais, investigações têm sido realizadas para a transformação de resíduos em subprodutos e, deste modo, agregar valor ao sistema como um todo. Além disto, a utilização de resíduos agroindustriais é uma opção para solucionar o problema ambiental (Saito et al. 2006).

O bagaço de mandioca, além de ser um resíduo de baixo valor comercial (R\$ 15,00 a tonelada), é uma fonte de fibra de boa qualidade e vem sendo alvo de pesquisas que visam ao desenvolvimento de tecnologias para o seu aproveitamento na obtenção de produtos de elevado valor agregado, que poderiam ser utilizados como ingredientes para produtos ali-

mentícios ricos em fibras (Sriroth et al. 2000, Shittu et al. 2008).

Este estudo objetivou produzir uma farinha, a partir do bagaço de mandioca obtido como resíduo nas fecularias, determinar suas características (físicas, químicas e tecnológicas) e compará-las com as da fécula de mandioca produzida industrialmente, visando a dar subsídios para o aproveitamento deste resíduo agroindustrial de baixo custo na produção de alimentos para o consumo humano.

## MATERIAL E MÉTODOS

A fécula de mandioca (FM) e o bagaço de mandioca (BM) da cultivar IAC-12, colhida na safra de 2010, foram doados pela Fecularia Bela Vista Ltda. (Febela), localizada no município de Bela Vista de Goiás (GO). A amostra de FM foi adquirida já na embalagem final e a amostra de BM foi coletada na entrada do silo de armazenamento e imediatamente transportada, em caixas térmicas, até o Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Subprodutos Agroindustriais da Universidade Federal de Goiás, para ser desidratada em estufa de bandeja com circulação de ar (Tecnal, TE-394/3, Piracicaba, Brasil), a 55°C, por, aproximadamente, 24 horas, e triturada em moinho de rotor (Marconi, MA-090CFT), com peneira de 30 mesh, obtendo-se a farinha de bagaço de mandioca (FBM). A FM e a FBM podem ser observadas na Figura 1.

O diâmetro das partículas das amostras foi determinado em equipamento vibratório (Produtest,



Figura 1. Amostras de fécula de mandioca (A) e farinha de bagaço de mandioca (B).

MOD.T, São Paulo, Brasil) composto por sete peneiras e fundo, cujas aberturas variaram de 1,41 mm a 0,053 mm. A amostra de 100 g foi agitada durante 15 minutos, na vibração máxima, anotando-se a quantidade de amostra retida em cada peneira (Dias & Leonel 2006).

As amostras de FM e FBM foram avaliadas quanto à umidade, cinzas e fibra alimentar (total, solúvel e insolúvel), pelos métodos 925.09, 923.03 e 985.29, respectivamente (AOAC 1997); proteínas, pelo método 960.52 (AOAC 1990), com fator de conversão de nitrogênio em proteína de 6,25; e lipídios, pelo método 920.39 (AACC 2000). O teor de carboidratos foi calculado pelo método da diferença, subtraindo-se de cem os valores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios. O valor energético total foi estimado seguindo-se os valores de conversão de Atwater, no qual se multiplicou o conteúdo de carboidratos (menos o teor de fibra alimentar insolúvel) e proteínas por 4 kcal g<sup>-1</sup> e o de lipídios por 9 kcal g<sup>-1</sup> (Wilson et al. 1982). Todos os valores foram expressos em base seca (b.s.) e as análises realizadas em triplicata.

Foram realizadas micrografias das amostras de FM e FBM, em microscópio eletrônico de varredura (JEOL, JSM6610, Scotia, USA). As amostras foram completamente secas em estufa, a 105°C, durante 24 horas, e permaneceram em dessecador até o momento do seu preparo. O tempo de deposição de ouro nas amostras foi de 98 segundos, representando uma camada de 15 nm sobre o material. As amostras foram analisadas nas magnitudes de aumento de 400x.

Para a determinação da atividade de água (Aw), utilizou-se um medidor (Aqcua Lab, CX-2, Washington, EUA) e, para a determinação da cor, um colorímetro (Color Quest, XE, Reston, EUA) com sistema CIEL L\*, a\* e b\*, em que os valores de L\* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), os de a\* do verde (-60) ao vermelho (+60) e os de b\* do azul (-60) ao amarelo (+60). O índice de absorção de água (IAA) e o índice de solubilidade em água (ISA) foram determinados segundo metodologia de Anderson et al. (1969). Para a determinação do índice de absorção de óleo (IAO), utilizou-se uma metodologia adaptada de IAA, ou seja, substituiu-se a água por óleo de soja (Seibel & Beléia 2009). Para cada uma destas análises, foram feitas cinco repetições.

Os dados foram avaliados pela análise de variância (Anova) e as médias comparadas pelo teste F, com o auxílio do aplicativo SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à granulometria das amostras analisadas encontram-se na Tabela 1. Na FM, o percentual retido na peneira de abertura de 1 mm ficou dentro da faixa preconizada pela legislação (máximo de 15%), para classificar a farinha como extra fina (Brasil 1995), o mesmo ocorrendo na FBM. Observou-se que, em relação à FBM, a FM contém partículas maiores, apresentando maior quantidade de partículas retidas até a peneira com orifícios de 0,25 mm. Nas peneiras seguintes, a FBM apresentou maior quantidade de partículas retidas.

A composição centesimal (b.s.) e o valor energético total da FM e FBM estão apresentados na Tabela 2. Todos os componentes analisados, assim como o valor energético total da FM e da FBM, diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ), com exceção do teor de carboidratos ( $p \geq 0,05$ ). A FBM apresentou teores maiores de todos os componentes, com exceção do teor de umidade e do valor energético total.

O controle da umidade é particularmente importante, já que farinhas com umidade inferior a 12% não permitem a multiplicação microbiana (Lopes & Franco 2006). A legislação brasileira atual delimita a umidade máxima de 15 g (100 g)<sup>-1</sup>, para farinhas, e de 18 g (100 g)<sup>-1</sup>, para amido ou fécula de mandioca (Brasil 2005). O bagaço de mandioca *in natura* apresentava umidade inicial de 79,5 g (100 g)<sup>-1</sup> e, após a secagem e moagem (FBM), sua umidade ficou mais baixa ( $p \leq 0,05$ ) que a da FM, sendo que ambas apresentaram umidade inferior aos limites estipulados.

A FM continha alto teor de carboidratos (constituído, principalmente, de amido) e baixos teores de

Tabela 1. Percentual de amostra retida nas peneiras, durante a classificação granulométrica da fécula de mandioca (FM) e da farinha de bagaço de mandioca (FBM) (Goiânia, GO, 2012).

Abertura mm		
	FM	%
1,410	6,37 a ± 0,20	2,42 b ± 0,38
1,000	8,96 a ± 0,65	0,74 b ± 0,54
0,710	12,16 a ± 0,48	1,00 b ± 0,16
0,500	18,06 a ± 0,24	1,22 b ± 0,35
0,250	27,53 a ± 0,87	16,29 b ± 3,50
0,150	17,51 b ± 0,71	41,93 a ± 5,40
0,053	7,61 b ± 0,26	32,88 a ± 1,28
0,000	1,75 b ± 0,64	3,45 a ± 1,14

\* Médias de três repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra, em cada linha, não diferem, estatisticamente, pelo teste F, a 5%.

Tabela 2. Umidade, cinzas, lipídios, proteínas, fibra alimentar total, solúvel e insolúvel, carboidratos (b.s) e valor energético total de fécula de mandioca (FM) e farinha de bagaço de mandioca (FBM) (Goiânia, GO, 2012).

Componente	FM	FBM
Umidade [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	12,65 a ± 0,01	9,02 b ± 0,07
Cinzas [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	0,12 b ± 0,09	1,81 a ± 0,17
Lipídios [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	1,56 b ± 0,00	2,35 a ± 0,03
Proteínas [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	0,14 b ± 0,01	1,97 a ± 0,03
Fibra alimentar total [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	0,61 b ± 0,02	60,35 a ± 2,54
Fibra alimentar solúvel [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	0,20 b ± 0,07	3,51 a ± 0,51
Fibra alimentar insolúvel [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	0,41 b ± 0,09	56,84 a ± 2,78
Carboidratos [g (100 g) <sup>-1</sup> ]	85,53 a ± 0,18	84,85 a ± 0,26
Valor energético total [kcal (100 g) <sup>-1</sup> ]	355,05 a ± 0,79	141,08 b ± 0,83

Médias de três repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste F, a 5%.

cinzas, lipídios, proteínas e fibra alimentar solúvel e insolúvel, apresentando-se, portanto, nutricionalmente inferior à FBM. Camargo et al. (2008) encontraram, para a FM, valores de 0,2 g (100 g)<sup>-1</sup> para cinzas, 4,6 g (100 g)<sup>-1</sup> para lipídios, 0,14 g (100 g)<sup>-1</sup> para proteínas e 0,4 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibra bruta. Trombini et al. (2013), caracterizando fécula de mandioca para a elaboração de farinhas pré-gelatinizadas, obtiveram valores de 0,07 g (100 g)<sup>-1</sup> para cinzas, 0,11 g (100 g)<sup>-1</sup> para lipídios, 0,44 g (100 g)<sup>-1</sup> para proteínas, 0,39 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibra bruta e 85,19 g (100 g)<sup>-1</sup> para carboidratos totais. A diferença encontrada entre os resultados obtidos pelos autores citados e os encontrados no presente estudo, deve-se, provavelmente, à cultivar de mandioca utilizada, época de plantio, tipo de solo e condições climáticas a que a planta foi submetida, durante o seu desenvolvimento. Valores mais próximos foram encontrados por Vieira et al. (2010), que obtiveram, para a FM, 13,99 g (100 g)<sup>-1</sup> de umidade, 0,17 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 0,11 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas e 0,30 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total.

Com relação ao teor de cinzas, pôde-se observar que os valores encontraram-se dentro do limite fixado pela legislação (máximo de 2,0%) (Brasil 2005). Valores elevados para cinzas podem indicar fraudes, como adição de areia, ou processamento inadequado, como lavagem e descascamento incompletos.

A FBM apresentou alto teor de carboidratos (constituído, principalmente, por fibra alimentar total e amido). Camargo et al. (2008) caracterizaram o bagaço de mandioca para uso na produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo e encontraram valores de 1,3 g (100 g)<sup>-1</sup> para cinzas, 5,3 g (100 g)<sup>-1</sup> para lipídios, 0,92 g (100 g)<sup>-1</sup> para proteínas, 79,32 g (100 g)<sup>-1</sup> para amido e 9,9 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibras. Cereda (1996)

reportou a seguinte composição para o bagaço de mandioca: 75 g (100 g)<sup>-1</sup> de amido, 1,6 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas, 2 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 1 g (100 g)<sup>-1</sup> de açúcares, 0,8 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios e 7 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, sendo 6 g (100 g)<sup>-1</sup> insolúvel e 1 g (100 g)<sup>-1</sup> solúvel. A ampla gama de valores encontrada é justificada em função de variações no processo de extração da fécula de mandioca nas indústrias: quanto mais otimizado ele for, ou seja, quanto melhor a extração da fécula, maior o teor de fibra alimentar total no bagaço e menor o teor de amido.

A FBM possui teor de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel 104, 141 e 92 vezes maior, em relação à FM. Souza (2011), analisando bagaço de mandioca da cultivar IAC-12, cultivada na região de Goiânia, obteve resultados mais próximos aos obtidos no presente estudo, com teor de 1,7 g (100 g)<sup>-1</sup> para cinzas, 1,2 g (100 g)<sup>-1</sup> para lipídios, 2,3 g (100 g)<sup>-1</sup> para proteínas, 50,3 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibra alimentar total, 9,2 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibras solúveis, 41,1 g (100 g)<sup>-1</sup> para fibras insolúveis, 44,4 g (100 g)<sup>-1</sup> para carboidratos totais e valor energético de 127,1 kcal (100 g)<sup>-1</sup>. Valores semelhantes também foram encontrados por Rodrigues et al. (2011), analisando bagaço de mandioca da cultivar IAC-12, com 12 g (100 g)<sup>-1</sup> de umidade, 10,43 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 4,49 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios, 1,98 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas, 71,49 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos, 60,28 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, 50,01 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar insolúvel e 10,27 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar solúvel.

Hashimoto & Grossmann (2003), ao caracterizarem fécula de mandioca, encontraram alguns valores semelhantes aos citados: 99,7 g (100 g)<sup>-1</sup> de carboidratos, 0,05 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 0,11 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios e 0,12 g (100 g)<sup>-1</sup> de cinzas. Estes autores também caracterizaram bagaço de mandioca, tendo en-

contrado 2,58 g (100 g)<sup>-1</sup> de proteínas, 0,16 g (100 g)<sup>-1</sup> de lipídios e 33,83 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, sendo 3,29 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar solúvel e 30,54 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar insolúvel. A variabilidade na composição de diferentes FM e FBM pode ser devida às condições genéticas das cultivares de mandioca, condições ambientais e grau de extração da fécula, durante o processamento, que refletem, principalmente, nos teores de fibras e carboidratos obtidos.

Um produto sólido pronto para o consumo, para ser considerado “fonte” de fibra, deve ter 3 g (100 g)<sup>-1</sup> de fibra alimentar total, e, para ser considerado como de “alto teor” de fibras, 6 g (100 g)<sup>-1</sup> (Brasil 2009). Mattos & Martins (2000) propuseram a seguinte classificação para o teor de fibras presente em 100 g de alimentos: muito alto (superior a 7 g), alto (4,5-6,9 g), moderado (2,4-4,4 g) e baixo (inferior a 2,4 g). Utilizando-se esta classificação, a FBM pode ser considerada um alimento com elevado teor de fibras. Portanto, é interessante o uso desta farinha, como fonte de fibras, para o enriquecimento de vários produtos alimentícios, justificando o seu aproveitamento para a formulação de produtos funcionais, como massas alimentícias e bolos sem glúten (Souza 2011, Fiorda et al. 2013a e 2013b). É importante salientar que não existe FBM disponível comercialmente no mercado.

O consumo regular de fibras alimentares tem sido uma das mais constantes recomendações feitas por nutricionistas e órgãos oficiais. Estas vêm sendo reconhecidas como importantes componentes de

dietas alimentares dos seres humanos (Knudsen 2001, Rehman & Shah 2004, Sangnark & Noomhorm 2004, Figuerola et al. 2005, Nawirsk & Kwasniewska 2005). São vistas como substratos fermentativos e podem modificar a microflora e levar a uma redução ou modificação de agentes mutagênicos (Thebaudin et al. 1997) e modificar a passagem no intestino, diminuindo a taxa de absorção de glicose, lipídios e esteróis. Ainda, as fibras possuem a capacidade de serem metabolizadas por bactérias, tendo, por consequência, a flatulência.

Na Figura 2, estão representadas as micrografias da FM e da FBM, nas quais é possível observar que a FM apresentou alto teor de carboidratos, principalmente amido, o qual é constituído por estruturas com formatos circulares e alguns grânulos côncavo-convexos característicos (Figura 2A). Observa-se, também, que o amido apresenta grânulos de diferentes tamanhos, justificados pelo processo de tuberização da raiz da mandioca, a partir de um câmbio central. Nesta etapa da formação da raiz, ocorre redução do crescimento em extensão e acúmulo de substâncias de reserva, promovendo modificações bioquímicas, como a biossíntese do amido, ou seja, parte do amido é convertido em frutose e glicose e outra parte é acumulada, permanecendo grânulos de amido de diferentes formatos (Araldi et al. 2011). As estruturas observadas nas micrografias estão de acordo com os resultados da Tabela 2, tanto para a FM como para a FBM, que é constituída de fibra alimentar total e outros carboidratos (Figura 2B). As fibras, diferentemente do amido, não apresentam

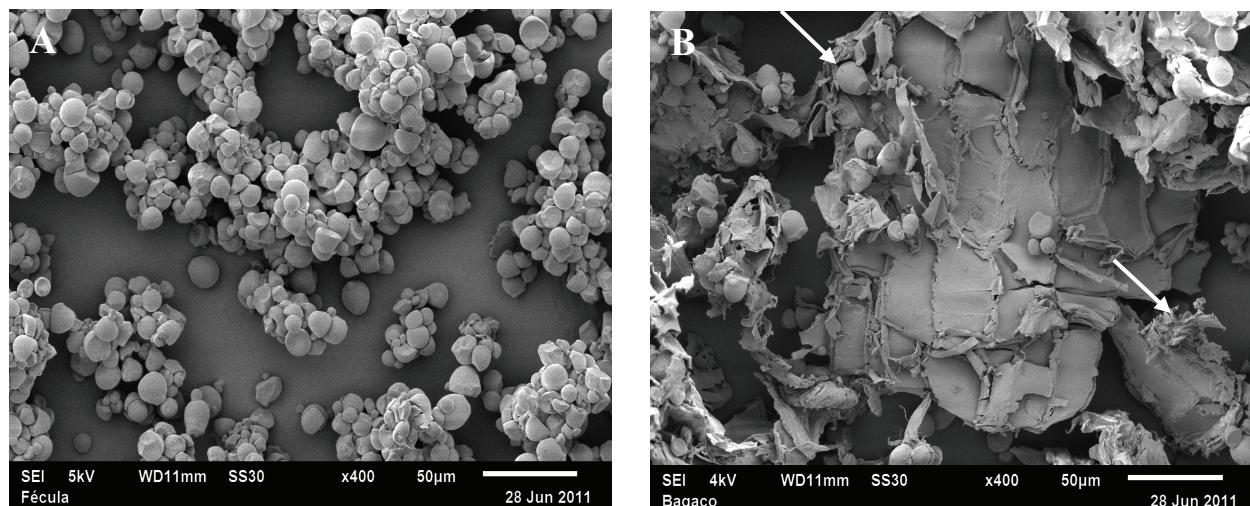


Figura 2. Micrografias de fécula de mandioca (A) e farinha de bagaço de mandioca (B). Magnitude de ampliação de 400x.

estruturas arredondadas, e sim mais geométricas e com algumas lacunas, responsáveis pela grande incidência de poros permeáveis nas fibras, o que acarreta elevada absorção de água, caracterizando as fibras como estruturas altamente higroscópicas.

Na Tabela 3, estão apresentadas algumas características físicas e tecnológicas da FM e da FBM. Comparando-se as amostras, não houve diferença ( $p > 0,05$ ), em relação ao ISA, e houve diferença ( $p < 0,05$ ), em relação à Aw, IAA, IAO, L\*, a\* e b\*. O IAA, a\* e b\* foram maiores na FBM, enquanto o IAO, L\* e Aw foram maiores na FM.

Quando um alimento apresenta Aw muito reduzida ( $< 0,3$ ), ele não tem mais água disponível para o crescimento microbiano, porém, esta condição poderá acelerar o processo de oxidação de lipídios (Ferreira Neto et al. 2005). Abaixo de 0,2, a oxidação é acelerada e, quando aumentada para 0,3, a oxidação é retardada. A Aw das amostras foi superior a 0,30, condição não susceptível à oxidação de lipídios, e inferior a 0,60, valor considerado limitante para a multiplicação microbiana. Assim, as amostras são consideradas estáveis, sob o ponto de vista microbiológico, e a vida de prateleira se prolonga, desde que o produto seja embalado de modo a manter a atividade de água constante, durante todo o processo de armazenamento (Sarantópulos et al. 2001).

O índice de absorção de água (IAA) está relacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligarem às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido. Ao analisar o IAA, observou-se que, na FBM, não houve formação de gel, mas a ocorrência de um precipitado capaz de absorver água. Assim, a FBM, devido à propriedade higroscópica de suas fibras, absorveu água e as fibras ficaram decantadas

e sedimentadas no precipitado, explicando a grande diferença deste índice entre as amostras estudadas.

Barbosa et al. (2006) encontraram, em FM, IAA de 1,70 g de gel (g de matéria seca) $^{-1}$ . Trombini et al. (2013), analisando misturas de fécula, bagaço de mandioca e farelo de soja, relataram variações de IAA de 2,35-2,92 g de gel (g de matéria seca) $^{-1}$ , cujo menor valor foi observado na mistura com maior percentagem de fécula (70%). Leonel et al. (2006), em estudos com farinha pré-gelatinizada de inhame, encontraram IAA de 3,03 g de gel (g de matéria seca) $^{-1}$  na farinha crua, valor superior ao encontrado neste trabalho.

O índice de solubilidade em água (ISA) é um parâmetro que mede o grau de degradação total do grânulo de amido. Os valores de ISA foram semelhantes em ambas as amostras, provavelmente devido ao baixo teor de substâncias solúveis em água (minerais e açúcares solúveis). Analisando FM, Barbosa et al. (2006) encontraram ISA de 1,55 g (100 g) $^{-1}$ , valor superior ao obtido neste trabalho, provavelmente devido às características da cultivar de mandioca ou à granulometria das farinhas utilizadas nas análises. Não foram verificados, na literatura, valores sobre IAA e ISA, em FBM.

Segundo Ravi & Suselamma (2005), o IAO consiste na capacidade de sítios apolares das cadeias de proteínas aprisionarem óleo. Deste modo, a quantidade e qualidade de proteínas presentes na farinha determinam a capacidade de absorção de óleo dos alimentos. Observa-se que, apesar de a FM possuir menor teor proteico, apresentou maior IAO, em relação à FBM, cujo elevado teor de fibras, provavelmente, impediu maior absorção do óleo. Apesar de o IAO da FM ser maior que o da FBM, ainda é um valor muito baixo, quando se compara a FM a concentrados proteicos, como o de soja (226-254%) e girassol (119-154%) (Glória & Regitano D'arce 2000).

Tabela 3. Atividade de água (Aw), índice de absorção de água (IAA), solubilidade em água (ISA) e absorção de óleo (IAO) e parâmetros instrumentais de cor (L\*, a\* e b\*) da fécula de mandioca (FM) e da farinha de bagaço de mandioca (FBM) (Goiânia, GO, 2012).

Propriedade	FM	FBM
Aw	0,516 a $\pm$ 0,00	0,387 b $\pm$ 0,00
IAA [g de gel (g de matéria seca) $^{-1}$ ]	1,660 b $\pm$ 0,04	6,730 a $\pm$ 0,42
ISA [g (100 g) $^{-1}$ ]	0,300 a $\pm$ 0,03	1,230 a $\pm$ 0,10
IAO [g de gel (g de matéria seca) $^{-1}$ ]	12,410 a $\pm$ 1,12	0,590 b $\pm$ 0,20
L*	82,220 a $\pm$ 1,74	41,030 b $\pm$ 0,60
a*	2,370 b $\pm$ 0,14	7,010 a $\pm$ 0,64
b*	6,640 b $\pm$ 0,45	20,280 a $\pm$ 0,46

Médias de cinco repetições  $\pm$  desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra, em cada linha, não diferem, estatisticamente, pelo teste F, a 5%.

O resultado de L\* obtido para a FM confirma a claridade da amostra, pois indica a tendência de coloração clara, tendendo ao branco, sendo os valores obtidos mais próximos de 100. Dias & Leonel (2006), analisando cor em farinhas de mandioca de diversas classificações, observaram luminosidade L\* variável de 78,43 a 92,8, croma a\* de -6,33 a 4,10 e croma b\* de 6,33 a 38,77, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo.

A FBM apresentou o menor valor de luminosidade e maiores valores de coordenadas de cromatididade a\* e b\*, indicando coloração mais escura, avermelhada e amarelada que a FM, devido aos maiores teores de cinzas e fibras presentes na FBM. Esta tendência é observada em todas as farinhas integrais que possuem teores elevados destes componentes, pois os mesmos se acumulam nas camadas exteriores dos grãos e, quanto menor o grau de polimento destes grãos, menor a remoção das camadas periféricas, ocasionando maior escurecimento das farinhas (Lamberts et al. 2008). Rodrigues et al. (2011), estudando biscoitos de polvilho enriquecidos com bagaço de mandioca, observaram FBM menos clara ( $L^* = 28,7$ ), mais avermelhada ( $a^* = 7,1$ ) e menos amarela ( $b^* = 12,9$ ) que aquela utilizada no presente estudo, cujas características de cor se assemelharam mais às encontradas por Souza (2011), com 60,8 de luminosidade, 6,2 para o croma a\* e 20,4 para o croma b\*.

## CONCLUSÃO

A farinha de bagaço de mandioca tem maior valor nutricional, com elevados teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e maiores teores de proteínas, cinzas e lipídios, apresentando, também, propriedades tecnológicas desejáveis, bem como maiores índices de absorção e solubilidade em água, em relação à fécula de mandioca. A farinha de bagaço de mandioca, por ser um subproduto da produção de fécula, constitui-se em matéria-prima de baixo custo, com características tecnológicas diferenciadas, podendo ser considerada um ingrediente alternativo para a indústria de alimentos, principalmente em alimentos diet e light, e para portadores de doença celíaca.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. 10. ed. Saint Paul: AACC International, 2000.

CEREAL CHEMISTS. 10. ed. Saint Paul: AACC International, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis*. 15. ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). *Official methods of analysis of AOAC International*. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.

ANDERSON, R. A. et al. Gelatinization of grits by roll and extrusion cook. *Cereal Science Today*, Saint Paul, v. 14, n. 1, p. 4-11, 1969.

ARALDI, R. et al. Controle da tuberização: fatores do meio e os hormônios vegetais. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, v. 20, n. 1, p. 1-9, 2011.

BARBOSA, N. L. et al. Elaboração de embutido tipo mortadela com farinha de arroz. *Vetor*, Rio Grande, v. 16, n. 1, p. 11-20, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Portaria nº 554, de 30 de agosto de 1995*. Especificações para a padronização e classificação da farinha de mandioca, destinada à comercialização no mercado interno. 1995. Disponível em <[http://www.claspar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/farinhamandioca554\\_95.pdf](http://www.claspar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/farinhamandioca554_95.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução nº. 18/99*. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos. IX - Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. 2009. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/18\\_99.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/18_99.htm)>. Acesso em: 03 mar. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005*. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. 2005. Disponível em: <[http://www.abima.com.br/dload/13\\_46\\_resol\\_263\\_05\\_leg\\_alim\\_nac.pdf](http://www.abima.com.br/dload/13_46_resol_263_05_leg_alim_nac.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2011.

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.

CEREDA, M. P. *Caracterização, usos e tratamentos de resíduos da industrialização da mandioca*. Botucatu: Ed. da Unesp, 1996.

DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do

- Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 4, p. 692-700, 2006.
- FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 4, p. 794-802, 2005.
- FIGUEROLA, F. et al. Fiber concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fiber sources for food enrichment. *Food Chemistry*, Londres, v. 91, n. 3, p. 395-401, 2005.
- FIORDA, F. A. et al. Microstructure, texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse. *LWT - Food Science and Technology*, Londres, v. 54, n. 1, p. 132-138, 2013a.
- FIORDA, F. A. et al. Amaranth flour, cassava starch and cassava bagasse in the production of gluten-free pasta: technological and sensory aspects. *International Journal of Food Science & Technology*, Oxford, v. 48, n. 9, p. 1977-1984, 2013b.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Prognóstico agropecuário: análise da conjuntura agropecuária safra 2010/11: mandioca*. 2011. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 23 fev. 2011.
- FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 19, n. 2, p. 183-190, 2008.
- GLÓRIA, M. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado proteico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, n. 2, p. 240-245, 2000.
- HASHIMOTO, J. M.; GROSSMAN, M. V. E. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v. 38, n. 5, p. 511-517, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Prognóstico da produção agrícola nacional: comparativo entre as safras de 2010/2011*. 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201101.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201101.pdf)>. Acesso em: 23 fev. 2011.
- KNUDSEN, K. E. B. The nutritional significance of “dietary fiber” analysis. *Animal Feed Science and Technology*, Chicago, v. 90, n. 1, p. 3-20, 2001.
- LAMBERTS, L. et al. Impact of parboiling conditions on Maillard precursors and indicators on long-grain rice cultivars. *Food Chemistry*, Londres, v. 110, n. 4, p. 916-922, 2008.
- LEONEL, M. et al. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.
- LOPES, E. A.; FRANCO, B. D. G. M. Influência do controle da etapa de molhagem dos grãos na qualidade microbiológica da farinha de trigo. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 209-218, 2006.
- MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.
- NAWIRSK, A.; KWASNIEWSKA, M. Dietary fiber fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry*, Londres, v. 91, n. 2, p. 221-225, 2005.
- RAVI, R.; SUSELAMMA, N. S. Simultaneous optimization of a multi-response system by desirability function analysis of boondi making: a case study. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 70, n. 8, p. S539-S547, 2005.
- REHMAN, Z.; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fiber components of various food legumes. *Food Chemistry*, Londres, v. 87, n. 4, p. 613-617, 2004.
- RODRIGUES, J. P. M.; CALIARI, M.; ASQUIERI, E. R. Caracterização e análise sensorial de biscoitos de polvilho elaborados com diferentes níveis de farelo de mandioca. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n. 12, p. 2196-2202, 2011.
- SAITO, I.; CABELO, C.; FUKUSHIMA, R. S. Caracterização das fibras do farelo de mandioca residual após tratamento hidrotérmico. *Raízes e Amidos Tropicais*, Botucatu, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2006.
- SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food Research International*, Toronto, v. 37, n. 1, p. 66-74, 2004.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVES, E. *Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis*. Campinas: CETEA/ITAL, 2001.
- SEIBEL, N. F.; BELÉIA, A. D. Características químicas e funcionalidade tecnológica de ingredientes de soja [*Glycine Max* (L.) Merrill]: carboidratos e proteínas. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 12, n. 2, p. 113-122, 2009.
- SHITTU, T. A. et al. Bread from composite cassava-wheat flour: II. Effect of cassava genotype and nitrogen fertilizer on bread quality. *Food Research International*, Toronto, v. 41, n. 1, p. 569-578, 2008.
- SOUZA, T. A. C. *Segurança microbiológica de resíduos sólidos de feculária de mandioca e aplicação em bolos*

*para a alimentação humana.* 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

SRIROTH, K. et al. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. *Bioresource Technology*, Londres, v. 71, n. 1, p. 63-69, 2000.

THEBAUDIN, J. Y. et al. Dietary fibers: nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*, Cambridge, v. 8, n. 1, p. 41-48, 1997.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Desenvolvimento de *snacks* extrusados a partir de misturas de farinha de soja, fécula e farelo de mandioca. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 178-184, 2013.

VIEIRA, J. C. et al. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. *Boletim Ceppa*, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, 2010.

WILSON, E. D.; SANTOS, A. C.; VIEIRA, E. C. *Nutrição básica*. São Paulo: Sávier, 1982.