

Amido e bagaço de mandioca (*Manihot esculenta* C.): obtenção e caracterização de diferentes variedades

RESUMO

A produção de mandioca, destinada tanto para consumo direto quanto para indústria de transformação, origina uma grande quantidade de resíduos constituintes da própria raiz, sendo um desses resíduos o bagaço de mandioca. A quantidade e qualidade desses resíduos variam em função de alguns fatores, tais como: cultivar, idade da planta, tempo pós colheita, além do produto obtido. O bagaço de mandioca, composto por amido e fibras, apresenta alto valor agregado devido aos seus componentes. Este trabalho, tem por objetivo obter o bagaço com o menor teor de amido possível a partir de três diferentes fontes, sendo duas a partir de raízes de mandioca e uma proveniente de bagaço industrial, caracterizar físico-quimicamente o bagaço e o amido, determinando o amido residual por método enzimático, o conteúdo de fibras (total, solúvel e insolúvel), umidade e cinzas, além do emprego de colorimetria e microscopia. A extração de amido foi mais efetiva no processo industrial, pois o bagaço apresentou um teor de amido menor. Associando a moagem com um tratamento ultrassônico, aumentou-se a extração de amido em 485 % na variedade Pioneira, 223 % na variedade Fécula Branca e 233% no bagaço industrial devido a uma maior área superficial para a extração. A análise viscoamilográfica mostrou diferentes comportamentos para os amidos analisados com diferentes viscosidades, podendo ser utilizados para diferentes aplicações. Os três amidos também apresentaram diferentes valores de tendência a retrogradação, sendo que o amido industrial apresentou a menor tendência e estabilidade de pasta se comparado com os demais amidos.

PALAVRAS-CHAVE: Amido de mandioca. *Manihot esculenta*. Bagaço de mandioca.

Leticia Zander Ronko

ronkoleticia@gmail.com

orcid.org/0000-0003-3325-4464

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Ana Paula Travalini

ana.travalini@gmail.com

orcid.org/0000-0002-5676-4603

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Ivo Mottin Demiate

demiate@yahoo.br

orcid.org/0000-0002-5609-0186

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

A mandioca, uma raiz tuberosa rica em amido, é considerada uma cultura de baixo risco por apresentar inúmeras vantagens como: fácil propagação, tolerância ao déficit hídrico, rendimento satisfatório - mesmo em solos de baixa fertilidade - e resistência ou tolerância a pragas e doenças (FIORDA et al., 2013).

No mundo, são produzidas mais de 256 milhões de toneladas de mandioca, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, onde a mandioca é cultivada nas mais diversas regiões (EMBRAPA, 2018). Essa tuberosa, é sobretudo importante em regiões subdesenvolvidas do mundo, constituindo a alimentação básica desses povos, além de uma importante fonte energética para cerca de 800 milhões de pessoas da África, América do Sul, Ásia e Ilhas do Pacífico (IYER et al., 2010; LEITE, 2016). A sua produção tem sido dirigida tanto para consumo direto quanto para indústria de transformação, onde é utilizada na elaboração de diversos produtos como fécula ou amido, farinha de mesa, raspas, farinha de raspas e polvilho azedo.

A taxonomia popular classifica os tipos de mandioca com base em características de toxicidade e palatabilidade de suas raízes, dividindo-as em dois grupos: mansas e bravas; as variedades bravas possuem gosto amargo enquanto as doces são levemente adocicadas. O gosto amargo se relaciona com capacidade da liberação de ácido cianídrico (HCN), substância altamente tóxica. O modo de consumo desses tipos de mandioca é a diferença mais evidente, sendo as bravas utilizadas na produção de farinha, extração de amido e outros produtos, enquanto as mansas, por serem mais versáteis podem ser utilizadas nos mesmos processos que as bravas, e consumidas diretamente como alimento (cozidas, fritas ou assadas). A mandioca mansa tem seu cultivo realizado em sistema de produção diferenciado em relação ao cultivo destinado a indústria, sendo considerada uma atividade agrícola significativa e voltada ao comércio *in natura* e indústria de congelados. (VALLE et al., 2004).

O processamento da mandioca para obtenção da fécula, realizado por indústrias brasileiras, gera em grande quantidade um resíduo denominado bagaço, também conhecido como farelo ou massa de mandioca. Considera-se este resíduo um problema tanto para as pequenas quanto para as grandes unidades fabris, uma vez que se trata de um produto higroscópico e com alta capacidade de absorção de água, apresentando alto custo nos processos de secagem e transporte,

desmotivando os produtores a aproveitá-lo como subproduto. Seu descarte enquadra-se como agente poluidor do meio ambiente, sendo que apenas uma pequena parte desse material é utilizada na alimentação animal, principalmente devido a sua elevada perecibilidade quando úmido e também a sua potencial toxicidade. O bagaço em geral é depositado em valas, que por vezes extravasam e carregam grande carga orgânica. Este resíduo fibroso (bagaço) apresenta baixo custo, podendo ser utilizado como matéria-prima importante para inúmeros bioprodutos (FIORETO, 1987; ARO et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2012; LEITE, 2016).

O bagaço de mandioca é o resultado do processo de extração do amido pelas fecularias. Rico em fibras, ainda pode conter, em base seca, até 60 % de amido, tornando-se fonte de carboidratos de rápida fermentação (CARDOSO, 2004). 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).

Visando à diminuição dos custos, no processamento de matérias-primas vegetais, investigações têm sido realizadas para a transformação de resíduos em subprodutos. A utilização de resíduos agroindustriais é uma opção para solucionar o problema ambiental, além de reduzir os desperdícios de matérias primas e custos de produção (VALLE et al., 2004; SAITO et al., 2006; FERNANDES et al., 2008; TRAVALINI et al., 2014). Esses subprodutos quando transformados podem gerar produtos de grande interesse comercial como: álcoois, enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, entre outros (PANDEY et al., 2000; JASKO et al., 2011). O bagaço pode ser relativamente hidrolisado com a conversão do amido e da celulose em açúcares fermentescíveis para a produção de etanol ou de vários outros bioprodutos. Os processos conhecidos para obtenção desses açúcares incluem o tratamento hidrolítico com ácidos ou com enzimas (FREITAS et al., 2011; LEONEL et al., 2004).

Levando em consideração as informações mencionadas, o objetivo deste trabalho foi obter bagaço de mandioca em laboratório a partir de três diferentes fontes, caracterizá-lo físico-quimicamente determinando-se o amido residual por método enzimático, o conteúdo de fibras (total, solúvel e insolúvel), umidade e cinzas e também caracterizar físico-quimicamente o amido, comparando-se os resultados com uma amostra de bagaço gerado por uma indústria produtora de amido de mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL

Para a realização deste trabalho, desenvolvido nos laboratórios do Centro de Tecnologia Agroalimentar – CTA do campus da Universidade Estadual de Ponta Grossa, foram utilizadas raízes de mandioca ‘Pioneira’ obtidas no Colégio Agrícola Augusto Ribas (Ponta Grossa, PR), bagaço industrial e raízes da mandioca ‘Fécula Branca’, doados pela empresa Nutriamidos (Amaporã, PR).

O amido foi obtido a partir das raízes que foram pré-processadas a fim de remover a terra aderida e as partes impróprias. As raízes foram lavadas, descascadas e cortadas em pedaços pequenos (aproximadamente 2 x 2 cm). Os pedaços foram triturados em um liquidificador industrial contendo água para a desintegração dos tecidos e células, com liberação dos grânulos de amido. Após a trituração o produto foi filtrado em malha de 53 µm, para que as fibras ficassem retidas, separando-as do amido e do material solúvel. Após decantação por aproximadamente uma hora, o sobrenadante foi quantificado e o amido foi seco em estufa a 45 °C por 12 h. O amido seco foi desintegrado em moinho, pesado e acondicionado em embalagens plásticas até a realização das demais análises.

MÉTODOS

Primeiramente, realizou-se a moagem dos bagaços das diferentes variedades de mandioca (Pioneira e Fécula Branca), bem como o bagaço industrial, em moinho universal (IKA Werke M20, Alemanha). A moagem foi realizada em três ciclos de 30 segundos, a fim de avaliar a influência da moagem na extração do amido, obtendo-se o bagaço moído e o bagaço não moído. Foram preparadas doze suspensões contendo cinco gramas de bagaço de cada variedade de mandioca com 50 mL de água destilada, separando-as da seguinte forma: seis suspensões com bagaço moído e seis suspensões com bagaço não moído. As suspensões ficaram sob refrigeração durante 24 horas para a decantação do amido. As suspensões foram expostas a vibração ultrassônica (Processador ultrassônico VC 505, Sonics & Materials, Newton, CT, EUA) em diferentes tempos e intensidades (potência), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Condições de ultrassonificação das amostras de bagaço de mandioca

Amostras Pioneira Fécula Branca	Potência (W)	Tempo (min)
1 e 7	100	5
2 e 8	200	5
3 e 9	100	10
4 e 10	200	10
5 e 11	150	7,5
6 e 12	150	7,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

As amostras foram caracterizadas segundo as metodologias descritas pela AOAC (2002): umidade em estufa a 105 °C, cinzas em mufla a 550 °C/5h, proteínas pelo método de nitrogênio total Kjeldahl e o teor de fibras (total, solúvel e insolúvel) por método enzimático. Para a quantificação de amido foi realizada hidrólise enzimática, utilizando-se 0,9 como fator de conversão de glicose em amido (LEONEL; CEREDA, 2002), empregando-se o método enzimático (Kit Magazyme - K-TSTA). A análise de lipídios foi realizada por extração sólido-líquido com Soxhlet seguindo a metodologia descrita em Instituto Adolfo Lutz (1985), enquanto o teor de carboidratos foi calculado por diferença. Todas as determinações foram realizadas em triplicata. O teor de amilose total foi determinado conforme a metodologia de Hoover e Ratnayake descrita em Wroslstad (2005). As propriedades viscoamilográficas dos amidos foram avaliadas por RVA - *Rapid Visco Analyser* (modelo RVA-4, Newport Scientific, Austrália) considerando-se a programação STD-2 do *software Thermocline for Windows* e a concentração de amido de 8% (base seca) e 28 gramas de suspensão em água deionizada. A morfologia dos grânulos foi analisada em microscópio eletrônico de varredura por efeito de campo (MEV-FEG, Mira 3 / Tescan, República Tcheca). A determinação da cor das amostras foi realizada com emprego de um colorímetro portátil MiniScan EZ 4500L (HunterLab, USA) com sistema CIE L*, a* e b*, onde os valores de L* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), a* do verde (-60) ao vermelho (+60) e b* do azul (-60) ao amarelo (+60) (FALADE; ONYEOZIRI, 2012).

A análise de dados da composição físico-química foi realizada utilizando o software Statistica versão 13.2 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, EUA). Foi verificada a normalidade e a homogeneidade das variâncias das amostras. Na sequência foi aplicada ANOVA e o teste de Fisher, para discriminação de médias, ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados da caracterização do amido e bagaço de mandioca Pioneira, Fécula Branca e Industrial estão dispostos nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Análise físico-química dos amidos e bagaços de mandioca

Análises (%)	Bagaço Industrial	Bagaço Fécula Branca	Bagaço Pioneira	Amido Industrial	Amido Fécula Branca	Amido Pioneira
Carboidratos	35,7	77,89	77,47	-	-	-
Umidade	12,42±0,4 ^a	12,25±0,8 ^a	11,06±0,1 ^b	12,37±0,1 ^a	12,02±0,1 ^a	12,28±0,3
Lipídios	0,43	0,31	1,95	-	-	-
Proteína	1,42	1,82	1,36	-	-	-
Cinzas	2,75±0,04 ^a	0,34±0,04 ^d	0,61±0,01 ^c	1,17±0,02 ^b	0,16±0,05 ^e	0,15±0,01 ^e
FAT	47,25	7,39	7,55	-	-	-

Nota: p-valor: nível de significância de 95%; Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre as amostras; “-”: Não determinado; *Carboidratos (%) – calculado por diferença, FAT: Fibra alimentar total

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Tabela 3 - Teor de amilose e amilopectina nos bagaços de mandioca

Bagaço de mandioca	Amilose (%)	Amilopectina (%)
Bagaço Industrial	30,07±0,10	69,93
Bagaço Fécula Branca	30,13±0,24	69,87
Bagaço Pioneira	30,20±0,48	69,8
Teste estatístico		
p-Brown-Forsythe*		0,423
p-Anova**		0,884

* Teste de Homogeneidade (Brown-Forsythe); ** Análise de Variância obtida pelo teste de ANOVA;

***diferentes letras na mesma coluna representam diferença estatística nos resultados de acordo com o teste de Fisher ($p < 0,05$); Amilopectina (%): calculada por diferença.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Tabela 4 - Teor de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel nos bagaços de mandioca

	Bagaço Industrial	Bagaço Fécula Branca	Bagaço Pioneira
Fibra alimentar total (%)	47,25	7,39	7,55
Fibra alimentar solúvel (%)	2,53	2,95	1,16
Fibra alimentar insolúvel (%)	46,13	6,28	6,12

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Os valores de umidade das amostras Pioneira, Fécula Branca e do bagaço industrial estão de acordo com o regulamento técnico para produtos de cereais, amido, farinha e farelos, que estabelece umidade máxima permitida para amido de mandioca de $18 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ (BRASIL, 2005). Em um estudo sobre caracterização e análise sensorial de biscoitos de polvilho enriquecidos com farelo de mandioca, Rodrigues (2011) obteve teores de umidade entre 5,74 a $6,89 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, valores diferentes em comparação com os resultados apresentados neste trabalho, essas diferenças no teor de umidade podem ser resultantes de condições climáticas existentes durante o processo de secagem.

Quanto ao resíduo mineral, em estudo comparativo, Diniz (2006) encontrou maior valor médio de cinzas de $0,26 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$. Essa variação entre as amostras pode ser justificada pela composição inicial das raízes, composição de minerais presentes nas mandiocas, além da composição do solo em que as mesmas foram cultivadas. Os bagaços das mandiocas Pioneira e Fécula Branca, bem como o bagaço obtido industrialmente sofrem influência de fatores intrínsecos e extrínsecos tais como: condições genéticas das cultivares de mandioca, condições ambientais e a forma de extração do amido durante o processamento, refletindo, nos teores de fibras e carboidratos.

Os bagaços das variedades Fécula Branca e Pioneira apresentaram alto teor de carboidratos, que representam o amido e um menor teor de fibras em relação ao bagaço industrial. Isto se deve à maior eficiência do processamento realizado pela indústria, havendo remoção de grande parte do amido presente na mandioca. Conseqüentemente o bagaço industrial apresentou o maior teor de fibra alimentar total. A extração realizada em laboratório, por outro lado, tem um gasto energético menor, diminuindo a eficiência na remoção de amido, e com isso são obtidos maiores valores para o amido e menores para fibra alimentar total.

A fibra dietética total ou fibra alimentar consiste na soma de fibra dietética solúvel e fibra dietética insolúvel. Pectina e algumas hemiceluloses compõem a fibra solúvel, enquanto a fibra insolúvel é composta por celulose, hemicelulose e lignina. As amostras apresentaram menor teor de fibra solúvel em relação a fibra insolúvel. Com a hidrólise enzimática do amido presente no bagaço, o teor de fibras aumenta.

Os demais resultados, de lipídios, proteínas e cinzas mostraram-se condizentes com os valores encontrados na literatura. Em estudo análogo realizado por Camargo et al. (2008) foram relatados valores de 1,3 g 100 g⁻¹ para cinzas, 5,3 g 100 g⁻¹ para lipídios, 0,92 g 100 g⁻¹ para proteínas, 76,32 g 100 g⁻¹ para amido e 9,9 g 100 g⁻¹ para fibras. Cereda (1996) obteve resultados semelhantes quanto a composição do bagaço de mandioca: 75 g 100 g⁻¹ de amido, 1,6 g 100 g⁻¹ de cinzas, 2 g 100 g⁻¹ de proteínas, 1 g 100 g⁻¹ de lipídios e 7 g 100 g⁻¹ fibra alimentar total, sendo 6 g 100 g⁻¹ insolúvel e 1 g 100 g⁻¹ solúvel, corroborando com os dados do presente trabalho. A vasta gama de valores encontrada deve-se a composição inicial das raízes, influenciada pela cultivar, safra, região de produção, origem botânica e método de extração (COUTINHO, 2007).

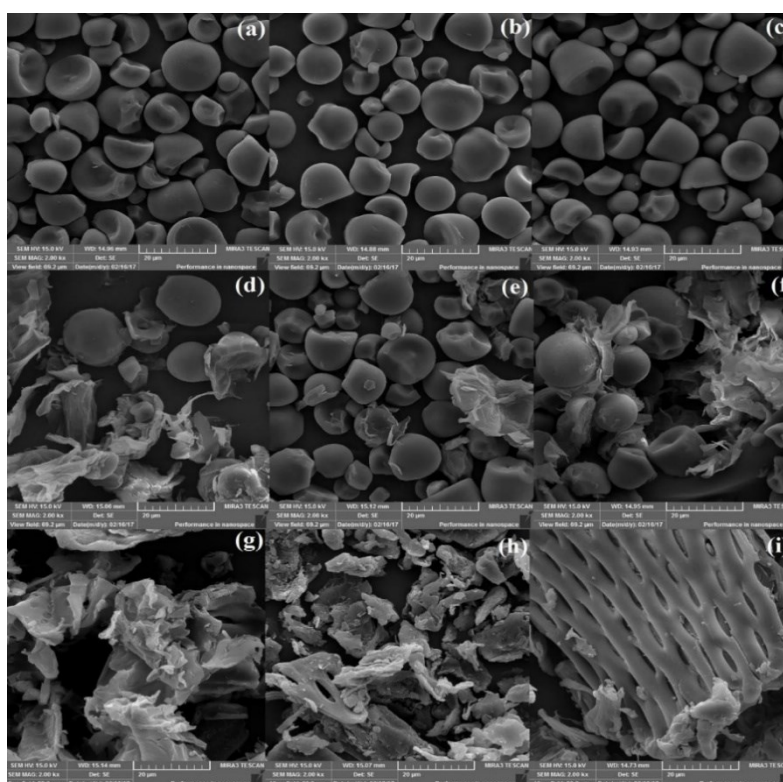
As propriedades de solubilidade em água, inchamento, gelatinização e retrogradação influenciam parâmetros como a viscosidade, claridade das pastas de amido e a formação filmes, além disso, são dependentes da estrutura do grânulo de amido, da proporção amilose:amilopectina e da proporção de regiões cristalinas e amorfas (CEREDA, 2001), variações nas proporções entre estes componentes e em suas estruturas e propriedades originam grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais distintas, afetando diretamente suas aplicações industriais. No presente estudo o teor de amilose foi baixo, contudo, o conteúdo de amilopectina foi elevado, com valores em torno de 69%. Os resultados do teor de amilose e amilopectina não apresentaram diferença significativa entre as amostras. Silva e Cabello (2006) encontraram valores entre 17,17 a 19,67% para amilose e 80,33 a 82,83% para amilopectina em fécula de mandioca e Santos et al. (2011) observou valores de 25,95±1,88, para amilose e amilopectina, respectivamente.

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA POR EFEITO DE CAMPO (MEV-FEG)

As microimagens obtidas pelo MEV-FEG (Figura 1) mostram os grânulos de amido com tamanhos que variam entre grandes e pequenos, característicos de amido de mandioca, justificados pelo processo de tuberização da raiz a partir de um câmbio central (FIORDA et al., 2013); verifica-se também que para o amido de mandioca, grande parte dos grânulos apresentou forma poligonal, globular, ligeiramente achatada em uma das extremidades e com superfície lisa. No entanto

verificou-se que a superfície de alguns grânulos apresentou alguns desníveis na superfície, atribuindo um aspecto e formato irregular, alguns autores como Leonel e Cereda (2000), Teixeira (2007), Coutinho (2007) e Leite (2016) também encontraram esse aspecto nas suas microimagens.

Figura 1 – Imagens obtidas em MEV-FEG de amido industrial (a), amido Fécula Branca (b), amido Pioneira (c), amido do bagaço industrial (d), bagaço Fécula Branca (e), bagaço Pioneira (f), fibra industrial (g), fibra Fécula Branca (h) e fibra Pioneira (i)



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

As imagens dos bagaços (d), (e) e (f) mostram os grânulos de amido juntamente com as fibras, entretanto, no bagaço industrial (d) observa-se uma maior quantidade de fibras devido ao mesmo ter sido obtido sob condições mais drásticas de processo.

Nas figuras que mostram as fibras (g), (h) e (i) pode-se verificar que a hidrólise enzimática foi efetiva devido à ausência de grânulos de amido. Em estudo análogo realizado por Travalini (2015), foi possível observar comportamento similar, alegando-se que é possível observar poucos grânulos de amido junto com as fibras devido a hidrólise enzimática completa.

ANÁLISE VISCOAMILOGRÁFICA

Os perfis viscoamilográficos dos amidos do bagaço industrial, e dos bagaços das variedades Fécula Branca e Pioneira podem ser observados na Figura 2.

Figura 2- Análise viscoamilográfica em RVA de amido Fécula Branca (a), Industrial (b) e Pioneira (c)

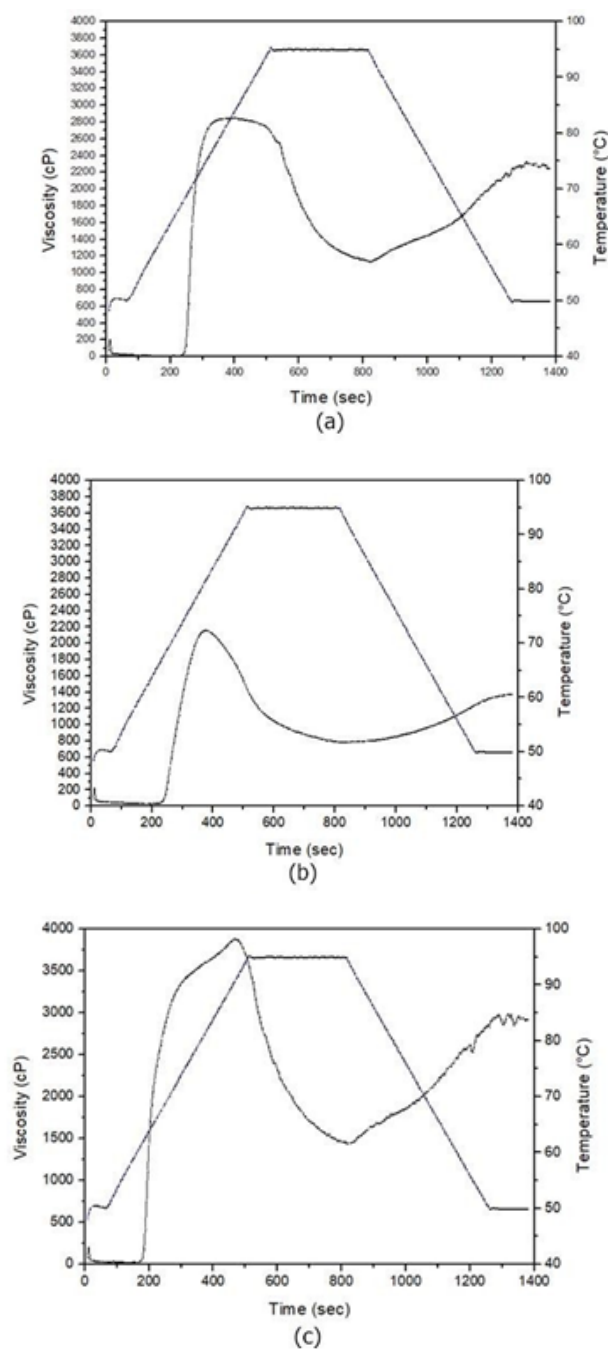


Tabela 5 - Resultados da análise viscoamilográfica em RVA

Amido	Viscosidade máxima (cP)	Quebra (cP)	Viscosidade Final (cP)	Setback (cP)
Industrial	2164	1379	1377	592
Fécula Branca	2854	1717	2250	1113
Pioneira	3887	2443	2927	1483

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O entendimento das propriedades de pasta dos amidos é de suma importância no desenvolvimento de um processo tecnológico específico ou para a elaboração de diversos produtos (OVANDO-MARTÍNEZ et al., 2011). A viscosidade máxima revela o pico de inchamento dos grânulos de amido, sendo importante para a avaliação da fluidez da pasta. Varia de acordo com a estrutura dos grânulos de amido e da proporção de amilose e amilopectina. Este parâmetro é importante pois pode interferir tanto nos equipamentos a serem utilizados e/ou dimensionados numa linha de produção quanto nas características do produto final em que o amido é empregado.

Amidos nativos de tuberosas exibem um padrão viscoamilográfico típico com um aumento da viscosidade até um máximo seguida de uma queda sob agitação e aquecimento (ROCHA et al., 2010). Os maiores picos de viscosidade foram observados para as variedades Pioneira e Fécula Branca.

A quebra, resultado da diferença entre a viscosidade máxima e mínima da pasta, possibilita avaliar a estabilidade do amido a altas temperaturas, onde seus grânulos se rompem sob agitação mecânica (FIGUEROA, 2013). As variedades Fécula Branca e Pioneira apresentam os maiores valores para este parâmetro, sendo as menos estáveis a altas temperaturas, enquanto o bagaço obtido industrialmente apresentou menores valores para esses parâmetros.

O *setback* é o parâmetro usado para prever a tendência a retrogradação, por meio da diferença entre a viscosidade final e a viscosidade mínima de pasta, permite, portanto, avaliar a tendência de aumento da viscosidade durante o resfriamento. O amido proveniente do bagaço industrial obteve menor valor para este parâmetro, o que indica maior estabilidade à retrogradação em relação aos demais amidos.

EXTRAÇÃO DE AMIDO UTILIZANDO O ULTRASSOM

A influência do tratamento ultrassônico na extração de amido das mandiocas Pioneira e Fécula Branca e do bagaço industrial estão apresentadas nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 - Teor de amido residual determinado nos bagaços com o tratamento de ultrassom

Ultrassom Amido			
Moída		Não Moída	
Pioneira 1	72,60	Pioneira 7	12,40
Pioneira 2	64,74	Pioneira 8	22,34
Pioneira 3	30,45	Pioneira 9	27,85
Pioneira 4	42,66	Pioneira 10	21,16
Pioneira 5	63,85	Pioneira 11	22,95
Pioneira 6	65,05	Pioneira 12	21,46
Fécula Branca 1	69,40	Fécula Branca 7	21,80
Fécula Branca 2	40,40	Fécula Branca 8	27,40
Fécula Branca 3	42,42	Fécula Branca 9	29,38
Fécula Branca 4	42,01	Fécula Branca 10	30,72
Fécula Branca 5	66,53	Fécula Branca 11	35,57
Fécula Branca 6	61,64	Fécula Branca 12	36,37

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Tabela 7 - Teor de amido residual determinado nos bagaços sem o tratamento de ultrassom

Ausência de Ultrassom Amido			
Moída		Não Moída	
Pioneira	57,68	Pioneira	12,1
Fécula Branca	54,86	Fécula Branca	9,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Considerando o teor de amido obtido da extração sem o tratamento ultrassônico como 100%, é possível obter o aumento no rendimento com o uso do ultrassom, considerando o maior valor de extração entre os seis diferentes tratamentos. Sendo assim, observa-se que o rendimento de amido aumenta em 25,9% na variedade Pioneira moída e 28,3% na variedade Fécula Branca moída, 130% na variedade Pioneira não moída e 287% na variedade Fécula Branca não moída e com o tratamento em ultrassom. Esse aumento ocorre devido a liberação de amido da matriz celular e homogeneização das células, fenômenos promovidos pela cavitação que ocorre no ultrassom. O processo de moagem associado com o tratamento ultrassônico aumentou ainda mais a extração de amido, em 485%, na variedade Pioneira e em 223%, na variedade Fécula Branca, devido a uma maior área superficial para a extração.

Tabela 8 - Teor de amido determinado no bagaço industrial com e sem o tratamento de ultrassom

Granulometria	Bagaço Industrial Ultrassom	Ausência de Ultrassom
Moída	17,3	14,6
Não Moída	5,2	4,3

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

ANÁLISE DE COR

A Tabela 8 mostra os parâmetros de cor das raízes de mandioca. A cor das mesmas varia em função do teor de amido presente em cada uma delas, o mesmo possui coloração branca, proporcionando valores maiores para o parâmetro L*. As fibras apresentam valores de L* menores, isso acontece devido a remoção do amido, de modo que os valores dos parâmetros a* e b* se sobressaem. Os bagaços de Pioneira e Fécula Branca apresentaram valores do parâmetro L* maiores em relação ao bagaço industrial, pois os bagaços de pioneira e fécula branca são ricos em amido, já o bagaço industrial teve parte de seu amido removido durante o processamento resultando em um menor valor no parâmetro L*. Com a análise de cor pode-se afirmar que a hidrólise foi eficiente, removendo o amido que conferia a cor branca nas amostras.

Tabela 9 - Valores de L*, a* e b* para análise colorimétrica de amido, fibra e bagaço de mandioca Fécula Branca, Pioneira e obtida industrialmente

Matéria-prima	L*	a*	b*
Amido Industrial	95,23±0,41 ^a	0,45±0,04 ^c	3,91±0,21 ^d
Bagaço Industrial	75,62±0,25 ^f	3,25±0,05 ^a	15,17±0,10 ^a
Amido Fécula Branca	93,68±0,06 ^b	-0,23±0,04 ^f	3,37±0,04 ^e
Bagaço Fécula Branca	92,80±0,06 ^c	0,06±0,02 ^d	5,49±0,05 ^c
Amido Pioneira	92,78±0,10 ^d	-0,18±0,02 ^e	3,64±0,07 ^d
Bagaço Pioneira	91,26±0,22 ^e	0,46±0,01 ^b	6,58±0,09 ^b
Testes estatísticos			
p-Brown-Forsythe**	0,42	0,76	0,66
p-Anova***	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A diferença na coloração das amostras pode ser observada na Figura 3, comprovando os resultados obtidos através do colorímetro, onde os amidos de Fécula Branca, Pioneira e Industrial apresentam coloração branca, evidenciando o

elevado valor no parâmetro L*, observa-se também a coloração escura do Bagaço Industrial, confirmando a eficiência da remoção de seu amido durante o processamento, no entanto, os bagaços de Fécula Branca e Pioneira apresentaram coloração branca, evidenciando a presença do amido em sua composição.

Figura 3 - Coloração das amostras de amido e bagaço de mandioca



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

CONCLUSÃO

Os bagaços das variedades de mandioca Pioneira e Fécula Branca apresentaram maior teor de amido e menor teor de fibras em relação ao bagaço obtido industrialmente devido as diferenças nos processos empregados para a extração de amido. O processo realizado em laboratório apresentou menor eficiência na remoção do amido enquanto que o processo industrial promove eficiente retirada do amido presente nas raízes de mandioca. Quanto melhor a extração de amido maior o teor de fibra alimentar total no bagaço.

O bagaço de mandioca obtido industrialmente apresenta elevados teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel e maiores teores de cinzas, tendo potencial para emprego pela indústria de alimentos.

O bagaço de mandioca é um subproduto da produção de amido e enquadra-se como agente poluidor, entretanto, pode ser considerado uma matéria-prima de baixo custo com características tecnológicas potenciais, além do seu emprego pela indústria amenizar o problema ambiental.

O processo de moagem associado com o ultrassom consiste em alternativa para incremento da extração do amido de diferentes variedades de mandioca.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Ponta Grossa pela estrutura fornecida. Ao CNPq pelo suporte financeiro.

Starch and cassava bagasse (*Manihot esculenta* C.): obtaining and characterization of different varieties

ABSTRACT

The production of cassava, destined both for direct consumption and for the processing industry, originates large volume of residues constituted by the root itself, being one of these residues the cassava bagasse. The quantity and quality of these residues vary in some factors, such as: cultivar, plant age, harvest time, in addition to the obtained cassava product. Cassava bagasse, composed of fibers and starch, has high added value due to its components. This work aims to obtain either bagasse with as little starch content as possible from three different sources, two from cassava roots and one industrial bagasse, characterizing them chemically, determining the residual starch by enzymatic method, fiber content (total, soluble and insoluble), particles and ash, in addition to the use of colorimetry and microscopy. Starch extraction was more effective in the industrial process, as the product had a lower starch content. Combining an ultrasonic treatment method, the extraction of starch was increased by 485% in the *Pioneira* variety, 223% in the *Fécula Branca* variety and 233% in the industrial bagasse due to a greater surface area for extraction. The viscoamylographic analysis showed different uses for the starches analyzed with different viscosities, which can be used for different applications. The three starches also showed different values for tendency to retrogradation (setback), and the industrial starch showed the lowest setback and paste stability when compared with the other starches.

KEYWORDS: Cassava starch. *Manihot esculenta*. Cassava bagasse.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis. 17th Ed, Washington, DC, 2002, VII.

ARO, S. O.; ALETOR, V. A.; TEWE, O. O.; AGBEDE, J. O. Nutritional potentials of cassava tuber wastes: A case study of a cassava starch processing factory in south-western Nigeria. **Livestock Research for Rural Development**, v. 22, p. 11, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 263 de Setembro de 2005 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Brasília, p. 368-369, 2005.

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**, v. 28, n. 3, p. 586-591, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300013>

CARDOSO, C. E. L. **Restrições à melhoria da competitividade da cadeia agroindustrial de fécula de mandioca**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 2004.

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

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais do amido**. Campinas: Fundação Cargill, 2001, v. 1, 224p.

Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB) – **Mandioca: raiz, farinha fécula**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_15_14_37_41_17
Acesso em: 16/08/2017.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 2007. 151 Tese de doutorado Doutor em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu.

DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. 2006, 103 fls. Tese (PósGraduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - **Mandioca em números**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros>. Acesso em: 17/09/2018.

FALADE, K. O.; ONYEOZIRI, N. F. Effects of cultivar and drying method on color, pasting and sensory attributes of instant yam (*Dioscorea rotundata*) flours. **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 3, p. 879-887, 2012.
<https://doi.org/10.1007/s11947-010-0383-8>

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2015. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 18/09/2018.

FERNANDES A. F.; PEREIRA J.; GERMANI R.; OIANO-NETO J. Efeito da Substituição Parcial da Farinha de Trigo por Farinha de Casca de Batata (*Solanum tuberosum* Lineu). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.28, p. 56-65, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000500010>

FIGUEROA, A. M. **Caracterização físico-química e estudo das propriedades de amido nativo de mandioca, polvilho azedo e amidos modificados**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2013.

FIORDA, F. A.; JÚNIOR, M. S. S.; DA SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 408- 416, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000400005>

FIORETO, A. M. C. **Viabilidade de cultivo de *Trichosporon sp.* em manipueira**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 1987.

FREITAS, A. C.; OLIVEIRA, F.; NETO, P. O. **Hidrólise do farelo de mandioca por tratamento ácido termopressurizado**, 2011. Disponível em: <
http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_33419342861.pdf> Acesso em: 17/09/2018.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: IMESP, 3. ed., 1985. p. 56.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Prognóstico da produção agrícola nacional: comparativo entre as safras de 2010/2011**. 2011. Disponível em:

https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_2
O> Acesso em: 21 de maio de 2016.

IYER, S.; MATTINSON, D. S.; FELLMAN, J. Study of the early events leading to cassava root postharvest deterioration. **Tropical Plant Biology**, v. 3, n. 3, p. 151-165, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12042-010-9052-3>

JASKO, A. C., ANDRADE J., CAMPOS P. F., PADILHA L. P., PAULI R. B., QUAST L. B., SCHNITZLER E., DEMIATE I. M. Caracterização físico-química de bagaço de mandioca in natura e após tratamento hidrolítico. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 05, p. 427-441, 2011. <https://doi.org/10.3895/S1981-36862011000100006S1>

LEITE, A. L. M. P. **Obtenção e caracterização de nanofibras de celulose a partir de subprodutos da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2016.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612002000100012>

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 20, p. 122- 127, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612000000100023>

LEONEL, M.; GARCIA, A. C. B.; REIS, Marlon 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.

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**, v. 74, p. 81-87, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00143-1)

ROCHA, T. S.; CARNEIRO, A. P. A.; FRANCO, C. M. L. Effect of enzymatic hydrolysis on some physicochemical properties of different granular starches. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p.544-551, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000200039>

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**, v. 41, n. 12, p. 2196-2202, 2011.

<https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200025>

SAITO, I.; CABELO, C.; FUKUSHIMA, R. S. Caracterização das fibras do farelo de mandioca residual após tratamento hidrotérmico. **Raízes e Amidos Tropicais**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2006.

SANTOS, A. de O.; OLIVEIRA, L. A. de; JESUS, J. L. de; SANTANA, F. A.; SANTOS, V. S.; OLIVEIRA, E. J. de **Caracterização da composição do amido de acessos de mandioca**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 14. 2011, Maceió. Anais... Maceió: 2011. 1 CD.

SILVA, F. I. da; CABELLO, C. Caracterização das estruturas moleculares de amido de mandioca utilizando metodologia de permeação em gel. **Energia e Agricultura**, v. 21, n. 1, p. 50-68, 2006.

TEIXEIRA, E. D. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos**. 2007. Tese (Doutor em Ciência). Departamento de Química., Universidade de São Paulo - USP., São Carlos, SP.

TEIXEIRA, E. D. M.; CURVELO, A. A. S.; CORRÊA, A. C.; MARCONCINI, J. M.; GLENN, G. M.; MATTOSO, L. H. C. Properties of thermoplastic starch from cassava bagasse and cassava starch and their blends with poly (lactic acid). **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 61-68, 2012.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.11.036>

TRAVALINI A. P.; FARIAS F. O.; MAYER R.; DEMIATE I. M.; BARANA A. C. Avaliação do efeito da incorporação de subprodutos agroindustriais na elaboração de cookies. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 08, p. 1592-1602, 2014. <https://doi.org/10.3895/S1981-36862014000200012S1>

TRAVALINI, A. P. **Extração, modificação e aplicação da fibra do bagaço de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2015.

VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B.; MUHLEN, G. S.; VILLELA, O. V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 221-226, 2004.

<https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000200007>

WROLSTAD, Ronald E. et al. **Handbook of food analytical chemistry: pigments, colorants, flavors, texture, and bioactive food components**. John Wiley and Sons, Inc, 2005.

Recebido: 24 set. 2019.

Aprovado: 06 fev. 2020.

Publicado: 22 mar. 2020

DOI: 10.3895/rbta.v1n1.10799

Como citar:

RONKO, L. Z.; TRAVALINI, A. P.; DEMIATE, I. M. Amido e bagaço de mandioca (*Manihot esculenta* C.): obtenção e caracterização de diferentes variedades. **R. bras. Technol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 14, n. 1, p. 2962-2982, jan./jun. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Letícia Zander Ronko

Rua Abreu de Lima, n. 43, CEP 84025140, Bairro Uvaranas. Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

