

Artigo

Farinha da Casca de Banana Madura: Uma Matéria-prima para a Indústria Alimentícia

Jung, E. P.;* Ribeiro, L. O.; Kunigami, C. N.; Figueiredo, E. S.; Nascimento, F. S.

Rev. Virtual Quim., 2019, 11 (6), no prelo. Data de publicação na Web: 26 de setembro de 2019

<http://rvq.sbq.org.br>

Ripe Banana Peel Flour: A Raw Material for the Food Industry

Abstract: The aim of the work was to evaluate the potential of banana peel flour (*Musa cavendishii*) as a possible ingredient in the food industry. The material was obtained from the processing of the candy industry. It was evaluated as its centesimal composition, elemental, mineral and calorific value. Its content of bioactive compounds and antioxidant capacity was also determined. The results showed that the mineral composition of the flour had manganese ($3.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) and potassium ($4720 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) enough to meet the recommended daily intake for an adult. The flour was also distinguished by the content of carotenoids ($3085 \text{ } \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) and phenolic compounds ($145 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), which contributed to its antioxidant capacity, since there was partial capture of the radicals by both iron reduction method (FRAP) and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Peel flour oil (13 % of composition) was composed mainly of palmitic (35 %), α -linolenic (25 %) and linoleic acids (22 %). Thus, it is found that banana peel flour is a product that offers several opportunities to the food industry, either by its use as an ingredient in new formulations or by the fractionation of the bioactive compounds by means of separation techniques.

Keywords: *Musa cavendishii*; minerals; bioactive compounds; antioxidant capacity.

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial da farinha da casca de banana d'água (*Musa cavendishii*) como possível ingrediente na indústria alimentícia. O material foi obtido do processamento da indústria de doces. Foram avaliadas a sua composição centesimal, elementar, mineral e o poder calorífico. Também foi determinado o seu conteúdo em compostos bioativos e capacidade antioxidante. Os resultados mostraram que a composição mineral da farinha apresentou teores de manganês ($3,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e potássio ($4720 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) suficientes para atender a ingestão diária recomendada para um adulto. A farinha também se destacou pelo conteúdo de carotenoides ($3085 \text{ } \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) e compostos fenólicos ($145 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), os quais contribuíram para a capacidade antioxidante da mesma, uma vez que ocorreu a captura de parte dos radicais pelo método de redução do ferro (FRAP) e 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) nos ensaios *in vitro*. O óleo da farinha da casca (13 % da composição) foi majoritariamente composto por ácido palmítico (35 %), α -linolênico (25 %) e linoleico (22 %). Deste modo, verifica-se que a farinha da casca de banana é um produto que oferece diversas oportunidades à indústria alimentícia, seja por sua utilização como ingrediente em novas formulações ou pelo fracionamento dos compostos bioativos por meio de técnicas de separação.

Palavras-chave: *Musa cavendishii*; minerais; compostos bioativos; capacidade antioxidante.

* Instituto Nacional de Tecnologia, Divisão de Química Analítica, Laboratório de Análise Orgânica Instrumental, Avenida Venezuela nº 82, sala 514, Saúde, CEP 20081-312, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

✉ eliane.jung@int.gov.br

DOI: [10.21577/1984-6835.20190120](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20190120)

Farinha da Casca de Banana Madura: Uma Matéria-prima para a Indústria Alimentícia

Eliane Przytyk Jung,^{a,*} Leilson de Oliveira Ribeiro,^a Claudete Norie Kunigami,^a Elizabeth da Silva Figueiredo,^a Fernanda de Souza Nascimento^b

^a Instituto Nacional de Tecnologia, Divisão de Química Analítica, Laboratório de Análise Orgânica Instrumental, Avenida Venezuela n° 82, sala 514, Saúde, CEP 20081-312, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

^b Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rua Pereira de Almeida n° 88, Praça da Bandeira, CEP 20260-100, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

* eliane.jung@int.gov.br

Recebido em 28 de fevereiro de 2019. Aceito para publicação em 8 de agosto de 2019

1. Introdução

2. Material e Métodos

2.1. Material

2.2. Métodos

3. Resultados e Discussão

3.1. Composição centesimal e poder calorífico

3.2. Minerais

3.3. Compostos bioativos e capacidade antioxidante

3.4. Avaliação do perfil graxo do óleo da farinha da casca de banana

4. Conclusão

1. Introdução

Banana é um termo geral que engloba um número de espécies ou híbridos do gênero *Musa* da família *Musaceae*. Originárias do sudeste da Ásia, são cultivadas em mais de 125 países, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) para a alimentação e a agricultura,¹ a produção

mundial de banana em 2016 foi cerca de 113 milhões de toneladas. Os principais produtores foram Índia, China, Indonésia, Brasil, Equador e Filipinas. A produção brasileira foi cerca de 7,2 milhões de toneladas em 2018.²

O consumo expressivo da banana gera um passivo ambiental correspondente às cascas, as quais representam cerca de 30 % da massa total da fruta madura.³ Assim, por meio destes dados, estima-se que no Brasil são

gerados em torno de 2 milhões de toneladas deste resíduo anualmente. O descarte das cascas sem qualquer tratamento prévio pode causar impactos ambientais, uma vez que o seu alto teor de carboidratos gera uma elevada demanda bioquímica de oxigênio nos rios. Isso contribuiu para a redução de populações de animais aquáticos provocando um desequilíbrio nesse ecossistema.⁴

O aproveitamento deste resíduo contribui para a preservação do meio ambiente. Além disso, apresenta-se como uma alternativa econômica para pequenas e grandes indústrias do país em diversos ramos, principalmente o alimentício, visto que se trata de um resíduo que ainda possui compostos de alto valor agregado, principalmente os compostos bioativos.⁵

Rebello *et al.*,⁵ ao avaliarem a composição fenólica de uma farinha de casca de banana (*Musa* AAA), detectaram a presença de flavonoides (principalmente flavanóis e flavonóis).

González-Montelongo *et al.*⁶ testaram diferentes condições de extração para a recuperação de compostos antioxidantes da casca de banana e também obtiveram extratos com elevada capacidade antioxidante. Com base neste resultado, os autores concluíram que a casca de banana pode ser uma fonte barata de compostos bioativos com importante ação antioxidante.

Entretanto, ainda existem características químicas da casca a serem avaliadas. Deste modo, o conhecimento quanto à composição química e aspectos físico-químicos da casca de banana são essenciais para que sejam determinadas as potenciais aplicações da mesma. Assim, neste trabalho foram avaliadas a composição centesimal e elementar, o conteúdo de minerais, o perfil de ácidos graxos, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante da farinha da casca da fruta (*Musa cavendishii*), visando sua aplicação na indústria alimentícia.

2. Material e Métodos

2.1. Material

Cerca de 5 kg de cascas de banana da variedade *Musa cavendishii* foram cedidas por uma fábrica de doce de banana, localizada no estado do Rio de Janeiro. Estas estavam totalmente amareladas, em estágio de maturação 6, conforme escala de Von Loesecke.⁷ O material foi transportado sob refrigeração até o Instituto Nacional de Tecnologia, onde todos os experimentos foram realizados. Após o recebimento, as cascas foram secas a 50 °C por 28 h e, posteriormente trituradas em um triturador doméstico (Magic Bullet®, EUA). A farinha obtida foi guardada em sacos laminados hermeticamente fechados dentro de dessecadores.

2.2. Métodos

A extração de compostos bioativos, determinação dos compostos fenólicos totais, avaliação da capacidade antioxidante e determinação dos carotenoides totais foram realizadas em triplicata. As demais análises foram realizadas em duplicata.

Extração dos compostos bioativos

A extração dos compostos bioativos da farinha da casca foi realizada utilizando-se a razão solvente:massa de 5:1 (v/m), em banho-maria a 60 °C sob refluxo por 1 hora, usando uma solução hidroetanólica 50 % (v/v).^{4,5} Os extratos obtidos foram filtrados em papel de filtro quantitativo. Em seguida, foram concentrados em um evaporador rotativo à temperatura limite de 60 °C. Os extratos aquosos foram liofilizados e armazenados sob congelamento até a realização das análises, momento em que foram ressuspensos em metanol. Este

extrato foi utilizado para determinar o teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante do material.

Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Singleton *et al.*⁸ adaptada por Gomes,⁹ utilizando o reagente de *Folin-Ciocalteu*. Assim, 200 μL do extrato da amostra foi reagido com 100 μL de reagente de *Folin-Ciocalteu*, após alcalinização do meio com 300 μL de Na_2CO_3 200 g L^{-1} . A reação ocorreu por 30 min a 40 °C. Após esse período, a absorbância da amostra foi lida a 765 nm. Os compostos fenólicos totais foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g ($\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$).

Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante da amostra foi determinada por meio do reagente DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) conforme metodologia descrita por Hidalgo *et al.*¹⁰ Assim, 100 μL do extrato da amostra foram reagidos com 2900 μL de reagente DPPH em metanol sob agitação. Após 30 min da reação, a absorbância da amostra foi lida a 517 nm. A curva padrão foi preparada com o padrão de Trolox (90-895 $\mu\text{mol L}^{-1}$) e os resultados foram expressos em micromols de Trolox equivalentes por g de amostra ($\mu\text{mol Trolox } \text{g}^{-1}$).

A capacidade antioxidante da farinha também foi avaliada pela redução do íon ferro (FRAP). Para tal, a solução de trabalho foi elaborada pela mistura de 5 mL de TPTZ (2,4,6-tris (2-piridil)-S-triazina) 10 mmol L^{-1} e 5 mL de cloreto férrico 20 mmol L^{-1} em 50 mL de tampão acetato 300 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Para a reação, 200 μL do extrato da amostra foram misturados a 1800 μL da solução de trabalho. A amostra foi incubada a 37 °C por 30 min. Em seguida, fez-se a leitura da absorbância

em 595 nm. A curva padrão foi preparada com sulfato ferroso heptahidratado (50-600 $\mu\text{mol L}^{-1}$) e os resultados foram expressos em micromols de Fe^{+2} equivalentes por g de amostra ($\mu\text{mol Fe}^{+2} \text{ g}^{-1}$).¹¹

Carotenoides totais

Os carotenoides totais da farinha de casca de banana foram determinados conforme descrito por Rodriguez-Amaya¹² com modificações sugeridas por Pacheco.¹³ Para isto, 1 g de farinha foi extraída com acetona até a exaustão, ou seja, quando o material não apresentava mais coloração amarela. A separação foi realizada em um funil de decantação contendo éter de petróleo. Após sucessivas lavagens com água, para a remoção da acetona, o extrato etéreo foi acondicionado em um balão volumétrico de 10 mL e avolumado com éter de petróleo. A absorbância do extrato foi lida a 450 nm. Os resultados foram expressos em μg de β -caroteno por 100 gramas de amostra.

Perfil de ácidos graxos por CG/EM

Para esta determinação, aproximadamente 5 g de farinha de casca de banana foram submetidas à extração, utilizando um *Soxhlet* com 150 mL de n-hexano por 4 horas.¹⁴ O óleo obtido após a eliminação do solvente, por meio da destilação e secagem com nitrogênio 5.0, foi utilizado na determinação do perfil graxo.

Este óleo foi submetido à reação de transesterificação com o reagente trifluoreto de boro (BF_3) em metanol. Os produtos da reação, ésteres metílicos dos ácidos graxos, foram extraídos com hexano. Em seguida, foram analisados por cromatografia gasosa com detecção por espectrometria de massas (CG-EM) no equipamento GC-MSD (Agilent, 6890-5975, EUA).¹⁴ A composição quantitativa foi obtida pelo método de normalização de áreas, no qual o percentual

indicado para cada componente corresponde à contribuição de cada pico em área sobre o total de áreas de todos os picos. As condições

analíticas utilizadas encontram-se na aTabela 1.

Tabela 1. Condições analíticas empregadas na determinação do perfil graxo da farinha de casca de banana por CG-EM

Coluna	Carbowax 20M (30 m x 250 µm x 0,25 µm)
Temperatura Forno inicial (°C)	50
Rampa (°C.min ⁻¹)	4
Injetor (°C)	220
Interface (°C)	240
Gás de arraste	Hélio
Fluxo de gás (mL.min ⁻¹)	1,5
Volume de injeção (µL)	1
Faixa de massa (u)	50 a 400

A caracterização dos ácidos graxos foi obtida por comparação com os espectros de massas disponíveis na biblioteca digital de espectros de massas *Willey7Nist05*.

Composição Centesimal, análise elementar e poder calorífico

Na composição centesimal foram determinados os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos da farinha, sendo os resultados expressos em % (m/m). As análises foram realizadas de acordo com a AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*), pelos métodos: 925.09, 945.38, 923.03 e 2001.11 (2010).¹⁵ Também, foi determinada a composição elementar da farinha (carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre) expressa em % (m/m), além do seu poder calorífico superior e inferior expresso em kcal kg⁻¹. Para esta determinação, utilizou-se um calorímetro com bomba calorimétrica isoperibol (LECO, AC-350, EUA).¹⁶ O procedimento foi realizado de

acordo com a norma ASTM D5865/13. A análise elementar de CHN foi realizada num analisador elementar CHN (LECO, CHN 628, EUA). O teor de enxofre foi determinado em outro equipamento (LECO, SC 32, EUA). O valor do poder calorífico inferior foi calculado pela diferença entre o poder calorífico superior corrigido e o calor de vaporização da água, a partir do teor de hidrogênio da amostra. O poder calorífico superior corrigido é o valor da energia liberada na queima da amostra, subtraído-se a formação de H₂SO₄, estimado a partir da concentração do enxofre, e, a formação do HNO₃, determinada a partir da sua titulação, conforme define a norma.¹⁶

Minerais

Os teores de ferro, manganês, magnésio, potássio, cálcio e sódio foram quantificados por absorção atômica segundo método desenvolvido por McKenzie.¹⁷ Utilizou-se um espectrômetro de absorção atômica (Varian,

AA280FS). Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

3. Resultados e Discussão

3.1. Composição centesimal e poder calorífico

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados obtidos para a composição centesimal, análise elementar e poder

calorífico superior e inferior da farinha de casca de banana, respectivamente. Os resultados da composição centesimal são semelhantes aqueles reportados por Pessoa,¹⁸ sendo observado maior diferença no valor obtido para o teor de cinzas. Tal diferença pode estar associada à variedade de banana utilizada por este autor (*Musa sapientum*), mas sabe-se que fatores como insolação, fonte de nutrientes do solo, estágio de maturação e outros, podem contribuir para diferenças nestes parâmetros.³

Tabela 2. Composição centesimal da farinha da casca de banana

Composição centesimal (%)		
Análises	Dados experimentais	Dados da literatura ¹⁸
Umidade	7,47	5,97
Cinzas	11,18	7,97
Lipídios	13,19	7,49
Proteínas	14,74	8,77
Carboidratos	53,42	69,8

A composição elementar obtida no presente estudo (Tabela 3) é semelhante àquela reportada por Paniagua.¹⁹ Difere-se apenas no conteúdo de carbono e enxofre da

casca de banana estudada por esse autor, o que se deve, possivelmente, a diferente variedade utilizada e a composição do solo.³

Tabela 3. Análise elementar da farinha da casca de banana

Análise elementar (%)		
Análises	Dados experimentais	Dados da literatura ¹⁹
C	37,78	47,13
H	5,80	6,47
N	2,17	1,34
S	0,04	0,9

A partir das concentrações de carbono, hidrogênio e enxofre e do poder calorífico superior (PCS) obtido com uso de um calorímetro, pôde-se calcular o poder

calorífico inferior (PCI). Os resultados são mostrados na Tabela 3. Na maior parte dos artigos publicados, o valor do PCS é resultante de uma estimativa baseada num

modelo matemático, o qual utiliza os valores encontrados na análise elementar de C, H, N e S e o valor de carbono fixo como variáveis.

Dessa forma, o presente trabalho apresentou o calor de combustão da amostra nas suas condições reais de utilização.

Tabela 4. Poder calorífico superior e inferior da farinha da casca de banana

Poder calorífico (kcal kg ⁻¹)		
Análises	Dados experimentais	Dados da literatura 20,21
Poder calorífico Superior	3470	3129
Poder calorífico inferior	3176	--

Como esperado, devido ao baixo teor de carbono elementar, a amostra não possui um alto PCS quando comparado ao resíduo de eucalipto ou mesmo à palha de café.^{22,23,24} O PCI apresenta-se bem próximo ao PCS, demonstrando que esta farinha tem baixo teor de umidade, como esperado. Portanto, sugere-se a sua utilização como fonte de energia na forma de briquetes ou péletes compostos. Ou seja, parte da composição do briquete pode ser obtida pela farinha da casca de banana e a(s) outra(s) parte(s) por outra(s) biomassa(s) de maior poder calorífico.^{22,24}

Os briquetes e péletes são possíveis substitutos da lenha e fáceis de serem transportados. Isto possibilita a sua aplicação em estabelecimentos comerciais como padarias, restaurantes, pizzaria, e outros, atendendo a segmentos da indústria alimentícia.²⁵ Contudo, sugere-se que seja feita a extração dos compostos de aplicação na indústria alimentícia presentes no resíduo. Então, posteriormente, o resíduo seja utilizado como fonte de calor. Deste modo, maior valor agregado poderá ser adicionado à cadeia agroindustrial da banana. Cabe destacar que tal aplicação dependerá do balanço energético envolvendo a secagem do resíduo da extração. Uma vez aplicado na forma de briquetes, após sua queima, as cinzas poderão ser empregadas na adubação do solo.²⁶ Dessa forma, tem-se o aproveitamento total da biomassa.

3.2. Minerais

A Tabela 5 apresenta a composição em minerais da farinha da casca de banana. Com base na RDC (Resolução de Diretoria Colegiada) nº 269 de 22 de setembro de 2005 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), que estabelece a ingestão diária recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas e dados da OMS (Organização Mundial de Saúde), verifica-se que em 100 gramas da farinha tem-se mais de 100 % da ingestão diária recomendada para potássio e manganês.^{27,28}

A farinha apresenta uma boa fonte de magnésio, cálcio e ferro, por atender 43, 29 e 34 %, respectivamente, das necessidades diárias desses minerais para um adulto.²⁷ Entretanto, no caso do ferro, é conhecido que esse mineral apresenta menor disponibilidade quando oriundo de matrizes vegetais em comparação com o ferro de origem animal.³⁰ Ainda assim, o teor de ferro da farinha da casca pode contribuir com a ingestão recomendada do mesmo. Uma vez que há alta prevalência de deficiência de ferro no Brasil, deve-se dar importância ao uso de biomassas ricas em ferro como fonte auxiliar.²⁹

Tabela 5. Minerais da farinha da casca de banana e sua contribuição para a ingestão diária recomendada

Minerais (mg 100 g ⁻¹)			
Análises	Dados experimentais	IDR (mg)	IDR experimental (%)
Potássio	4720	3510 ²⁸	134
Cálcio	294	1000 ²⁷	29
Magnésio	111	260 ²⁷	43
Ferro	4,7	14 ²⁷	34
Manganês	3,6	2,3 ²⁷	156
Sódio	2,8	2000 ²⁹	0,14

IDR – Ingestão diária recomendada para um adulto. Valores recomendados pela RDC nº 269 de 2005 da ANVISA.²⁷ Valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde^{28,29}

Cabe destacar também a baixa contribuição da farinha para a ingestão de sódio.²⁸ Este mineral é associado à hipertensão quando consumido em excesso. Desta forma, a farinha obtida pode ser usada na elaboração de novos produtos alimentícios, incrementando os níveis destes nos alimentos formulados. Os minerais são importantes para o bom funcionamento do organismo humano por participarem de processos enzimáticos, atuando como cofatores.³¹

3.3. Compostos bioativos e capacidade antioxidante

A Tabela 6 apresenta os resultados para as análises de compostos fenólicos totais, carotenoides totais e capacidade antioxidante da farinha da casca de banana. Como pode ser visto, a farinha apresentou relevante teor de compostos bioativos, com

destaque para o teor de carotenoides. Yan *et al.*,³² ao avaliarem o teor de carotenoides da casca de banana em diferentes estágios de maturação (4-7) reportaram valores entre 109 a 186 µg β-caroteno por 100 g. Sendo, assim, inferiores ao conteúdo observado no presente trabalho (Tabela 5). Como citado, essas diferenças podem ser devido à variedade da banana avaliada, condições climáticas, entre outros.³ No estudo realizado por Yan *et al.*,³² as cascas avaliadas foram obtidas de bananas *Musa acuminata*, comercializadas na Austrália. Entre os carotenoides identificados, estes autores reportaram a presença de β-caroteno e xantofilas. Os carotenoides são pigmentos de grande importância devido a sua ação antitumoral e pela sua atividade pró-vitamínica A associada ao β-caroteno.³³ Portanto, a farinha da casca de banana pode ser usada para a recuperação destes pigmentos, possibilitando a obtenção de compostos com maior valor agregado.

Tabela 6. Compostos bioativos e capacidade antioxidante da farinha da casca de banana

Análises	Valor médio	Desvio-padrão
FRAP ($\mu\text{mol Fe}^{+2} 100 \text{ g}^{-1}$)	1669	(\pm) 37
DPPH ($\mu\text{mol Trolox g}^{-1}$)	3,33	(\pm) 0,02
Fenólicos totais (mg EAG 100 g^{-1})	145	(\pm) 9
Carotenoides totais ($\mu\text{g } \beta\text{-caroteno } 100 \text{ g}^{-1}$)	3085	(\pm) 124

O teor de compostos fenólicos na farinha da casca de banana foi superior aos observados por Storck *et al.*³⁴ Neste trabalho foram avaliadas as cascas de moranga ($105,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), batata ($88,4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), melão ($64,9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e a casca de banana da variedade *Musa paradisíaca* ($38,7 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Com base nos resultados observados e na literatura citada, é possível verificar a importância dos resíduos agroindustriais como fonte de compostos bioativos. Uma vez que não possuam compostos anti-nutricionais e não apresentem toxicidade, os mesmos podem ser empregados no desenvolvimento de formulações alimentícias ou usados para a recuperação de compostos de maior valor agregado, como citado anteriormente.

Storck *et al.*,³⁴ após a caracterização química e nutricional de folhas, talos, cascas e sementes de vegetais, formularam diferentes preparações alimentícias, das quais, 77 % obtiveram aceitação sensorial com nota superior a 5 em uma escala hedônica que variou de 1 a 7. O bolo de casca de banana, elaborado por esses autores, apresentou índice de aceitabilidade superior a 79 %. Portanto, esses resultados corroboram a utilização da farinha da casca de banana como potencial ingrediente para a indústria alimentícia em substituição parcial da farinha de trigo, por exemplo.

Com relação à capacidade antioxidante (Tabela 5), já é bem conhecida a correlação dos compostos bioativos como os fenólicos, carotenoides e vitaminas, por exemplo, com a ação antioxidante no organismo humano, fundamental para a diminuição do estresse oxidativo causado por espécies radiculares.³⁵ Como pode ser observado na Tabela 5, a farinha mostrou-se capaz de reduzir a concentração de radicais livres pelos ensaios *in vitro* FRAP e DPPH. Assim, a capacidade antioxidante destes compostos pode contribuir para a redução da incidência de doenças crônicas como o câncer^{33,36}, destacando o aproveitamento da farinha da casca da fruta como matéria-prima para a obtenção de extratos ricos em biocompostos.

3.4 Avaliação do perfil graxo do óleo da farinha da casca de banana

Os principais picos presentes no cromatograma de íons totais (CIT) dos produtos de transesterificação do óleo da farinha encontram-se entre os tempos de retenção de 16 min a 44 min. O cromatograma pode ser visto na Figura 1 e os resultados podem ser observados na Tabela 7.

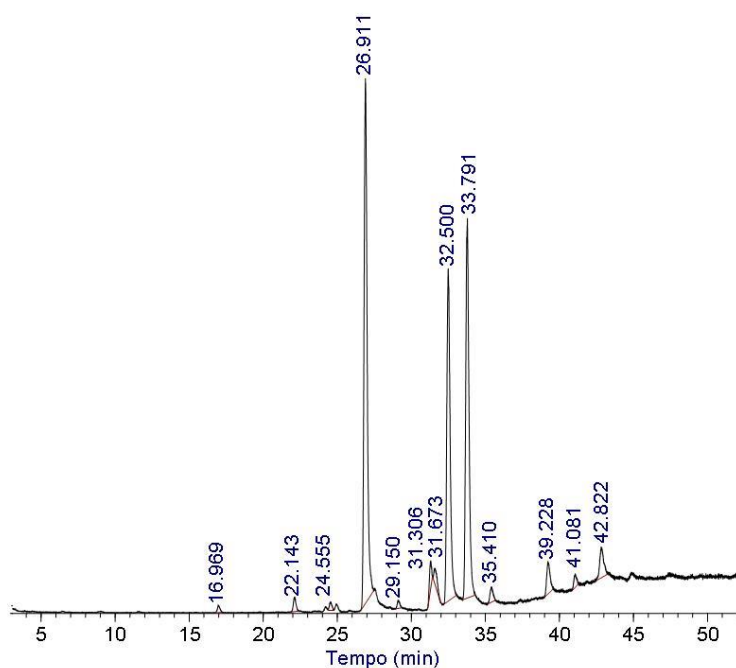


Figura 1. Cromatograma de íons totais do produto de reação de transesterificação do óleo da farinha da casca da banana

Os ácidos graxos mais abundantes na farinha da casca de banana são ácido palmítico (35 %), seguido do ácido α -linolênico (25,3%) e ácido linoleico (22,2%). O total de ácidos graxos saturados foi de 49,47%; monoinsaturados de 3,73% e poliinsaturados de 47,57%. Comparando os resultados obtidos com os reportados na literatura para o óleo extraído da casca de banana da mesma espécie,³⁷ os ácidos palmítico (12,55 %) e linoleico (2,74 %) destacam-se como os mais abundantes. Contudo, em um percentual muito inferior ao encontrado no presente trabalho. Ainda, há forte presença do ácido α -linolênico, conhecido como ômega 3, o qual não foi reportado no trabalho de Hassan *et al.*³⁷ É

importante salientar que esta variação nos teores dos ácidos graxos pode ser associada à maturação da casca utilizada. Tem influência também nestes resultados, as condições de cultivo, composição química do solo, assim como as condições climáticas do local.^{3,37}

Enfim, o perfil graxo deste óleo apresentou excelente qualidade nutricional com possível aplicação em segmentos das indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica.³⁸ Seu emprego por essas indústrias é uma possibilidade, uma vez que toneladas de cascas são descartadas e que a farinha avaliada no presente trabalho apresentou 13 % de lipídios na sua composição.

Tabela 7. Perfil graxo do óleo da farinha da casca da banana

t_R	Área (%)	Ácidos graxos	Simbologia	Fórmula molecular
17,96	0,36	Ácido láurico	C12:0	C ₁₂ H ₂₄ O ₂
22,14	0,75	Ácido mirístico	C14:0	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
24,55	0,38	Ácido pentadecílico	C15:0	C ₁₅ H ₃₀ O ₂
26,91	35,42	Ácido palmítico	C16:0	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
29,15	0,44	Ácido margárico	C17:0	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
31,30	3,18	Ácido esteárico	C18:0	C ₁₈ H ₃₆ O ₂
31,67	3,73	Ácido oleico	C18:1(n9)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
32,50	22,21	Ácido linoleico	C18:2 (n9,12)	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
33,79	25,36	Ácido α -linolênico	C18:3(n9,12,15)	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
35,41	1,18	Ácido araquídico	C20:0	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
39,22	2,62	Ácido behênico	C22:0	C ₂₂ H ₄₄ O ₂
41,08	0,98	Ácido tricosanóico	C23:0	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
42,82	4,16	Ácido lignocérico	C24:0	C ₂₄ H ₄₆ O ₂

t_R – tempo de retenção, minutos

4. Conclusão

A farinha da casca de banana foi composta principalmente por carboidratos (53,4 %), proteínas (14,7 %) e lipídios (13,2 %). No caso dos lipídios, 82 % do total de ácidos graxos identificados corresponderam aos ácidos palmítico, linoleico e linolênico. Em relação aos minerais, a farinha foi majoritariamente representada por potássio (111 mg 100 g⁻¹), cálcio (294 mg 100 g⁻¹) e magnésio (111 mg 100 g⁻¹). A farinha também apresentou teor de compostos fenólicos de 145 mg 100 g⁻¹ e de carotenoides igual a 3085 μ g 100 g⁻¹, os quais contribuíram para a capacidade antioxidante da mesma. Desta forma, conclui-se que a farinha da casca de banana pode ser utilizada por diversos segmentos industriais, principalmente o alimentício, seja por aplicação direta no desenvolvimento de novas formulações, bem como matéria-prima na recuperação de

compostos bioativos. Entretanto, estudos adicionais são requeridos como avaliação sensorial, otimização de processos de extração de compostos bioativos, entre outros, para que o potencial desse resíduo seja explorado em sua totalidade.

Referências Bibliográficas

¹ Food and Agriculture Organization of United Nations, FAO - Statistics Division 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en>>. Acesso em: 10 janeiro 2018.

² Instituto Brasileiro Geografia e Estatística, Indicadores IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Estatística da Produção Agrícola, 2018. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao->

- [agricola.html?t=resultado](#)> Acesso em: 19 novembro 2018.
- ³ Emaga, T. H.; Andianaivo, R. H.; Wathelet, B.; Paquot, M. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantains peels. *Food Chemistry* **2010**, *103*, 590. [[CrossRef](#)]
- ⁴ Zhang, P.; Whistler, R. L.; Bemiller, J. N.; Hamaker, B. R. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility – a review. *Carbohydrate Polymers* **2005**, *59*, 443. [[CrossRef](#)]
- ⁵ Rebello, L. P. G.; Ramos, A. M.; Pertuzatti, P. B.; Barcia, M. T.; Castillo-Muñoz, N.; Hermosín-Gutiérrez, I. Flour of banana (Musa AAA) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International* **2014**, *55*, 397. [[CrossRef](#)]
- ⁶ González-Montelongo, R.; Lobo, M. G.; González, M. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry* **2010**, *119*, 1030. [[CrossRef](#)]
- ⁷ Gomes, J. F. S.; Vieira, R. R.; Leta, F. R. Colorimetric indicator for classification of banana during ripening. *Scientia Horticulturae* **2013**, *150*, 201. [[CrossRef](#)]
- ⁸ Singleton, V. L.; Rossi, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* **1965**, *16*, 144. [[CrossRef](#)]
- ⁹ Gomes, S.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2015. [[Link](#)]
- ¹⁰ Hidalgo, M.; Sánchez-Moreno, C.; Pascual-Teresa, S. de. Flavonoid – flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry* **2010**, *121*, 691. [[CrossRef](#)]
- ¹¹ Benzie, I. F. F.; Strain, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* **1996**, *239*, 70. [[CrossRef](#)]
- ¹² Rodriguez-Amaya, D. B. A.; *Guide to Carotenoid Analysis in Foods. International*, 1a. ed., Life Sciences Institute: Washington, D. C, 2001. [[Link](#)]
- ¹³ Pacheco, S.; Peixoto, F. M.; Borguini, R.G.; Nascimento, L. da S. de M. do; Bobeda, C. R. R.; Santiago, M. C. P. de A.; Godoy, R. L. de O. Microscale extraction method for HPLC carotenoid analysis in vegetable matrices. *Scientia Agricola* **2014**, *71*, 416. [[CrossRef](#)]
- ¹⁴ Paquot, C.; *Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives*, 6a.ed., Pergamon Press: Oxford, 1979.
- ¹⁵ AOAC 2010, Moisture, Ash, Carbohydrate, Fat and Protein content. Official Methods of Analysis International. [[Link](#)]
- ¹⁶ ASTM D 5865:2013, Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. American Society for Testing and Materials International. [[Link](#)]
- ¹⁷ McKenzie, T., Application Note AA024/2010 Agilent Technologies - Automated Multielement Analysis of Plant Material by Flame Atomic Absorption Spectroscopy. [[Link](#)]
- ¹⁸ Pessoa, T.R.B.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal da Paraíba, Brasil, 2009. [[Link](#)]
- ¹⁹ Paniagua, C. E. da S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, 2015. [[Link](#)]
- ²⁰ Tock, J. Y.; Lai, C. L.; Lee, K. T.; Tan, K. T.; Bhatia, S. Banana biomass as potential renewable energy resource: A Malaysian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2010**, *14*, 798. [[CrossRef](#)]
- ²¹ Vargas-Moreno, J. M.; Callejón-Ferre, A. J.; Pérez-Alonso, J.; Velázquez-Martí, B. A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2012**, *16*, 3065. [[CrossRef](#)]
- ²² Silva, J. W. F. da; Carneiro, R. A. F.; Lopes, J. M. Da biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de dourados-MS. *Revista Brasileira de Energias Renováveis* **2017**, *6*, 624. [[Link](#)]

- ²³ Wilaipon, P. The Effects of Briquetting Pressure on Banana-Peel Briquette and the Banana Waste in Northern Thailand. *American Journal of Applied Sciences* **2009**, *6*, 167. [CrossRef]
- ²⁴ Vale, do A. T.; Bustamante, K.; Fortes, M. M.; Lima, M. B. de O.; Josino, M. N. Análise energética de briquetes de resíduos de *eucalyptus* spp., *dipterix alata*, *caryocar brasiliense* e *musa* spp. *Enciclopédia Biosfera* **2017**, *14* 102 [CrossRef]
- ²⁵ EMBRAPA - Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais, 2012. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitsstream/doc/952626/1/DOC13.pdf>>. Acesso em: 18 dezembro 2018.
- ²⁶ Piva, R.; Botelho, R. V.; Ortolan, C.; Müller, M. M. L.; Kawakami, J. Adubação em vinhedo orgânico da cv. Isabel utilizando cinzas vegetais e esterco bovino. *Revista Brasileira de Fruticultura* **2013**, *35*, 608. [CrossRef]
- ²⁷ Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC_269_2005.pdf/2e95595c-a482-45c3-bdd1-f96162d607b3>. Acesso em: 01 fevereiro 2019.
- ²⁸ Organização Mundial de Saúde, OMS. 2012. Guia: Ingestão de potássio para adultos e crianças. Disponível em: <https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/potassium_intake_printversion.pdf>. Acesso em: 01 fevereiro 2019.
- ²⁹ Organização Mundial de Saúde, OMS. 2012. Guia: Ingestão de sódio para adultos e crianças. Disponível em: <https://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sodium_intake_printversion.pdf>. Acesso em: 01 fevereiro 2019.
- ³⁰ Inada, K. O. P.; Oliveira, A. A.; Revorêdo, T. B.; Martins, A. B. N.; Lacerda, E. C. Q.; Freire, A. S.; Braz, B. F.; Santelli, R. E.; Torres, A. G.; Perrone, D.; Monteiro, M. C. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. *Journal Functional Foods* **2015**, *17*, 422. [CrossRef]
- ³¹ Ferguson, L. R.; Fenech, M. F. Vitamin and minerals that influence genome integrity, and exposure/intake levels associated with DNA damage prevention. *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **2012**, *733*, 1. [CrossRef] [PubMed]
- ³² Yan, L.; Fernando, W. M.; Brennan, M.; Brennan, C. S.; Jayasena, V.; Coorey, R. Effect of extraction method and ripening stage on banana peel pigments. *International Journal Food Science Technology* **2016**, *51*, 1449. [CrossRef]
- ³³ Zhang, J.; Dhakal, I.; Stone, A.; Ning, B.; Greene, G.; Lang, N. P.; Kadlubar, F. F. Plasma carotenoids and prostate cancer: a population-based case-control study in Arkansas. *Nutrition Cancer* **2007**, *59*, 46. [CrossRef]
- ³⁴ Storck, C. R.; Nunes, L. G.; Oliveira, B. B.; Basso, C. *Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. Ciência Rural* **2013**, *43*, 537. [CrossRef]
- ³⁵ Wolfe, K. L.; Kang, X.; He, X.; Dong, M.; Zhang, Q.; Liu, R. H. Cellular Antioxidant Activity of Common Fruits. *Journal Agricultural and Food Chemistry* **2008**, *56*, 8418. [CrossRef]
- ³⁶ Saura-Calixto, F.; Goñi, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry* **2006**, *94*, 442. [CrossRef]
- ³⁷ Hassan, Z.; Jahan, T. A.; Saha, G. C.; Begum, F.; Nada, K. Studies on the Peel Oil from Two Varieties of Banana. *Bangladesh Journal Scientific of Industrial Research* **2010**, *45*, 393. [CrossRef]
- ³⁸ Ferreira, A. M.; Souza, B. M. V.; Rigotti, M. A.; Loureiro, M. R. D. Utilização dos ácidos graxos no tratamento de feridas: uma revisão integrativa da literatura nacional. *Revista Escolar de Enfermagem da USP* **2012**, *46*, 752. [CrossRef]