



OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FÉCULAS DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA PRODUZIDAS NO ESTADO DO PARÁ

P. A. SILVA¹, W. S. MELO², R. L. CUNHA³, E. F. M. CUNHA³, A. S. LOPES¹ e R. S. PENA¹

¹ Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia

² Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos

³ Embrapa Amazônia Oriental, Pavilhão de Pesquisa

E-mail: prisciandra@yahoo.com.br; rspena@ufpa.br

RESUMO – A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é um dos vegetais mais cultivados no mundo, especialmente nos trópicos, sendo o Brasil um dos principais produtores. No cenário nacional, o Pará é o maior produtor brasileiro de mandioca, destinada principalmente para o processamento da farinha de mesa. A fécula é o produto mais nobre extraído das raízes da mandioca e sua utilização se dá em mais de mil segmentos, principalmente nas indústrias alimentícias, de plásticos e na siderurgia. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as raízes de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho) e extrair e caracterizar as féculas das mesmas. As análises biométricas evidenciaram a inexistência de um padrão de tamanho e de forma para as raízes de mandioca estudadas. As féculas obtidas apresentaram elevada pureza em amido (>92%) e foram classificadas como “fécula tipo 1”, de acordo com a legislação brasileira. De acordo com a microscopia eletrônica de varredura, os grânulos de amido das féculas apresentaram forma arredondada e ligeiramente achatada em uma das extremidades, com superfície lisa e distribuição de tamanho dos grânulos diferentes para as três variedades (2 a 30µm). A análise térmica (DSC) evidenciou que o amido da fécula da variedade Pai Ambrósio apresentou a maior entalpia de gelatinização ($\Delta H_{gel} = 5,88 \text{ J/g}$), o que indica a presença de amilopectina com cadeias externas de maior comprimento, na composição dessa variedade.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das espécies de maior interesse agrônomico, podendo ser classificada como doce ou amarga. Se adaptada bem às condições edafoclimáticas brasileiras e é tolerante a estresses bióticos e abióticos, podendo apresentar rendimentos elevados até mesmo em solos já esgotados por outras culturas (Embrapa, 2005).

Tradicionalmente, a mandioca tem um papel importante no Brasil, tanto como fonte de energia e na alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e de renda, notadamente, nas áreas pobres da região Nordeste (Cereda e Vilpoux, 2003). No estado do Pará a mandioca é a principal fonte de carboidrato para uma significativa parcela da

população de menor poder aquisitivo. Além do papel social que desempenha, ela passou a ter importância econômica para os municípios produtores e para o Estado, através da comercialização da farinha de mandioca (Chisté *et al.*, 2007).

Entre os produtos e subprodutos da mandioca, o mais versátil e valorizado é a fécula, denominação que a Legislação Brasileira (Brasil, 2005) dá à fração amilácea originária de raízes e tubérculos. A fécula de mandioca, conhecida também, em algumas regiões brasileiras, como polvilho doce ou goma, é um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. É um polissacarídeo natural, constituído de cadeias lineares (amilose) e cadeias ramificadas (amilopectina). É obtida a partir das raízes da mandioca, após descascamento, trituração, desintegração, purificação, peneiramento, centrifugação, concentração e secagem. É o produto mais nobre extraído das raízes da mandioca e sua utilização se dá em mais de mil segmentos, principalmente nas indústrias alimentícias, de plásticos e na siderurgia (CEPEA, 2005).

A fécula de mandioca é constituída, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina. A amilose é uma molécula essencialmente linear formada por unidades de glicose ligadas em α -1,4, e apresenta pequeno número de ramificações, enquanto a amilopectina é uma molécula altamente ramificada, também composta de unidades de glicose ligadas em α -1,4, mas com 5 a 6% de ligações em α -1,6, nos pontos de ramificação (Cereda e Vilpoux, 2003).

A compreensão da estrutura dos grânulos de amido é importante no entendimento de suas propriedades físico-químicas, as quais determinam o comportamento do amido natural ou modificado, nos mais diversos processos industriais aos quais eles normalmente são submetidos. Em termos da organização dos grânulos e da estrutura de seus constituintes poliméricos, cada amido é único. Grupos de plantas (cereais, raízes, leguminosas e tubérculos) e mesmo plantas da mesma espécie, apresentam amidos com características e propriedades diferentes (Ratnayake e Jackson, 2007).

O trabalho teve como objetivo caracterizar as raízes de três variedades de mandioca produzidas estado do Pará (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho), obter as féculas (amido) a partir das mesmas e submetê-las à avaliação físico-química, morfológica e térmica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Matéria prima

Foram utilizadas as raízes de três variedades de mandioca, comumente utilizadas pelos produtores de goma e farinha de tapioca, no estado do Pará, sendo: Pai Ambrósio, procedente do município de Acará (PA); Pocu, procedente do município de Santo Antônio do Tauá (PA) e Paulo Velho, procedente do município de Ourém – Comunidade de Patauateua (PA). Todas as raízes apresentavam, pelo menos, 14 meses de plantio, e todas as localidades onde foram realizadas as coletas estão situadas na região Nordeste do Pará.

2.2. Caracterização física das raízes

Cerca de 30 unidades de raízes de cada variedade de mandioca foram escolhidas aleatoriamente para a caracterização física. Com auxílio de um paquímetro metálico 300 mm da marca Vonder, as medidas de comprimento e largura das raízes foram determinadas.

2.3. Obtenção das féculas

Na Figura 1 são descritas as etapas realizadas na obtenção das féculas das três variedades de mandioca (Emater, 2004).

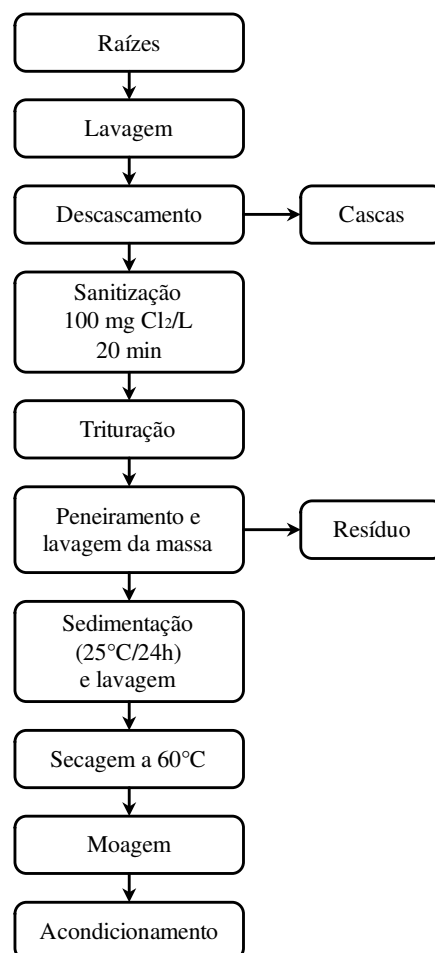


Figura 1 – Fluxograma do processamento das féculas de mandioca

2.4. Caracterização físico-química das féculas

Na caracterização das féculas foram realizadas as seguintes análises, em triplicata: **Umidade** – por gravimetria, método 920.151 da AOAC (1997); **pH** – por potenciometria, método 981.12 da AOAC (1997); **Acidez total titulável** – segundo método 02-31 da AACC (1983); **Atividade de água (a_w)** – através de leitura direta em termohigrômetro digital; **Proteínas totais** – por Kjeldahl, método 920.87 da AOAC (1997), com fator de correspondência nitrogênio-proteína de 5,75 (proteínas vegetais) (Brasil, 2003); **Lipídios** –



pelo método 922.06 da AOAC (1997); **Cinzas** – através do método 930.05 da AOAC (1997); **Teor de amido** – conforme metodologia proposta por Cereda *et al.* (2004); **Cor instrumental** – por colorimetria *tristimulus*, através de leitura direta em colorímetro digital da marca KONICA-MINOLTA, modelo CR 400, pelo sistema CIE Lab.

2.5. Análise morfológica das féculas

A caracterização morfológica dos grânulos de amido das féculas foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em microscópio eletrônico de varredura da marca LEO, modelo 1450 VP.

2.6. Análise térmica das féculas

As análises térmicas foram realizadas em analisador térmico diferencial e gravimétrico, da marca Shimadzu, modelo DTG-60H, com razão de aquecimento de 15°C/minuto e fluxo de ar sintético de 25 mL/minuto, na faixa de temperatura de 30 a 525°C. A determinação da temperatura de gelatinização dos amidos das féculas foi realizada com uma solução aquosa de fécula, com 20% de amido, por calorimetria diferencial de varredura (DSC), em equipamento Shimadzu, modelo DSC-60, com razão de aquecimento de 10°C/minuto e fluxo de nitrogênio de 25 mL/minuto, na faixa de temperatura de 30 a 150°C, de acordo com Garcia *et al.* (1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização física das raízes

Os rendimentos das três raízes estudadas são apresentados na Tabela 1. As variedades Pocu e Paulo Velho apresentaram o maior rendimento em raízes sem cascas (média, 87,9%), o qual foi aproximadamente 20% superiores ao observado para a variedade Pai Ambrósio. Como os rendimentos são referentes à parte comestível das raízes, pode-se afirmar que as raízes das variedades Pocu e Paulo Velho proporcionarão maiores rendimentos industriais.

Tabela 1 – Rendimento médio das raízes sem casca das três variedades de mandioca

Parâmetros	Variedade da mandioca		
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Raiz sem casca (%)	68,6 ± 0,81 ^b	88,0 ± 0,02 ^a	87,8 ± 0,35 ^a

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As características biométricas das três raízes de mandioca encontram-se na Tabela 2. Os parâmetros comprimento, diâmetro da parte superior e diâmetro da parte intermediária das raízes apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), para pelo menos uma variedade, enquanto os parâmetros diâmetro menor e peso médio das raízes mostraram-se estatisticamente iguais ($p > 0,05$). Adetan *et al.* (2003) encontraram diâmetro médio das raízes de uma cultivar de mandioca nigeriana de 8,8 cm, superior aos diâmetros das três variedades estudadas. Em relação ao comprimento, os valores médios encontrados para as três variedades foram inferiores ao encontrado por Gomes *et al.* (2007) (22,6 cm), em estudo realizado com 100 clones de raízes de mandiocas brasileiras.



Tabela 2 – Características físicas das raízes das três variedades de mandioca

Parâmetros	Variedade da mandioca		
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Comprimento (cm)	18,2 ± 4,28 ^a	16,5 ± 6,24 ^b	18,1 ± 7,23 ^a
Diâmetro da parte superior (cm)	6,16 ± 1,26 ^a	4,99 ± 1,12 ^b	4,52 ± 1,21 ^b
Diâmetro da parte intermediária (cm)	6,45 ± 1,39 ^a	5,76 ± 1,31 ^{ab}	5,21 ± 1,51 ^b
Diâmetro da parte inferior (cm)	2,98 ± 0,89 ^a	2,84 ± 0,91 ^a	2,89 ± 0,78 ^a
Peso médio da raiz (g)	387,9 ± 173,8 ^a	353,4 ± 197,05 ^a	341,1 ± 255,02 ^a

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As variabilidades obtidas a partir do quociente entre os desvios padrões e as médias da variável, para cada variedade de mandioca, foram superiores a 20% para os parâmetros comprimento e diâmetro, e a 45% para o parâmetro peso médio da raiz, o que indica a inexistência de um padrão de tamanho e de forma para as raízes, dentro da mesma variedade.

3.2. Caracterização físico-química das féculas

Os resultados das análises físico-química das féculas são apresentados na Tabela 3. Os valores de umidade (<14%), amido (>80%), cinzas (<0,75%) e pH (4,0-7,0) das féculas atenderam as exigências da legislação brasileira (Brasil, 2005), de acordo com a qual as féculas podem ser classificadas como “tipo 1”. A acidez (0,89-0,96 meq. NaOH/100g), e os teores de proteína (média, 0,09%), de lipídios (média, 0,26%) e de cinzas (média, 0,08%) das féculas, seguiram as mesmas tendências observadas por Leonel *et al.* (2004) (1,05 meq. NaOH/100g), Charles *et al.* (2007) (0,08%), Cereda e Vilpox (2003) (0,10%) e Charles *et al.* (2007) (0,04%), respectivamente, para o produto. Os valores de a_w ($a_w < 0,6$) asseguram a estabilidade microbiológica das féculas (Scott, 1957).

Tabela 3 – Propriedades físico-químicas das féculas das três variedades de mandioca

Parâmetros	Variedade da mandioca		
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Umidade (%)	8,22 ± 0,08 ^c	13,64 ± 0,08 ^a	10,48 ± 0,18 ^b
Proteínas (%) ¹ (N x 5,75)	0,09 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^a
Lipídios (%) ¹	0,26 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,04 ^a	0,25 ± 0,01 ^a
Cinzas (%) ¹	0,08 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,02 ^a
Amido (%) ¹	97,46 ± 0,28 ^a	96,55 ± 0,35 ^a	92,47 ± 0,73 ^b
Atividade de água (a_w)	0,26 ± 0,01 ^c	0,52 ± 0,01 ^a	0,39 ± 0,00 ^b
Acidez titulável ²	0,89 ± 0,00 ^b	0,96 ± 0,01 ^a	0,96 ± 0,00 ^a
pH	6,21 ± 0,14 ^a	6,06 ± 0,13 ^a	6,03 ± 0,09 ^a
Cor L*	97,00 ± 0,80 ^a	97,30 ± 0,20 ^a	97,03 ± 0,58 ^a
a*	0,14 ± 0,03 ^b	0,15 ± 0,06 ^{ab}	0,21 ± 0,04 ^a
b*	1,26 ± 0,53 ^a	1,21 ± 0,05 ^a	1,67 ± 0,08 ^a
Rendimento em fécula (%)	6,80 ± 0,07 ^c	15,50 ± 0,09 ^a	10,70 ± 0,11 ^b

¹valores em base seca; ²meq. NaOH/100g. Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O elevado teor de amido (>92%) e baixo de outros constituintes (<8%), juntamente com a combinação dos parâmetros de cor: L* próximo de 100 (>97), e a* (0,14-0,21) e b* (1,21-1,67) próximos do zero, que indicam a elevada brancura dos produtos, permitem referendar a excelente qualidade das féculas, especialmente as obtidas das variedades Pai Ambrósio e Pocu (>96% de amido).

Os rendimentos de extração das féculas (6,8-15,5%) foram inferiores a média de 26% relatada por Cereda e Vilpoux (2003). Nunes *et al.* (2009) também encontraram valores superiores (20,64-33,25%) para três variedades de mandioca do sem-árido baiano. A eficiência da extração do amido pode ser considerada relevante, quando comparada com a extração industrial de fécula de mandioca, na qual 55 a 80% do amido ficam retidos no farelo.

3.3. Análise morfológica das féculas

Os grânulos de amido das féculas das três variedades de mandioca apresentaram forma arredondada e ligeiramente achatada em uma das extremidades, com superfície lisa (Figura 2); de acordo com o observado por Leonel (2007), para o produto. Alguns grânulos apresentaram depressões na superfície, conferindo aspecto e formato irregular, truncado.

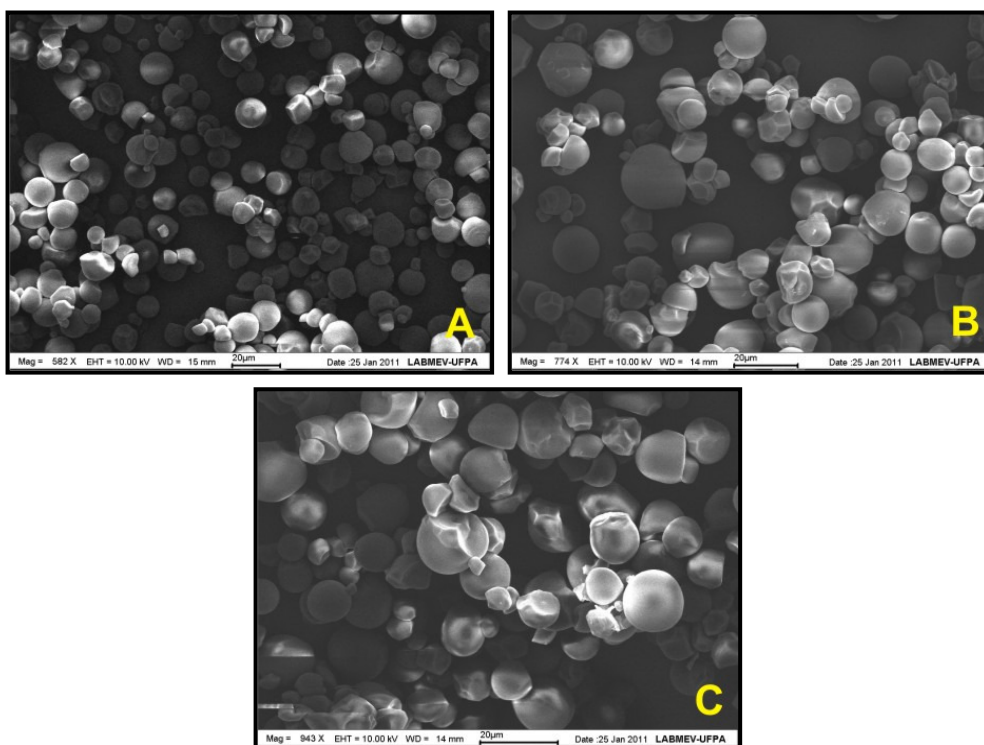


Figura 2 – Eletromicrografias do amido: (A) Pai Ambrósio; (B) Pocu e (C) Paulo Velho.

Os diâmetros dos amidos das féculas das variedades de mandioca Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho variaram de 2 µm a 30 µm, 2 a 20 µm e 10 a 20 µm, respectivamente. Leonel (2007) observaram diâmetros entre 14,39 e 17,1 µm e Cereda e Vilpoux (2003) entre 10 e 15 µm, para amidos de mandioca.

3.4. Análise térmica das féculas

Através das análises térmicas diferencial (DTA) e gravimétrica (TG) (Figura 3) pode-se observar que durante o aquecimento das féculas das três variedades de mandioca ocorreram três eventos principais de perda de massa, desidratação na primeira etapa e decomposição nas demais. A primeira perda de massa (Δm_1) (11,36-13,69%) é atribuída à perda de umidade das féculas, e é representada por um pico endotérmico.

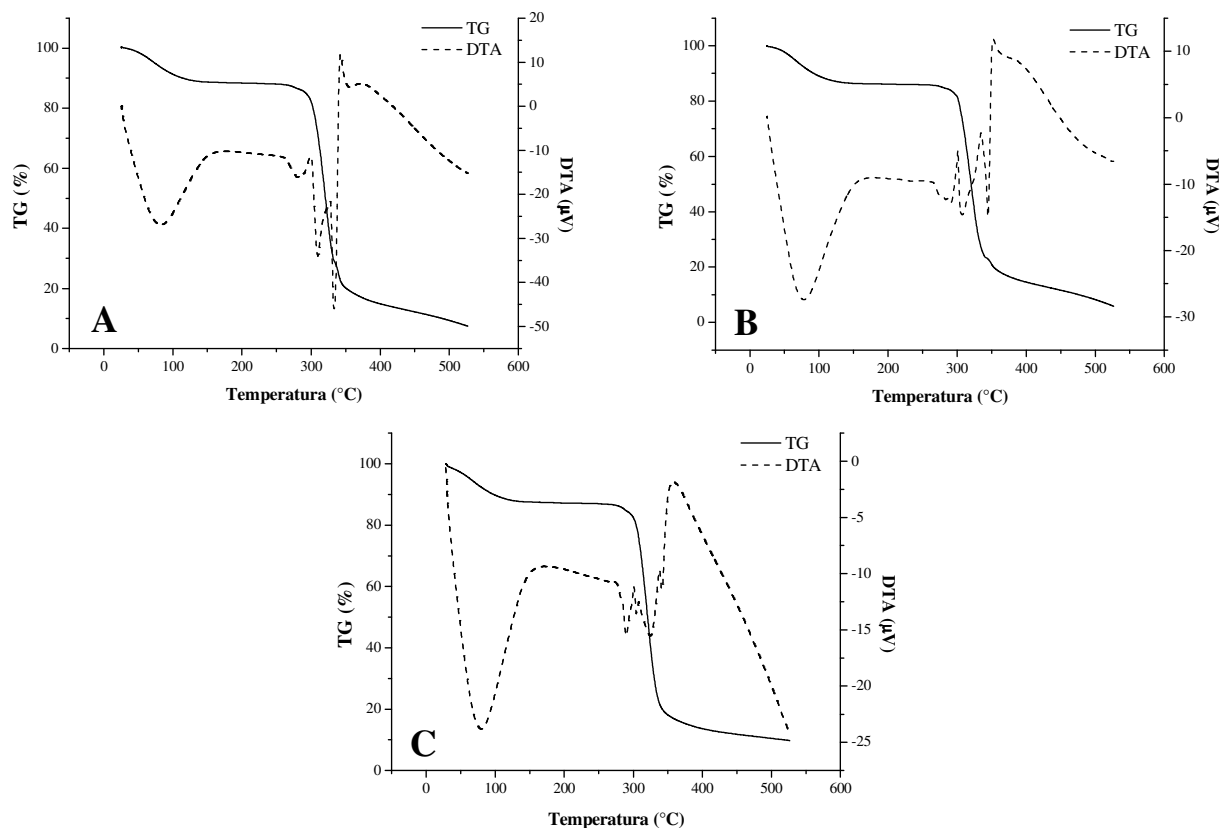


Figura 3 – Curvas de TG e DTA para a fécula de mandioca das variedades Pai Ambrósio (A), Pocu (B) e Paulo Velho (C).

Tabela 4 – Temperaturas e porcentagem de perda de massa observados em cada etapa das curvas TG/DTA das féculas de mandioca

Parâmetros	Variedade da mandioca			
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho	
Des.	ΔT_1 (°C)	43,03-106,69	45,62-102,49	48-104,03
	Δm_1 (%)	11,36	13,69	12,50
Dec.	ΔT_2 (°C)	302,01-335,80	306,76-336,50	306,41-334,43
	Δm_2 (%)	75,08	72,23	73,76
	ΔT_3 (°C)	335,80-526,61	336,50-526,76	334,43-526,67
Δm_3 (%)	6,09	8,23	3,97	

ΔT = intervalo de temperatura (°C); Δm = perda de massa (%); Des. – Desidratação; Dec. – Decomposição.



A decomposição térmica da amilose e da amilopectina ocorreu em dois estádios consecutivos. Ao primeiro pico exotérmico corresponde a maior perda de massa (72,23-75,08%), que está relacionada com a degradação do amido. O segundo pico exotérmico, é atribuído à oxidação do material orgânico parcialmente decomposto. Os resultados da calorimetria diferencial de varredura encontram-se na Figura 4 e na Tabela 5.

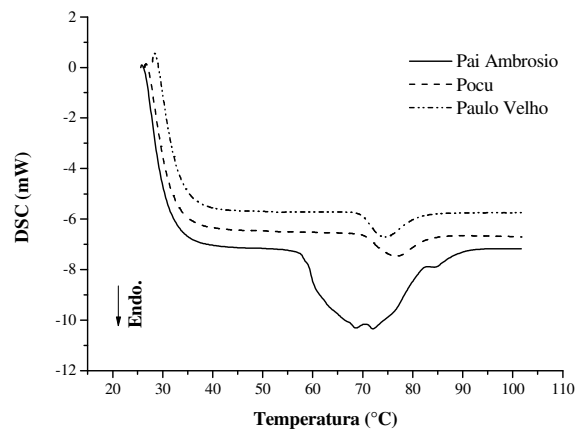


Figura 4 – Calorimetria diferencial de varredura para as féculas de mandioca.

Tabela 5 – Parâmetros de gelatinização das féculas

Parâmetros	Variedade da mandioca		
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
T_o (°C)	$60,47 \pm 0,07^b$	$68,26 \pm 1,83^a$	$67,70 \pm 1,69^a$
T_p (°C)	$74,82 \pm 0,20^a$	$74,73 \pm 0,78^a$	$73,73 \pm 1,80^a$
T_f (°C)	$84,56 \pm 0,18^a$	$83,47 \pm 1,42^a$	$83,98 \pm 0,95^a$
ΔH_{gel} (J/g)	$5,88 \pm 0,18^a$	$2,02 \pm 0,20^b$	$3,05 \pm 0,78^{ab}$

T_o = temperatura inicial de gelatinização (°C); T_f = temperatura final de gelatinização (°C); T_p = temperatura de pico de gelatinização (°C); ΔH_{gel} = entalpia de gelatinização (J/g). Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A temperatura de início de gelatinização (T_o) variou de 60,47 a 68,26°C, enquanto as temperaturas de pico (T_p) e final de gelatinização (T_f) foram, em média, 74,43°C e 84,0°C, respectivamente, para os amidos das diferentes féculas. Abera e Rakshit (2003) encontram valores médios de T_o (65,47°C), T_p (70,37°C) e T_f (81,96), para amidos extraídos de três acessos de mandioca. Gomand et al. (2010) encontraram T_p inferiores (61,7-65,7°C) para amidos nativos de mandioca.

A entalpia de gelatinização (ΔH_{gel}) variou de 2,02 J/g (Pocu) a 5,88 J/g (Pai Ambrósio). Valor superior foi observado por Nwokocha *et al.* (2009) (14,35 J/g), para amidos nativos de mandioca. O maior valor de ΔH_{gel} (5,88 J/g), para a fécula da variedade Pai Ambrósio, sugere a presença de cadeias de amilopectina mais complexas na composição desse amido, e indica a maior resistência desse amido. Segundo Eliasson (2004) e Marcon (2009), quanto maior o comprimento das cadeias externas de amilopectina, maior o valor da entalpia de fusão.

4. CONCLUSÕES

As variedades de mandioca Pocu e Paulo Velho apresentaram os maiores rendimentos em polpa, demonstrando maior potencialidade industrial.

As três variedades de mandioca caracterizadas não apresentaram um padrão de tamanho e de forma, nem para uma mesma variedade.

As féculas das três variedades de mandioca, Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho, foram classificadas como “fécula tipo 1”, de acordo com a legislação brasileira.

A calorimetria diferencial de varredura evidenciou a maior resistência do amido extraído da variedade Pai Ambrósio.

5. REFERÊNCIAS

- AACC (American Association of Cereal Chemists). *Approved Methods of the AACC*, 8 ed. St. Paul: AACC, 1983.
- ABERA, S.; RAKSHIT, S. K. Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starch extracted from fresh root and dry chips. *Starch/Stärke*, v. 55. n. 7, p. 287-296, 2003.
- ADETAN, D. A.; ADEKOYA, L. O.; ALUKO, O. B. Characterisation of some properties of cassava root tubers. *Journal of Food Engineering*, v. 59. n. 4, p. 349-353, 2003.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). *Official methods of analysis of AOAC*: 16 ed. Gaithersburg: AOAC, 1997. 1141p.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Aprova o Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. *Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]*. Brasília, p.4, dez. 2003. Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos derivados da raiz da mandioca. *Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]*, Brasília p.5, dez. 2005. Seção 1.
- CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/ABAM (Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca), *Produção brasileira de amido de mandioca 2005*. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_Mandioca-fécula.pdf>. Acesso em jan. 2010.
- CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. Metodologia de determinação de amido por digestão ácida em microondas. *Revista da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca*, v. 2, p.29, 2004.
- CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. (Coord.). *Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas*. v. 3. São Paulo: Fundação Cargill, 2003, 711p. (Série Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas).



- CHARLES, A. L.; HUANG, T. C.; LAI, P. Y.; CHEN, C. C.; LEE, P. P.; CHANG, Y. H. Study of wheat flour-cassava starch composite mix and the function of cassava mucilage in chinese noodles. *Food Hydrocolloids*, v. 21, n. 3, p. 368-378, 2007.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 2, p. 265-269, 2007.
- ELIASSON, A. C. *Starch in food: structure, function and application*. Boca Raton: CRC, 2004. 597p.
- EMATER – Tecnologia de fabricação de Mandioca – on-line (2004). Disponível em: <WWW.engetecno.com.br/como_fabricar.htm>. Acesso em: 17 out. 2010.
- EMBRAPA – *Mandioca: o pão do Brasil = Manioc, le pain du Brésil*. Brasília: Embrapa, 2005. 530p.
- GARCIA, V.; COLONNA, P.; LOURDIN, D.; BULEON, A.; BIZOT, H.; OLLIVON, M. Thermal transitions of cassava starch at intermediate water contentes. *Journal of Thermal Analysis*, v. 47, n. 5, p. 1213-1228, 1996.
- GOMAND, S. V.; LAMBERTS, V. L.; DERDE, L. J.; GOESAERT, H.; VANDEPUTTE, G.E.; GODERIS, B.; VISSER, R. G. F.; J.A. DELCOUR, J. A. Structural properties and gelatinisation characteristics of potato and cassava starches and mutants thereof. *Food Hydrocolloids*, v. 24, n. 4, p. 307-317, 2010.
- GOMES, C. N.; CARVALHO, S. P. de; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 8, p. 1121-1130, 2007.
- LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.
- LEONEL, M.; GARCIA, A. C. D. B.; REIS, M. M. Caracterização físico-química e microscópica de amidos de batata-doce, biri, mandioca e taioba e propriedades de expansão após modificação fotoquímica. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 7, n. 2, p. 129-137, 2004.
- MARCON, M. J. A.; KURTZA, D. J.; RAGUZZONI, J. C.; DELGADILLO, I.; MARASCHIN, M.; SOLDID, V.; REGINATTO, V.; AMANTE, E. R. Expansion properties of sour cassava starch (polvilho azedo): variables related to its practical application in bakery. *Starch/Stärke*, Weinheim, v. 61, n. 12, p. 716-726, 2009.
- NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semi-árido baiano. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara. v. 20, n. 1, p. 129-134, 2009.
- NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. *Carbohydrate Polymers*, v. 76, n. 3, p. 362-367, 2009.
- RATNAYAKE, W. S.; JACKSON, D. S. A new insight into the gelatinization process of native starches. *Carbohydrate Polymers*, v. 67, n. 4, p. 511-529, 2007.
- SCOTT, W. J. Water relations of food spoilage microorganisms. *Advents Food Research*, v. 7, p.83-127, 1957.