

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE FARMÁCIA

ANNA CLÁUDIA DE FREITAS E LOYOLA

**EMPREGO DE ESPECTROMETRIA DE MASSAS COM IONIZAÇÃO *PAPER SPRAY* PARA DETERMINAÇÃO DO PERFIL QUÍMICO DA FARINHA DE CASCA E DE POLPA DA BANANA VERDE CAVENDISH (*Musa AAA*) E AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL FUNCIONAL**

Belo Horizonte  
2019

ANNA CLÁUDIA DE FREITAS E LOYOLA

**EMPREGO DE ESPECTROMETRIA DE MASSAS COM *IONIZAÇÃO PAPER SPRAY* PARA DETERMINAÇÃO DO PERFIL QUÍMICO DA FARINHA DE CASCA E DE POLPA DA BANANA VERDE CAVENDISH (*Musa AAA*) E AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL FUNCIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestra em Ciência de Alimentos.

Área de Concentração: Qualidade de Alimentos

Orientadora: Profa. Dra. Camila Argenta Fante

Belo Horizonte  
2019

L923e Loyola, Anna Cláudia de Freitas e.  
Emprego de espectrometria de massas com ionização *paper spray* para determinação do perfil químico da farinha de casca e de polpa da banana verde Cavendish (*Musa AAA*) e avaliação do seu potencial funcional / Anna Cláudia de Freitas e Loyola. – 2019.

115 f. : il.

Orientadora: Camila Argenta Fante.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

1. Banana – Teses. 2. Espectrometria de massas – Teses. 3. Polpa de frutas – Teses. 4. Secagem – Teses. 5. Farinha de banana. I. Fante, Camila Argenta. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. III. Título.

CDD: 664.07



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PPCCA

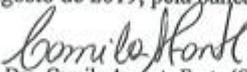
## FOLHA DE APROVAÇÃO

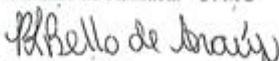
EMPREGO DE ESPECTROMETRIA DE MASSAS COM IONIZAÇÃO *PAPER SPRAY* PARA DETERMINAÇÃO DO PERFIL QUÍMICO DA FARINHA DE CASCA E DE POLPA DA BANANA VERDE CAVENDISH (*Musa AAA*) E AVALIAÇÃO DO SEU POTENCIAL FUNCIONAL

**ANNA CLÁUDIA DE FREITAS E LOYOLA**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIA DE ALIMENTOS, área de concentração CIÊNCIA DE ALIMENTOS.

Aprovada em 14 de agosto de 2019, pela banca constituída pelos membros:

  
Profa. Dra. Camila Argenta Fante (Orientadora e Presidente da Comissão)  
Faculdade de Farmácia - UFMG

  
Profa. Dra. Raquel Linhares Bello de Araújo  
Faculdade de Farmácia - UFMG

  
Profa. Dra. Thais Rotsen Correa  
Instituto de Ciências Exatas - UFMG

Belo Horizonte, 14 de agosto de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família por todas as contribuições valiosas na minha criação e educação. Especialmente a minha mãe que sem dúvida, muito do que tenho e sou hoje, não seria possível sem ela.

Ao meu namorado pelo companheirismo, paciência e incentivo.

A minha orientadora Professora Dr<sup>a</sup> Camila Argenta Fante, pela confiança, dedicação e por seus ensinamentos.

Agradeço a todos os professores do PPGCA por todo o empenho dedicado ao processo de formação profissional.

Ao Mauro Silva pelas análises realizadas no Departamento de Química da UFMG e a Professora Dr<sup>a</sup> Thais Rotsen do Departamento de Estatística- ICEX por todo o apoio.

Aos colegas de laboratório, que sem eles a pesquisa teria sido mais difícil, em especial a Viviane Medeiros por toda ajuda ao longo deste trabalho. E a todos cujos nomes não foram citados, mas que, sem dúvida, contribuíram bastante para que este trabalho fosse realizado, meu eterno agradecimento.

## RESUMO

A banana (*Musa sp.*) é uma das frutas mais cultivadas no mundo e tem um importante papel econômico e social. Como fonte acessível de compostos fenólicos, esta fruta tem atraído bastante atenção, porém, poucos estudos foram realizados com banana verde, sendo que a utilização de farinhas obtidas a partir da casca e da polpa da banana verde poderia auxiliar na ingestão desses compostos. As alterações na composição fenólica são de grande complexidade, pois variam de acordo com o alimento, cultivares e por diferentes tratamentos térmicos e processamentos. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial funcional da farinha de casca e de polpa de banana verde (*Musa AAA*) *Cavendish* cv. 'Nanicão' empregando-se os equipamentos: Air Fryer (180 °C), Estufa com circulação de ar (70 °C) e Forno a gás (180 °C). As farinhas obtidas foram caracterizadas quanto aos parâmetros de coloração, rendimento, atividade de água, umidade, perfil de compostos fenólicos por cromatografia líquida (UPLC-UV/Vis), perfil químico por espectrometria de massas com ionização por paper spray (PS-MS) e atividade antioxidante. As farinhas apresentaram-se finas e homogêneas de coloração amarelo claro (polpa) e marrom (casca), com teor de umidade em consonância com a legislação e atividade de água com valores inferiores a 0,60. O teor de compostos fenólicos foi obtido pelo método de Folin Ciocalteu sendo observado maior conteúdo na farinha da casca em relação à polpa e maiores teores nas farinhas obtidas no equipamento Air Fryer seguidas da Estufa com circulação de ar e Forno a gás, o que corrobora com os valores obtidos para atividade antioxidante pelo método de DPPH. Maior atividade antioxidante também foi observada na farinha de casca obtida no equipamento Air Fryer pelo método ABTS e nas farinhas de cascas em relação às polpas para a técnica de FRAP. Pelo método UPLC-UV/Vis, foram encontrados na farinha de casca de banana: ácido clorogênico, ácido cafeico, ácido elágico, rutina e catequina, sendo o ácido gálico o composto majoritário. O ácido gálico e catequina foram os mais importantes contribuintes para a atividade antioxidante nas farinhas de banana verde obtidas no equipamento Air Fryer, e ácido gálico para as farinhas obtidas nos equipamentos Estufa e Forno. Na caracterização por PS-MS, foram identificados a presença de ácidos fenólicos, flavonoides,  $\beta$ -sitosterol e os compostos sugeridos como umbeliferona e morronisídeo, todos observados no equipamento Air Fryer. Esses resultados sugerem que as farinhas de banana verde Cavendish, em especial as

cascas, podem ser consideradas um alimento com potencial funcional e o equipamento Air Fryer um método alternativo de secagem.

**Palavras-chave:** Banana verde. Potencial funcional. Secagem.

## ABSTRACT

The banana (*Musa* sp.) is one of the most cultivated fruits in the world and have an important economic and social role. As an cheap source of phenolic compounds, this fruit has attracted a great deal of attention, but few studies have been carried out with green banana, and the use of flour obtained from the peel and green banana pulp could help in the ingestion of these compounds. The changes in phenolic composition are very complex, as they vary according to the food, cultivars and different heat treatments and processing. In this context, the objective of this work was to evaluate the functional potential of peel flour and green banana pulp (*Musa AAA*) *Cavendish* cv. '*Nanicão*' using the equipment: Air Fryer (180°C), oven drier with air circulation (70°C) and natural gas oven (180°C). The obtained flours were characterized in terms of coloration, yield, water activity, moisture, profile of phenolic compounds by liquid chromatography (UPLC-UV / Vis), chemical profile by paper spray ionization mass spectrometry (PS-MS) and antioxidant activity. The flours were thin and homogeneous in light yellow (pulp) and brown (peel), with a moisture content in accordance with legislation and water activity with values lower than 0.60. The content of phenolic compounds was obtained by the method of Folin Ciocalteu, with a higher content in the peel flour in relation to the pulp and higher in the flours obtained in the Air Fryer equipment followed by the oven drier with air circulation and natural gas oven, which corroborates with the values obtained for antioxidant activity by DPPH method. Higher antioxidant activity was also observed in the peel flour obtained in the Air Fryer equipment by the ABTS method and in the peels flours in relation to the pulps for the FRAP technique. By the UPLC-Uv/Vis method, were found in banana peel flour: chlorogenic acid, caffeic acid, ellagic acid, rutin and catechin, with gallic acid being the major compound. Gallic acid and catechin were the most important contributors to antioxidant activity in green banana flour obtained in the Air Fryer, and gallic acid for flours obtained in the oven drier with air circulation and natural gas oven. In the characterization by PS-MS, the presence of phenolic acids, flavonoids,  $\beta$ -sitosterol and the compounds suggested as umbelliferone and morroniside, all observed on the Air Fryer. These results suggest that Cavendish green banana flour, in particular peels, can be considered a food with functional potential and Air Fryer equipment an alternative method of drying.

**Keywords:** Green banana. Functional potential. Drying.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Bananeira Adulta.....	19
FIGURA 2. Imagem representativa do fruto da bananeira .....	20
FIGURA 3. Organização dos Cultivares de Banana.....	21
FIGURA 4. Escala de Maturação de Von Loesecke .....	22
GRÁFICO 1. Principais Países Produtores de Banana.....	23
GRÁFICO 2. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola/Banana.....	23
GRÁFICO 3. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola/Banana Região Sudeste.....	24
FIGURA 5. Esquema simplificado de um espectrômetro de massas.....	28
FIGURA 6. Exemplo de Polifenóis Dietéticos.....	30
FIGURA 7. Estrutura básica dos Flavonoides .....	30
FIGURA 8. Estruturas de Flavonoides .....	31
FIGURA 9. Exemplos de Ácidos Fenólicos.....	31
FIGURA 10. Reação química do método de FRAP.....	37
FIGURA 11. Reação química do método de DPPH .....	37
FIGURA 12. Estrutura molecular do ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico).....	38
FIGURA 13. Representação esquemática da “fritadeira a ar” Air Fryer .....	43
FIGURA 14. Esquema de funcionamento de secagem por estufa com circulação forçada de ar através das bandejas .....	44
FIGURA 15. Fluxograma da obtenção das farinhas da casca e da polpa da banana verde .....	52
FIGURA 16. Cortes das cascas e polpas da banana verde <i>Cavendish</i> : (A) Tamanho e espessura, (B) Resíduos.....	53
FIGURA 17. Esquema representativo utilizando PS-MS.....	57

FIGURA 18. Coloração e Aspectos Granulométricos: Farinhas da banana verde Cavendish –Polpas e Cascas .....	63
GRÁFICO 4. Similaridade das farinhas de casca e de polpa da banana verde Cavendish - Análise de Agrupamnetos .....	81
FIGURA 19. Espectros de massas por PS(-/+)-MS de farinha da casca de banana verde Cavendish obtida no equipamento Air Fryer .....	83

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Tempo de Secagem de cascas e polpas da banana verde <i>Cavendish</i> por diferentes equipamentos.....	61
TABELA 2. Rendimento das farinhas de banana verde <i>Cavendish</i> cascas e polpas, obtidas por diferentes equipamentos .....	62
TABELA 3. Parâmetros colorimétricos de farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> : $L^*$ e $h^0$ .....	64
TABELA 4. Parâmetro colorimétrico de farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> : $C^*$ .....	65
TABELA 5. Atividade de água ( $A_w$ ) e Umidade das farinhas da banana verde <i>Cavendish</i> , casca e polpa. ....	66
TABELA 6. Compostos Fenólicos Totais (mg EAG.100 g <sup>-1</sup> / base seca) das farinhas de casca e de polpa da banana verde <i>Cavendish</i> .....	67
TABELA 7. Perfil de compostos fenólicos em farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> (mg.100 g <sup>-1</sup> / base seca): Ácido Clorogênico e Ácido Cafeico.....	70
TABELA 8. Perfil de compostos fenólicos em farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> (mg.100 g <sup>-1</sup> / base seca): Ácido Elágico, Rutina e Quercetina.....	71
TABELA 9. Perfil de compostos fenólicos (mg.100 g <sup>-1</sup> / base seca) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> : Catequina .....	71
TABELA 10. Perfil de compostos fenólicos (mg.100 g <sup>-1</sup> / base seca) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> : Ácido Gálico .....	72
TABELA 11. Compostos identificados por PS-MS (modo negativo) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> .....	77
TABELA 12. Compostos identificados por PS-MS (modo positivo) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde <i>Cavendish</i> .....	79
TABELA 13. Compostos identificados por PS(-/+)-MS em farinhas de banana verde <i>Cavendish</i> , cascas e polpas, por tratamentos térmicos distintos .....	80

TABELA 14. Atividade antioxidante das farinhas da banana verde <i>Cavendish</i> , cascas e polpas, no sequestro do radical DPPH .....	85
TABELA 15. Atividade antioxidante das farinhas da banana verde <i>Cavendish</i> , cascas e polpas, no sequestro do radical ABTS .....	86
TABELA 16. Atividade antioxidante das farinhas da banana verde <i>Cavendish</i> , cascas e polpas no poder reducional do Ferro (FRAP) .....	86
TABELA 17. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos de farinhas de cascas e polpas obtidas no Equipamento Air Fryer .....	89
TABELA 18. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos de farinhas de cascas e polpas obtidas no Equipamento Estufa .....	90
TABELA 19. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos de farinhas de cascas e polpas obtidas no Equipamento Forno .....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABTS –2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

ANOVA - Análise de Variância

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

AR - Amido Resistente

Aw – Atividade de água

C\* - Croma

cm- Centímetros

DPPH –2,2- difenil-1-picril-hidrazil

EAG - Equivalente de ácido gálico

ERNS - Espécies reativas de nitrogênio

EROs - Espécies reativas de oxigênio

ESI - Ionização electrospray

eV - Elétron-volt

FOS - Frutooligossacarídeos

FRAP- *Ferric Reducing Antioxidant Power* (Poder antioxidante de redução férrica)

g – Grama

h° - Ângulo hue ou tonalidade da cor

HPLC-DAD-ESI-MS - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detector de Arranjo de Diodos acoplado a espectrometria de massas com ionização electrospray

kV – Quilovolt

L\* - Luminosidade

m/s – Metro por segundo

m/z - razão massa (m) sobre a carga (z), *m/z*.

M+H<sup>+</sup> - Modo positivo de ionização

M-H<sup>-</sup> - Modo negativo de ionização

mg – Miligrama

min - Minutos

ml – Mililitro

mm - Milímetros

nm- Nanômetros

OH<sup>-</sup> - Hidroxila

OMS - Organização Mundial da Saúde

PDO – Peroxidase

PFO- Polifenol oxidase

PS-MS - Espectrometria de Massas com ionização por Paper Spray

RM - Reação de Maillard

UPLC-ESI-MS - Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada a espectrometria de massas com ionização electrospray

UPLC-UV-vis - Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência com Detector Ultravioleta-Visível

v/v - Volume por volume

µg – Micrograma

µL - Microlitro

× *g* - Força Gravitacional

µm – Micrômetro

µM – Micromolar

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	18
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	18
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	18
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
<b>3.1 Bananeira: Fruto e Classificação</b> .....	19
<b>3.2 Mercado da Banana</b> .....	22
3.2.1 <i>Produção</i> .....	22
3.2.2 <i>Banana verde</i> .....	25
<b>3.3 Características Nutricionais da Banana</b> .....	26
<b>3.4 Espectrometria de massas (MS)</b> .....	28
3.4.1 <i>Fontes de Ionização</i> .....	28
<b>3.5 Compostos Bioativos</b> .....	29
3.5.1 <i>Polifenóis</i> .....	30
3.5.2 <i>Taninos</i> .....	33
3.5.3 <i>Atividade Antioxidante</i> .....	34
3.5.4 <i>Biodisponibilidade e Bioacessibilidade dos compostos fenólicos</i> .....	38
<b>3.6 Fibra Alimentar</b> .....	39
<b>3.7 Estudos com farinha da banana verde</b> .....	40
<b>3.8 Princípios de Secagem de Alimentos</b> .....	42
3.8.1 <i>Equipamentos</i> .....	43
3.8.1.1 <i>Air Fryer</i> .....	43
3.8.1.2 <i>Estufa</i> .....	43
3.8.1.3 <i>Forno</i> .....	44
<b>3.9 Efeitos do tratamento térmico em alimentos</b> .....	45

<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	50
<b>4.1 Materiais</b> .....	50
4.1.1 <i>Equipamentos</i> .....	50
4.1.2 <i>Reagentes</i> .....	51
4.1.3 <i>Padrões Analíticos</i> .....	51
<b>4.2 Delineamento Experimental</b> .....	51
<b>4.3 Processamento das Farinhas</b> .....	52
4.3.1 <i>Separação e Lavagem</i> .....	52
4.3.2 <i>Descascamento, corte e pesagem</i> .....	52
4.3.3 <i>Equipamentos de Secagem</i> .....	53
4.3.4 <i>Trituração, pesagem e rendimento</i> .....	54
<b>4.4 Métodos</b> .....	54
4.4.1 <i>Compostos fenólicos totais</i> .....	54
4.4.2 <i>Perfil de compostos fenólicos por cromatografia líquida</i> .....	55
4.4.3 <i>Perfil químico por espectrometria de massas com ionização paper spray</i> .....	56
4.4.4 <i>Atividade Antioxidante</i> .....	57
4.4.4.1 <i>Capacidade antioxidante pelo método de redução do Ferro (FRAP)</i> .....	57
4.4.4.2 <i>Capacidade antioxidante por eliminação do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)</i> .....	58
4.4.4.3 <i>Capacidade antioxidante por eliminação do radical ABTS•+(2,2'-azinobis (ácido 3-etilbenztiazolino-6-sulfônico)</i> .....	58
4.4.5 <i>Atividade de Água e Umidade</i> .....	59
4.4.6 <i>Coloração</i> .....	59
4.4.7 <i>Análise Estatística</i> .....	59
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	61
<b>5.1 Rendimento e tempo de secagem</b> .....	61

<b>5.2 Coloração e Aspectos granulométricos das farinhas, casca e polpa, da banana verde <i>Cavendish</i>.....</b>	<b>63</b>
<b>5.3 Atividade de Água e Umidade.....</b>	<b>66</b>
<b>5.4 Compostos Fenólicos Totais - Farinhas de casca e de polpa da banana verde <i>Cavendish</i>.....</b>	<b>67</b>
<b>5.5 Perfil de Fenólicos das farinhas de casca e de polpa da banana verde <i>Cavendish</i>.....</b>	<b>70</b>
<b>5.6 Espectrometria de massas com ionização paper spray PS-MS das farinhas obtidas.....</b>	<b>74</b>
<b>5.7 Atividade Antioxidante.....</b>	<b>85</b>
<b>5.8 Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos.....</b>	<b>89</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa sp.*) é uma das frutas tropicais mais cultivadas no mundo. A *Musa Cavendish* é a mais comercializada (cerca de 45% do mercado mundial de banana), devido à sua alta produtividade e por ser menos propensa a danos causados por mudanças ambientais. A produção de variedades de banana representa cerca de 110 milhões de toneladas ao ano (FALCOMER *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2016). Apesar da produção mundial elevada, quase um terço das bananas produzidas se perde decorrente a processos de colheita e logística. Dessa forma, a utilização da banana verde pode ser uma alternativa para reduzir essa perda, aumentar a renda de pequenos produtores por favorecer mercados mais amplos para a utilização da banana e atribuir benefícios à saúde decorrente das propriedades nutricionais que a fruta verde proporciona. Além disso, a obtenção de farinhas é a principal alternativa para assegurar a utilização dos frutos verdes pela indústria de alimentos (SEBRAE, 2008; FALCOMER *et al.*, 2019; SARAWONG *et al.*, 2014).

Recentemente, tanto as polpas quanto as cascas das bananas de diferentes cultivares e maturações, têm atraído bastante atenção por apresentar uma importante fonte acessível de compostos fenólicos incluindo os flavonóis (quercetina, miricetina, ramnetina rutina e kaempferol), flavanonas (naringina), flavonas (luteolina, apigenina) flavanois (epicatequina, galocatequina, catequina e procianidinas) e ácidos fenólicos como ácido gálico, ácido clorogênico, ácido elágico, ácido cumárico, ácido cafeico e ácido ferulico (SINGH *et al.*, 2016; FERREIRA, 2016; SIRIAMORNUN e KAEWSEEJAN, 2017; VU, *et al.*, 2018). No entanto, poucos trabalhos foram realizados com banana verde, sendo que uma investigação mais completa do perfil de compostos fenólicos em cascas e polpas não foi realizada.

O crescente interesse na relação entre saúde e alimentação tem destacado a procura pelos compostos bioativos e antioxidantes naturalmente presentes nos alimentos. Dados científicos já estabeleceram os benefícios do consumo desses compostos na redução do risco de várias doenças crônicas (CHAVES, 2015). Contudo, nem todos os vegetais são consumidos *ao natural* e muitas das vezes são submetidos a algum tipo de processamento, seja a nível doméstico ou industrial. Os efeitos positivos e negativos têm sido relatados na variedade de processos aos quais um alimento é submetido. O tratamento térmico pode proporcionar a inativação de fatores antinutricionais, melhorar a digestibilidade, palatabilidade e bioacessibilidade

dos nutrientes, mas também pode levar a perdas nutricionais significativas e formação de compostos indesejáveis (FALCOMER *et al.*, 2019; COLPO, 2015; CHAVES, 2015). Em geral, os compostos fenólicos e capacidade antioxidante dos alimentos são degradados ou modificados quando períodos prolongados de secagem e/ou altas temperaturas são aplicados (GUINÉ *et al.*, 2015, GÁLVEZ *et al.*, 2012; GARAU *et al.*, 2007; TSAMO *et al.* 2015). A estufa é o equipamento mais utilizado na secagem de bananas, no entanto, métodos alternativos como forno a gás e air fryer, podem ser empregados com o mesmo propósito.

Em termos de processamento, a banana verde pode ser considerada um recurso para produção de formas modernas de consumo, como chips, farinhas e biomassa. No entanto, a farinha é a principal forma de uso, além de fornecer uma ampla aplicação, também permite maior tempo de prateleira. As cascas também podem ser utilizadas como uma fonte alternativa de nutrientes e agregar valor nutricional às farinhas (FALCOMER *et al.*, 2019; SINGH, 2016; AURORE *et al.*, 2009).

Diante disso, é importante apresentar um melhor detalhamento da composição fenólica nas farinhas da casca e da polpa da banana verde *Cavendish* e avaliar o impacto de três diferentes tratamentos térmicos sobre os compostos fenólicos e atividade antioxidante das farinhas obtidas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o perfil de fenólicos e potencial funcional de farinhas de casca e polpa de banana verde (*Musa AAA Cavendish 'Naninão'*) obtidas por três diferentes tratamentos térmicos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Caracterizar as farinhas de banana verde, casca e polpa, quanto aos parâmetros de coloração, rendimento, atividade de água (*Aw*) e umidade;

Avaliar a atividade antioxidante *in vitro* das farinhas, casca e polpa;

Realizar as “impressões digitais químicas” para determinação de compostos fenólicos e identificação de outros compostos;

Identificar e quantificar os compostos fenólicos;

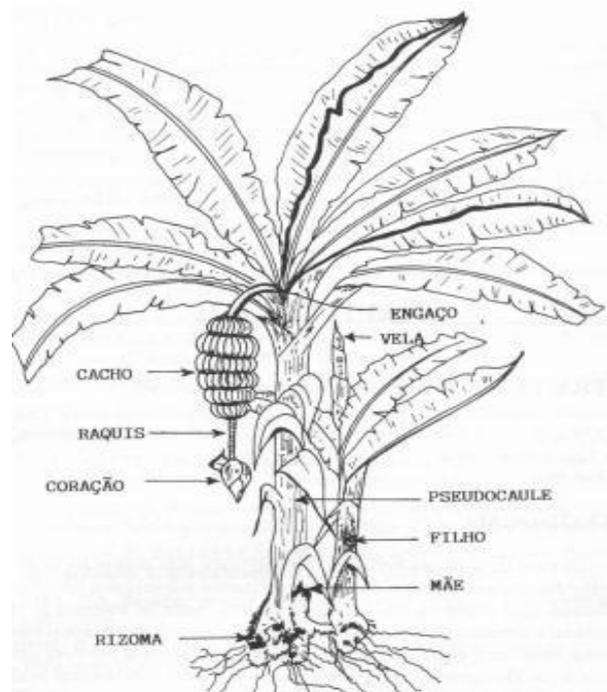
Correlacionar os teores de compostos fenólicos com a atividade antioxidante.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Bananeira: Fruto e Classificação

A bananeira é uma planta herbácea, caracterizada por folhas de forma e dimensões exuberantes. Possui tronco curto e subterrâneo denominado de rizoma. A fruta é alongada e de polpa espessa. Durante o desenvolvimento, há formação de brotações (filhos) que surgem na base da planta possibilitando a constante renovação e a vida permanente dos bananais, como pode ser visto na Figura 1 (FERREIRA *et al.*, 2016).

**Figura 1. Bananeira Adulta**

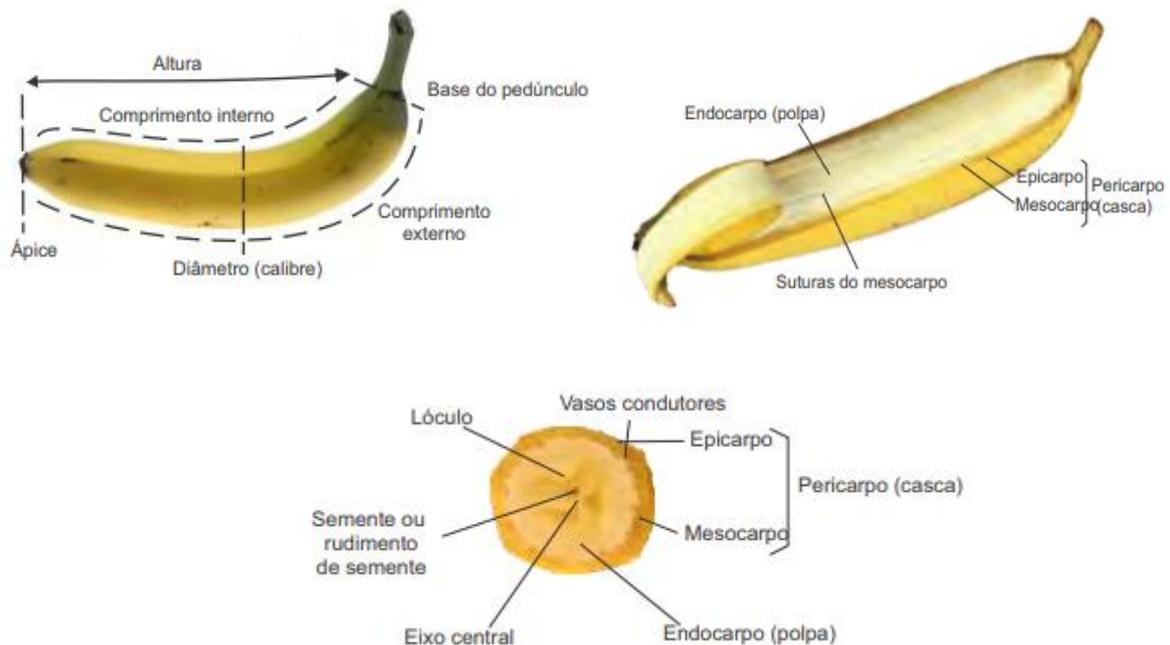


Fonte: FERREIRA *et al.*, 2016.

O cacho da bananeira é formado pelo engalo, ráquis, dedos (frutos) e o botão floral (coração). Penca ou mão é o conjunto de frutos ou dedos unidos pelos seus pedúnculos (MEDINA, 1990; MOREIRA, 1987).

O fruto da bananeira é do tipo baga alongada, carnoso e trilobular, representado pela Figura 2 (PBMH & PIF, 2006).

**Figura 2. Imagem representativa do fruto da bananeira**



**Fonte: PBMH & PIF, 2006.**

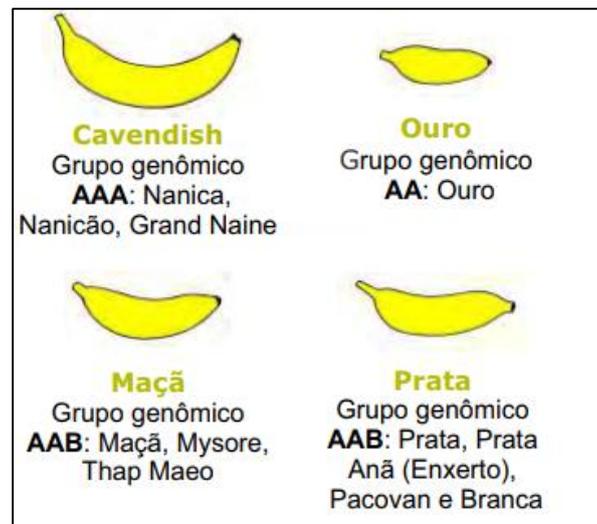
Os frutos podem ser retos ou curvos e atingir um comprimento de até 50 cm e diâmetro de até 10 cm, aproximadamente. Seus tamanhos dependem da cultivar e das condições de vegetação da planta (MEDINA, 1990; MOREIRA, 1987; FERREIRA *et al.*, 2016).

Devido ao preço acessível, praticidade, sabor e ao seu valor nutricional, a banana é uma das frutas mais consumidas no mundo e assim representa grande importância econômica especialmente em países tropicais e de clima temperado (PADAM *et al.*, 2014).

O gênero *Musa* é membro da família *Musaceae*, ao qual pertence as bananeiras (MEDINA *et al.*, 1985). As cultivares mais difundidas no Brasil são: “Prata”, “Pacovan”, “Prata-Anã”, “Maçã”, “Mysore”, “Terra” e “D’Angola”, utilizadas para o mercado interno, e “Nanica”, “Nanicão” e “Grande Naine”, usadas no mercado nacional e para exportação (SILVA; PEREIRA; RODRIGUES, 2008). São plantadas em menor escala a “Ouro” (AA), “Figo Cinza” e a “Figo Vermelha” (ABB) a “Caru Verde” e a “Caru Roxa” (AAA) (FERREIRA *et al.*, 2016).

As bananeiras que produzem frutos comestíveis são híbridos de duas espécies, *Musa acuminata* (genoma A) e *Musa balbisiana* (genoma B). A nomenclatura do genoma estabelece os grupos varietais e agrupam os cultivares de características similares, conforme exposto na Figura 3.

**Figura 3. Organização dos Cultivares de Banana**



Fonte: PBMH & PIF, 2006.

A banana é uma fruta climatérica que apresenta um aumento rápido e acentuado da atividade respiratória. Pode amadurecer na planta ou fora dela se estiver fisiologicamente desenvolvida (CHITARRA e CHITARRA 2005).

Os principais processos fisiológicos são regulados pela liberação do gás carbônico, CO<sub>2</sub>, este por sua vez regula a biossíntese do etileno. A atividade respiratória varia em razão da temperatura do ambiente, da espécie, da forma do cultivo, da localização, umidade relativa, injúria mecânica dos tecidos e da concentração de gases na atmosfera (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etileno). Quanto mais rápida a atividade respiratória menor a vida útil do vegetal. O pico climatérico representa o ponto ótimo para consumo, após esse pico há um decréscimo da atividade respiratória que representa a senescência do fruto (PINHEIRO, 2009).

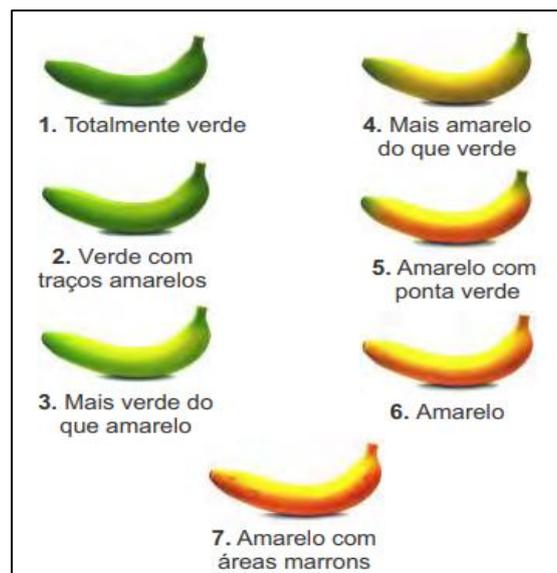
Para determinar o ponto de colheita são estudados vários critérios, porém os mais comuns são baseados na avaliação visual do fruto, como o diâmetro e o desaparecimento de quinas. No mercado interno as frutas devem ter de 36mm a 38mm de diâmetro e cachos de 8 a 12 frutos ou mais (FERREIRA *et al.*, 2016).

A maturação é um processo onde ocorrem mudanças físicas e químicas que envolvem alterações na aparência, sabor, aroma e textura (MATSUURA e POLEGATTI, 2001).

Na fase inicial da maturação ocorre a degradação da clorofila, bem como a síntese de outros pigmentos que envolvem modificações na cor, aumento do grau de doçura pela síntese de açúcares, redução da acidez e da adstringência, e modificações na textura devido ao amaciamento dos tecidos em decorrência da solubilização das pectinas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Nesse entendimento, a banana pode ser classificada em sete estágios de maturação, conforme a coloração da casca (Figura 4).

**Figura 4. Escala de Maturação de Von Loesecke**



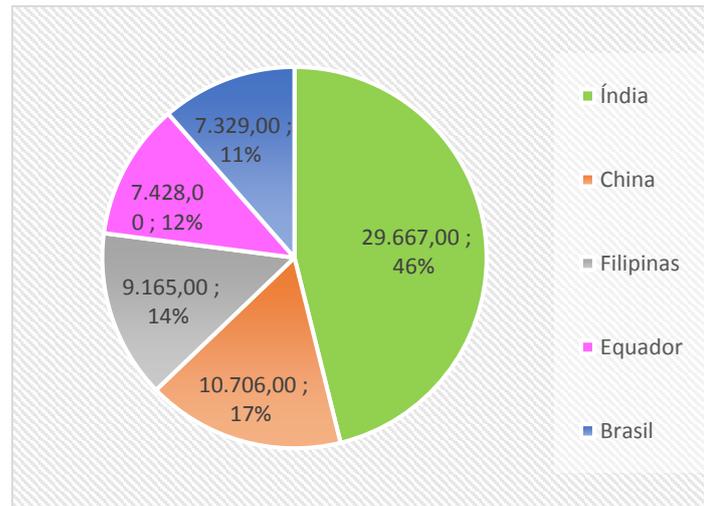
Fonte: PBMH & PIF, 2006

## 3.2 Mercado da Banana

### 3.2.1 Produção

A bananicultura é cultivada em uma extensa região tropical em todo o mundo. Destaca-se na produção mundial de bens agrícolas e desempenha grande importância econômica e social. De acordo com Ferreira *et al.* (2016), o Brasil é o quinto maior produtor de banana, ficando atrás da Índia, China, Filipinas e Equador, conforme Gráfico 1, a seguir.

**Gráfico 1. Principais Países Produtores de Banana**

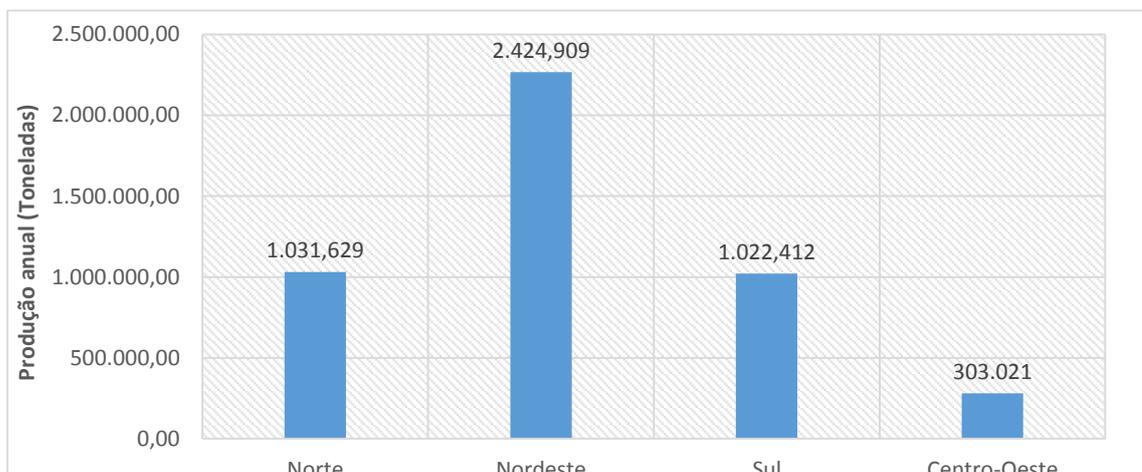


Fonte: FERREIRA *et al.*, 2016.

Apesar da existência de alguns grandes produtores e integrantes de grupos multinacionais, a bananicultura no Brasil é fortemente desenvolvida por pequenos produtores (SEBRAE, 2008).

De acordo o IBGE (2019), a banana é a segunda fruta mais produzida no Brasil, com produção de 7 milhões de toneladas ao ano, seguida da laranja com produção anual de cerca de 17 milhões de toneladas. As regiões Sudeste e Nordeste são as maiores produtoras de banana, com produção de 2.259,448 e 2.424,909 milhões de toneladas ao ano, respectivamente, conforme Gráficos 2 e 3.

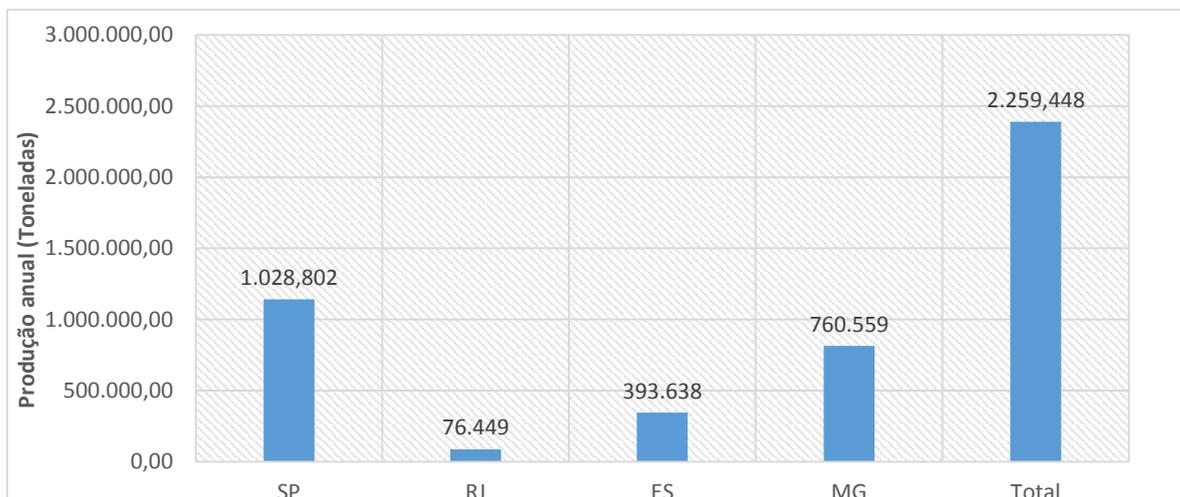
**Gráfico 2. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola/Banana 2019**



Fonte Adaptado de: IBGE- SIDRA, 2019.

Na região sudeste, estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor da fruta com cerca de 760.559 mil toneladas ao ano, ficando atrás apenas do estado de São Paulo com produção de 1.028,802 milhão de toneladas, conforme Gráfico 3.

**Gráfico 3. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola/Banana Região Sudeste – 2019**



Fonte Adaptado de: IBGE- SIDRA, 2019.

Segundo SEBRAE (2008), na cadeia produtiva da banana, um dado relevante é a perda decorrente dos processos de colheita e logística. Devido à fragilidade e a alta perecibilidade das frutas tropicais no geral, em especial da banana, os índices de perdas são significativos: a Fundação Getúlio Vargas (FGV) destacou uma perda média de 40% entre a plantação e a comercialização. O Instituto de Economia Agrária do Estado de São Paulo (IEA), apontou um índice de perda de 60%. No atacado, as principais causas de perdas são a inadequação das embalagens, armazenamento e transporte inadequados. Já no varejo, os problemas mais expressivos estão associados ao tempo decorrido entre a compra pelo varejista e a venda da fruta ao consumir. Em dados mais recentes, a perda da banana pós colheita produzida no Brasil, segundo a Embrapa (2012), é de aproximadamente 30%, porém as perdas podem ser maiores na região Norte e Nordeste, devido ao transporte inadequado que inclui desde a falta de embalagens até a má-conservação das estradas, além dos problemas na conservação à frio.

Grande parte da produção é perdida na própria plantação: em função da safra o preço pode ser irrisório e nem sempre compensar a sua colheita (VALLE, 2004). Os frutos verdes também se perdem nos galpões de estocagem e normalmente são

desprezados por estarem fora do padrão de venda estabelecido pelo mercado (RIBEIRO e MESSANO, 2011).

Há diversas medidas que podem reduzir sensivelmente as taxas de perda da banana ao longo da cadeia produtiva como: colheita feita por duas pessoas, sem que o cacho toque o solo; proteção do cacho com almofadas no transporte interno, despencamento cuidadoso, limpeza cuidadosa dos cachos, eliminação de restos florais que são fontes de vários fungos causadores de doenças de pós-colheita, evitar excesso de frutos nas caixas, uso de embalagens adequadas, utilizar de materiais de proteção, plásticos e papelão, para separação dos buquês dentro das caixas, colocação dos frutos em câmaras frias, climatização adequada e disposição cuidadosa das frutas e em quantidade adequada nas gôndolas dos pontos de comercialização (FERREIRA *et al.*, 2016).

Outra opção acessível à boa parte dos produtores é o avanço na cadeia produtiva da banana com processos de industrialização da fruta. Além de favorecer mercados mais amplos, os fruticultores poderão obter margens de lucro maiores, em razão da adição de valor ao produto *ao natural* (SEBRAE, 2008).

### 3.2.2 *Banana verde*

A banana verde é fonte de compostos fenólicos e amido resistente (AR), além disso apresenta também um teor de minerais consideráveis quando comparadas as demais farinhas existentes no mercado, sendo as maiores fontes observadas em farinhas com casca em relação à sem casca (SINGH *et al.*, 2016; BORGES, PEREIRA e LUCENA, 2009; HASLINDA *et al.*, 2009).

Como já conhecido, o consumo da banana madura *ao natural* em inúmeras aplicações e em diversos pratos, a utilização da banana verde tem ganhado grande foco e que pode ser utilizada na forma de biomassa da polpa verde cozida, chips ou farinha (POIANI *et al.*, 2008). A casca da banana recebe pouca atenção quanto ao seu destino final, normalmente é utilizada na alimentação animal e compostagem ou é simplesmente descartada, o que pode ser destinada na obtenção de produtos alimentícios ou como matéria prima de produtos terapêuticos (ALMEIDA, 2014).

A banana verde é consumida em países como Cuba onde é cortada em rodela e frita, na África central é aplicada na fabricação de cerveja, no Equador é utilizada

em ensopados de milho e carne, e em uma variedade de preparações por indígenas peruanos (VALLE e CAMARGOS, 2003).

Tanto a biomassa quanto a farinha podem ser utilizadas na preparação de alimentos, possibilitando o aumento do teor de fibras, diminuindo então o índice glicêmico daquela preparação e assim fornecendo inúmeros benefícios à saúde. A farinha também é uma boa alternativa na substituição de farinhas contendo glúten ampliando a oferta de produtos de panificação à portadores da doença celíaca, além de aumentar o teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante em produtos e preparações (DEPIN *et al.*, 2014; SILVA, JUNIOR e BARBOSA *et al.*, 2015).

De acordo com Bezerra *et al.* (2013), a adição da farinha da banana verde em produtos contribuiu para aumentar os teores de amido resistente, atividade antioxidante e compostos fenólicos em espaguete e em biscoitos tipo *snacks*.

Segundo Zangh *et al.* (2005), a farinha da banana verde (FBV) é constituída de cerca de 75% de amido, dos quais 3% são ARA (amido de rápida absorção), 15% ALA (amido de lenta absorção) e 57% são AR (amido resistente). Dessa forma, em função do teor de amido resistente e sua função prébiotica e ação redutora sobre o índice glicêmico, diversos estudos com a FBV têm sido relatados (SILVA, JUNIOR e BARBOSA *et al.*, 2015).

No entanto, o teor de AR nas farinhas, bem como os compostos fenólicos e ação antioxidante, variam da presença ou ausência de casca, do cultivar e da condição de obtenção (RAMOS *et al.*, 2009; BEZERRA *et al.*, 2013; SARAWONG *et al.*, 2014). Para a efetiva utilização dos compostos fenólicos bem como sua ação antioxidante é necessário entender seu perfil químico (especialmente fenólicos individuais), os fatores que afetam os níveis destes compostos, especialmente o tratamento térmico, e o uso potencial destes metabólitos como ingredientes alimentares ou agentes terapêuticos (VU, SCARLETT e VUONG, 2018).

### **3.3 Características Nutricionais da Banana**

Tanto a banana madura quanto a banana verde são fontes de carboidratos, fibras e minerais como fósforo, magnésio, manganês, cobre, zinco, cálcio, potássio, vitamina A e C. No entanto, a quantidade depende dos cultivares, das condições de cultivo e também do grau de maturação (EKESA *et al.*, 2015; TACO, 2011; DAI E KOH

2015; FERREIRA *et al.*, 2016). O teor de compostos fenólicos diminui com o amadurecimento da fruta, já o teor de carotenoides é maior na fruta madura (AURORE *et al.*, 2009; EKESA *et al.*, 2015; SINGH *et al.*, 2016). Na casca, são documentados maiores teores de fibras em relação à polpa, bem como de compostos fenólicos (SINGH *et al.*, 2016; PEREIRA, 2007; FATEMEH *et al.*, 2012).

A casca e a polpa da banana madura apresentam aminas biogênicas, como serotonina, dopamina e norepinefrina. Há um aumento da dopamina durante a transição do estágio não maduro para amadurecimento em cascas e polpa. O teor de serotonina na polpa de banana foi observado na faixa de 8 a 50 µg / g (média de 28 µg / g). A dopamina variou de 80 a 560 mg / 100 g na casca e de 2,5 a 10 mg na polpa de banana madura (SINGH *et al.*, 2016).

Kanazawa e Sakakibara (2000) avaliaram os efeitos antioxidantes da dopamina presente na casca da banana e foi possível identificar que ela exerce uma potente ação antioxidante quando comparada à glutatona, aditivo BHT-hidroxitolueno butilado, catequina e ácido ascórbico.

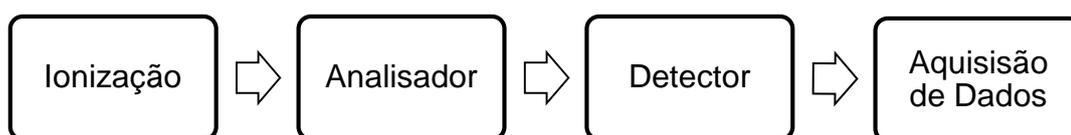
As bananas também apresentam fitoesteróis em sua composição, um grupo de esteróis naturalmente presentes nas plantas. Os fitoesteróis identificados em cultivares de banana foram ciclooeucalenona, ciclooeucalenol, ciclo-sulfolol, estigmasterol, campesterol e β-Sitosterol. Estes compostos estavam presentes em bananas verdes e maduras, em diferentes variedades, sendo as maiores concentrações em cascas em relação às polpas (SINGH *et al.*, 2016).

As lectinas da banana, presentes principalmente na polpa da banana madura, são um grupo de proteínas de origem não imune, sendo um dos componentes benéficos que esta fruta proporciona. As lectinas da banana tem um potencial de inibir a enzima transcriptase reversa do HIV, suprime a proliferação de células cancerosas e estimula a atividade de macrófagos. No entanto, em comparação com outras lectinas de plantas, há relativamente pouca informação na literatura sobre lectinas de banana, particularmente em relação à sua estrutura e funções biológicas (SINGH, DEVI e NG 2014; SANSONE *et al.*, 2016).

### 3.4 Espectrometria de massas (MS)

A espectrometria de massas (MS) é uma técnica que fornece informações sobre peso e estruturas químicas dos analitos. É altamente seletiva e sensível e proporciona análises de compostos presentes em moléculas complexas. Empregada frequentemente em associação com métodos de separação cromatográfica ou de forma autônoma por métodos diretos de injeção de amostra que tem sido utilizada para obtenção de *fingerprint* devido à alta produtividade com tempo de análise e preparo de amostra reduzidos. Um esquema representativo de um espectrômetro de massas é ilustrado pela Figura 5 (HOFFMAN e STROOBANT 2007; CROTTI *et al.*, 2006; WANG *et al.*, 2010).

**Figura 5. Esquema simplificado de um espectrômetro de massas**



Fonte: Adaptado de HOFFMAN e STROOBANT, 2007

Os analisadores de massa são responsáveis pela medição da razão  $m/z$  dos íons e/ou pelas fragmentações do analito que são enviados ao detector responsável por gerar sinais elétricos da corrente iônica. Esses sinais vão gerar os espectros de massas por um sistema de aquisição de dados (HOFFMAN e STROOBANT, 2007).

#### 3.4.1 Fontes de Ionização

A ionização por elétrons e ionização química eram os métodos de ionização mais utilizados, portanto eram restritas a compostos voláteis e moléculas de menor massa molecular. No entanto, um grande número de compostos são termicamente instáveis ou não possuem pressão de vapor suficiente. Além disso, algumas técnicas de ionização são muito energéticas e causam extensa fragmentação. Dessa forma, uma revolução nesse campo propôs a técnica de ionização *electrospray* (ESI) que é um tipo de ionização à pressão ambiente mais suave com formação de íons mais estáveis e suas variantes como *desorption electrospray ionization mass spectrometry* (DESI-MS), *electrospray assisted laser desorption/ionization* (ELDI) *paper spray ionization*

(PS) entre outras (HOFFMAN e STROOBANT, 2007; WANG *et al.*, 2010; MANICKE *et al.*, 2011).

A ionização por *paper spray* (PS) é uma técnica de ionização ambiente que tem recebido atenção nos últimos anos e tem sido bastante eficiente em análise de amostras de diversas áreas, como por exemplo em análise de drogas em sangue, caracterização fitoquímica de alimentos, contaminações e fraudes. A vantagem das técnicas de ionização ambiente está na capacidade de executar análises de compostos em matrizes complexas com o mínimo preparo de amostras. Nessa técnica, utiliza-se uma pequena quantidade de amostra e solvente sobre o papel cromatográfico triangular posicionado na entrada do espectrômetro de massas, então uma voltagem é aplicada na base do papel que promoverá um spray contendo os analitos ionizados (MANICKE *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2010; LIU J. *et al.*, 2011; MAZZOTI *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2019).

O processo pelo qual os íons são gerados é semelhante ao ESI (WANG *et al.*, 2010). Os íons podem ser gerados por reações ácido-base que resultam na formação de moléculas protonadas ( $[M+H]^+$  ou desprotonadas  $[M-H]^-$ ) ou formação de moléculas cationizadas  $[M+Na]^+$ ,  $[M+K]^+$ , ou anionizadas  $[M+Cl]^-$  etc (CROTTI *et al.*, 2006).

### 3.5 Compostos Bioativos

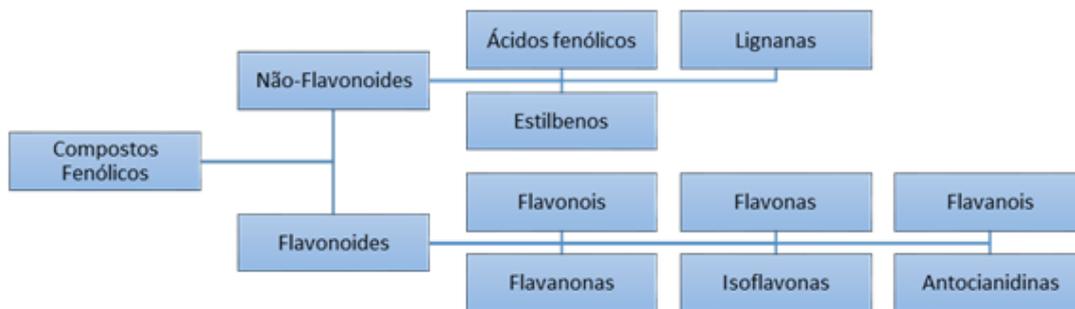
São componentes naturais presentes nos alimentos de origem vegetal sintetizados como metabólicos secundários relacionados ao sistema de defesa das plantas contra a radiação ultravioleta e agressões de insetos, fungos, vírus e bactérias (KHURANA *et al.*, 2013). Esses compostos não são sintetizados pelo o organismo humano e apresentam vários efeitos benéficos à saúde (CARRATÚ e SANZINI, 2005).

Entre os compostos bioativos já identificados estão os carboidratos não digeríveis (fibras solúveis e insolúveis), antioxidantes como polifenóis, carotenoides, tocoferóis, tocotrienóis, fitoesteróis e compostos organossulfurados (CHAVES, 2015). As frutas e vegetais contêm vários compostos bioativos, muitos dos quais são polifenóis (SCALBERT e WILLIAMSON, 2000).

### 3.5.1 Polifenóis

Compostos fenólicos ou polifenóis são potentes antioxidantes que englobam um grupo dos componentes encontrados nas plantas com mais de 8.000 estruturas fenólicas conhecidas atualmente, variando de moléculas simples, como os ácidos fenólicos, até substâncias altamente polimerizadas, como os taninos (DAI e MUMPER, 2010). Em função do número de anéis fenólicos e dos elementos químicos que se ligam a eles, os polifenóis podem ser classificados em duas categorias, não flavonoides e flavonoides, conforme Figura 6 (MANACH *et al.*, 2004).

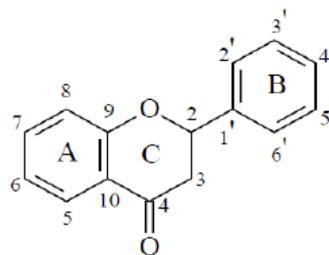
**Figura 6. Exemplo de Polifenóis Dietéticos**



Fonte: Adaptado de Chaves, 2015.

Todos os componentes do grupo flavonoide possuem esqueleto de 15 carbonos com dois anéis aromáticos (A e B) unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico (C), representado pela Figura 7 (CHAVES, 2015).

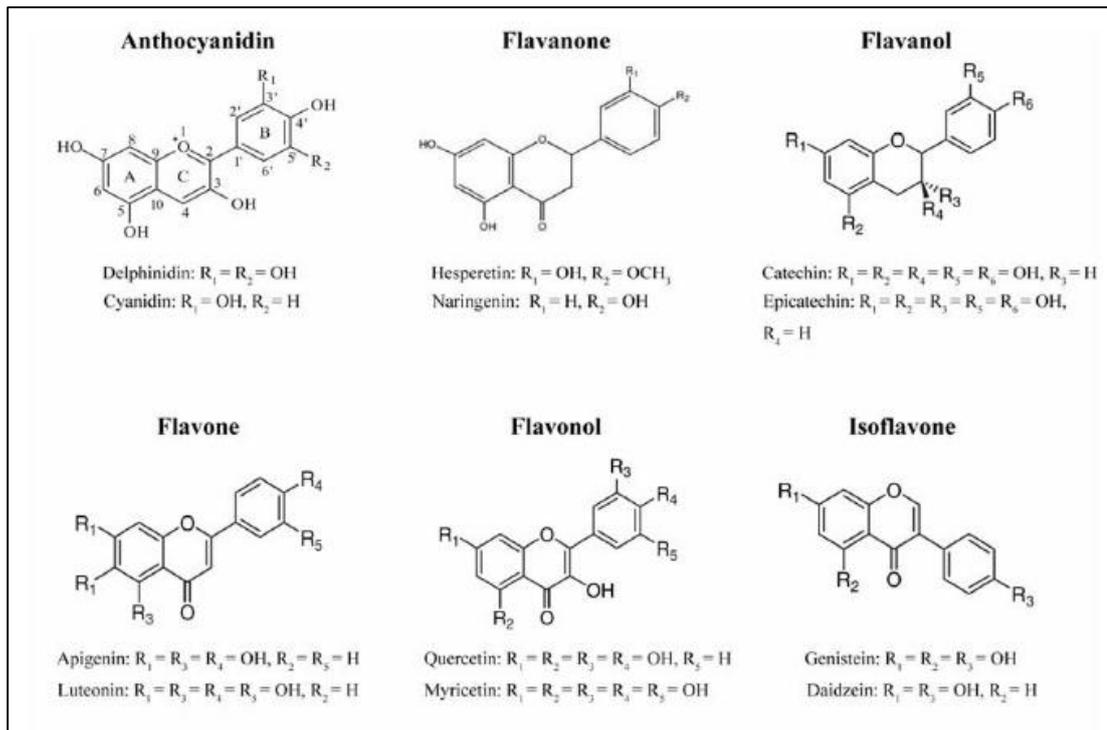
**Figura 7. Estrutura básica dos Flavonoides**



Fonte: SANTANA, 2018.

Os elementos estruturais que se ligam aos anéis e suas posições determinam as suas ações bioquímicas e suas divisões: flavonois, flavonas, flavononas, isoflavonas, flavanois e antocianidinas, conforme exemplificado na Figura 8 (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN 2006).

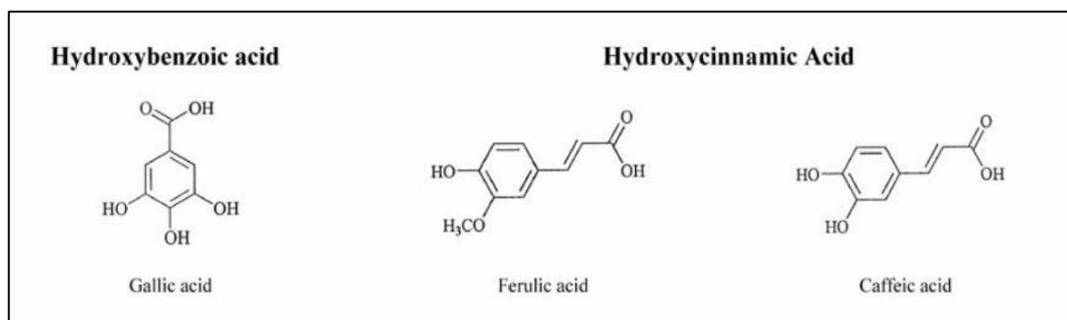
**Figura 8. Estruturas de Flavonoides**



Fonte: Dai e Mumper, 2010.

Os ácidos fenólicos podem ser divididos em duas classes: derivados do ácido benzóico, como o ácido gálico, e derivados do ácido cinâmico, como o ácido cumárico, rosmarínico, cafeico e ferúlico, conforme Figura 9 (DAI e MUMPER, 2010). Os derivados do ácido hidroxicinâmico também servem como moléculas precursoras dos estilbenos, flavonoides, lignanas e antocianinas (ALAM *et al.*, 2016).

**Figura 9. Exemplos de ácidos fenólicos**



Fonte: Dai e Mumper, 2010.

Os compostos fenólicos são encontrados em diversos vegetais, seu conteúdo diferencia em função da variedade, cultivo, localidade e do estágio de maturação. No

amadurecimento há uma redução desses compostos em decorrência do consumo por processos bioquímicos e degradação (FERREIRA *et al.*, 2016).

Estudos realizados com 26 acessos ao banco ativo de germoplasma da Empraba Mandioca e Fruticultura, encontraram fenólicos totais no grupo diploide (AA) *cv. Jaran* em 28,01 mg GAE/100 g<sup>-1</sup> e *Jari Buaya* 20,86mg GAE/100 g<sup>-1</sup>, para o grupo triploide (AAA; ABB) destacaram-se os cultivares *Highgate* com 92,33 mg GAE/100g<sup>-1</sup> e *Wasolay* com 56,66 mg GAE/100 g<sup>-1</sup> sendo superiores aos encontrados na banana *Willians* e no cultivar *nanica* do subgrupo *Cavendish*. Entre os tetraploides (AAAA; AAAB e ABBB) o cultivar *Bucaneiro* obteve maior valor de 76,33 mg GAE/100 g<sup>-1</sup>, quando comparado com as demais variedades (FERREIRA *et al.*, 2016).

Dos compostos fenólicos já identificados em bananas incluem as classes dos flavonóis (quercetina, miricetina, ramnetina rutina e kaempferol), flavanonas (naringina) e flavonas (luteolina, apigenina) flavanois (epicatequina, galocatequina, catequina e procianidinas) (FERREIRA, 2016; KEVERS *et al.*, 2007; SINGH *et al.*, 2016; SIRIAMORNUN e KAEWSEEJAN, 2017; VU, *et al.*, 2018), e a subclasse dos ácidos fenólicos: ácido gálico, ácido clorogênico, ácido elágico, ácido cumárico, ácido cafeico e ácido ferúlico (SINGH *et al.*, 2016).

Diversas ações biológicas têm sido atribuídas aos compostos fenólicos, sendo as ações anti-inflamatória e antioxidante como as principais atividades. A estrutura molecular destes compostos permite a neutralização eficaz dos radicais. Dessa forma, os compostos fenólicos têm sido o elo fundamental entre a dieta e prevenção de doenças crônicas, com diversas aplicações clínicas já estudadas como na hipertensão, artrite reumatoide, função cognitiva, menopausa, osteoporose, redução de lipídeos sanguíneos e também ação prebiótica que ocorre a partir da metabolização dos compostos fenólicos por cepas bacterianas intestinais, principalmente as que incluem *Bifidobacterium spp.* e *Lactobacillus spp* (CHAVES, 2015).

A extração de compostos bioativos de materiais vegetais é o primeiro passo na utilização desses fitoquímicos na preparação de suplementos dietéticos, ingredientes alimentícios, produtos farmacêuticos e cosméticos. As extrações com solventes são os procedimentos mais utilizados para preparar extratos de materiais vegetais devido à sua facilidade de uso, eficiência e ampla aplicabilidade. A solubilidade dos fenólicos depende das características químicas e físicas das amostras e da polaridade dos

solventes utilizados. Por essa razão, não há procedimento de extração universal adequado para a extração de todos os fenólicos de plantas. Na extração também pode conter algumas substâncias não-fenólicas, como açúcar, ácidos orgânicos e gorduras. Solventes, como metanol, etanol, acetona, acetato de etila e suas combinações têm sido usados para a extração de fenólicos e muitas vezes com diferentes proporções de água (DAI e MUMPER 2010; SANTOS e GONÇALVES, 2016).

A determinação dos compostos fenólicos totais é realizada por meio de uma variedade de métodos. O método espectrofotométrico que utiliza o reagente de Folin-Ciocalteu é o mais empregado. Trata-se de reação de substâncias redutoras/fenólicas com o reagente Folin-Ciocalteu (ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico) produzindo um complexo de coloração azul indicando que houve redução do complexo fosfomolibdico. Atualmente, é um dos métodos mais aceitos que utiliza o princípio de medir o poder redutor em extratos vegetais (OLIVEIRA *et al.*, 2009; PIRES *et al.*, 2017).

### 3.5.2 Taninos

Os taninos são compostos fenólicos de alto peso molecular sintetizados como metabólicos secundários das plantas. Estão presentes em sementes, raízes, cascas, seiva, folhas e frutos. As primeiras características identificadas foram a sua adstringência em alimentos e bebidas, como em frutas verdes e vinhos tintos e como agentes complexantes (ALMEIDA, 2014). Na banana, Maina *et al.* (2012) analisaram os taninos condensados na polpa e casca da banana verde e madura (*Musa sapientum*) pelo método da AOAC, sendo identificados valores de 5,55mg/g e 4,29mg/g para casca e polpa da banana madura e 5,86mg/g e 1,10mg/g casca e polpa da banana verde, respectivamente. Já Almeida (2014), identificou pelo método do butanol HCL, valores maiores para a farinha da casca da banana verde *Cavendish* sendo 40,25mg/g.

São classificados em hidrossolúveis e condensados. Largamente encontrados no reino vegetal, os taninos condensados ou proantocianidinas são estruturas oligoméricas ou poliméricas de flavonoides compostas por unidades da subclasse dos flavanois (flavan-3-ol). O nome proantocianidina resulta do fato destes compostos, quando aquecidos em condições ácidas, liberarem unidades de antocianidina (pigmentos vermelhos), segundo a reação de Bate-Smith. Os taninos hidrolisáveis ou

gálicos são compostos por um núcleo central de glicose com moléculas de ácido gálico (PORTO, 2002; DAI e MUMPER, 2010).

Os taninos são conhecidos como “anti-nutrientes” por diminuírem a absorção de alguns nutrientes, principalmente de minerais e proteínas, no entanto, devido às suas características de atividade antibacteriana e antifúngica, complexação proteínas e polissacarídeos, atividade antioxidante e anti-inflamatória, os taninos têm diversas aplicações como agente cicatrizante, antidiarreico, anti-séptico, proteção gástrica, entre outros. (ALMEIDA, 2014).

Por complexarem com proteínas e carboidratos em alimentos resultando em estruturas que causam impacto na digestibilidade, os taninos condensados, polímeros de flavan-3-ol, podem ser utilizados para reduzir a digestibilidade do amido e favorecer o aumento de amido resistente em preparações com alto teor de amido, diminuindo o índice glicêmico dessas preparações (AUSTIN, 2012).

### 3.5.3 Atividade Antioxidante

A ação antioxidante se deve ao potencial de óxido-redução de certas moléculas e sua capacidade de competir por sítios ativos e receptores nas estruturas celulares ou também por meio da modulação da expressão de genes que codificam proteínas envolvidas em mecanismos intracelulares de defesa contra fatores oxidativos degenerativos, com efeito de proteção celular (REBELLO, 2013).

Radicais livres (RL) são espécies cujo elétron desemparelhado encontra-se centrado nos átomos de oxigênio ou nitrogênio e são classificados como Espécies Reativas do Oxigênio (EROs) e Espécies Reativas do Nitrogênio (ERNs). Sua produção adequada possibilita a produção de energia (ATP), ativação de genes, mecanismo de defesa durante o processo de infecção, regulação do crescimento celular e síntese de substâncias biológicas. No entanto, a produção excessiva, em detrimento de antioxidantes, lesam as células de modo direto ou danificam estrutura de lipídeos, DNA e proteínas acelerando o envelhecimento celular e aumentando o risco de desenvolver diversas doenças como diabetes, câncer, aterosclerose, entre outras (BARREIROS e DAVID 2006; MALUTA, 2014).

Além da produção normal pelos sistemas biológicos, também ocorre a formação dos RL de forma endógena por processos infecciosos ou inflamatórios e também são

formados por fatores exógenos como radiação, exposição a drogas/fármacos, cigarro, poluição do ar e estresse (HARPER *et al.*, 2004; FINKEL e HOLBROOK 2000).

As EROs incluem os radicais: hidroxila ( $\text{HO}\cdot$ ), superóxido ( $\text{O}_2\cdot^-$ ), peroxila ( $\text{ROO}\cdot$ ) e alcoxila ( $\text{RO}\cdot$ ); e os não radicalares: oxigênio, peróxido de hidrogênio e ácido hipocloroso. As ERNs incluem óxido nítrico ( $\text{NO}\cdot$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ), ácido nitroso ( $\text{HNO}_2$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) e peroxinitritos ( $\text{ONOO}^-$ ). Alguns podem ser altamente reativos atacando toda a estrutura celular e outros poucos reativos, mas podem gerar espécies nocivas (BARREIROS e DAVID 2006).

O radical  $\text{HO}\cdot$  é o mais deletério, danifica o DNA, RNA, as proteínas, lipídios e membranas celulares do núcleo e mitocondrial. Em experimentos *in vitro* ele pode ser facilmente sequestrado. No entanto, para que esse efeito se reproduza *in vivo* é necessário administrar doses maiores do antioxidante para que alcance a localização do radical e então suprimi-lo, assim é para todas as formas de radicais. Esse radical é formado principalmente pela reação de Fenton ( $\text{Fe}^{2+}$  com  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ou homólise da água por exposição à radiação ionizante (BARBOSA *et al.*, 2010; BARREIROS e DAVID, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Muitos polifenóis atuam como agentes redutores, neutralizando a ação de radicais livres mediante formação de substâncias menos reativas por meio de mecanismos como a modulação da atividade de proteínas quinases, ligantes de fatores de transcrição e a modulação da atividade de proteases. Uma das vias de atuação dos polifenóis é na regulação da síntese endógena de glutathione reduzida (GSH), proteína contendo grupo tiol capaz de neutralizar radicais livres e peróxidos, sendo um dos principais antioxidantes endógenos. Os compostos fenólicos também podem estimular a síntese de enzimas antioxidantes como catalase e glutathione peroxidase por meio do fator de transcrição Nrf2 ou por inibição de enzimas oxidantes como xantina oxidase e NADPH oxidase (CHAVES, 2015).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos é devida à sua capacidade de eliminar os radicais livres, doar átomos de hidrogênio ou elétrons, ou quelar os cátions metálicos. A estrutura dos compostos fenólicos é um dos principais determinantes da sua atividade de eliminação de radicais e metais quelantes, que é conhecida como “relação estrutura-atividade”. A atividade antioxidante dos ácidos fenólicos, por exemplo, aumenta com o aumento do grau de hidroxilação, como é o caso do ácido

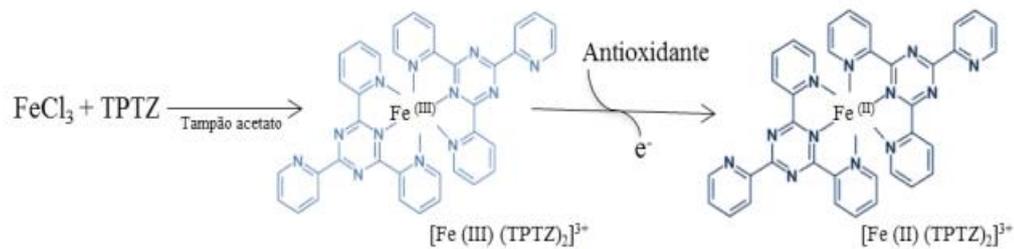
gálico, ácido 3,4,5-trihidroxibenzóico, que apresenta alta atividade antioxidante. (BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).

Dessa forma, a diferente capacidade antioxidante dos compostos fenólicos depende do número e posição dos grupos OH- presentes em sua estrutura. Já a relação estrutura atividade dos flavonoides é geralmente mais complexa do que a dos ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos devido à complexidade de suas moléculas (SAURA-CALIXTO *et al.*, 2007; BALASUNDRAM, SUNDRAM e SAMMAN, 2006).

A atividade antioxidante pode ser expressa por meio de vários parâmetros. O método de eliminação de radicais orgânicos de DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil) e ABTS (2,2'- azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e poder de redução do íon ferro, FRAP, são os métodos mais utilizados na determinação da capacidade antioxidante *in vitro*. Recomenda-se que pelo menos dois ensaios sejam combinados para fornecer um resultado mais confiável da capacidade antioxidante total de um alimento. FRAP e ABTS são geralmente indicados para compostos hidrofílicos, tais como vitamina C e a maioria dos compostos fenólicos, enquanto o sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico, por exemplo, é adequado para compostos lipofílicos. O método de DPPH pode ser empregado rotineiramente com extratos orgânicos aquosos contendo compostos hidrofílicos e lipofílicos (RUFINO *et al.*, 2010; ALVES *et al.*, 2010).

A determinação da atividade antioxidante pelo método de redução do íon ferro, FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), baseia-se na redução do  $Fe^{3+}$  (forma férrica) em  $Fe^{2+}$  (forma ferrosa) na presença 2,4,6- tripiridil-s-triazina (TPTZ) como mostra a Figura 10. Na redução, ocorre mudança na cor de roxo claro para intenso. A absorbância é medida no comprimento de onda de 595 nm, quanto maior a absorbância ou tonalidade da coloração maior o potencial antioxidante (URREA-VICTORIA *et al.*, 2016).

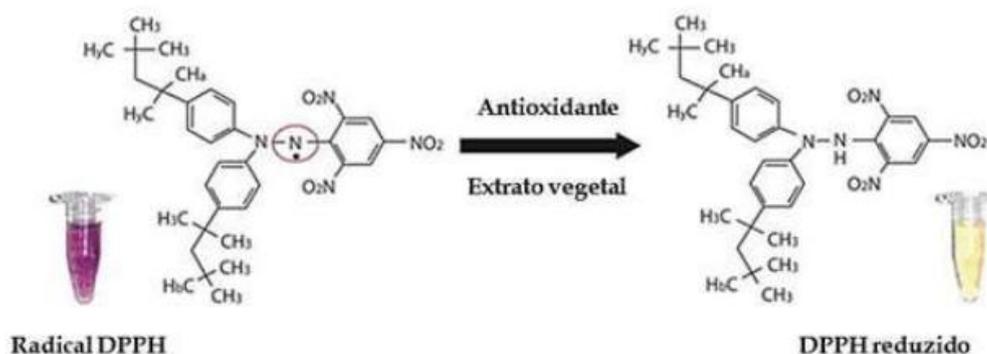
**Figura 10. Reação química do método de FRAP.**



Fonte: URREA-VICTORIA *et al.*, 2016

O método de captura do radical DPPH (2,2- difenil-1-picril-hidrazil) é baseado na capacidade do DPPH em reagir com doadores de hidrogênio, produzindo um decréscimo da absorbância a 515/517 nm. As substâncias antioxidantes agem como doadoras de um átomo de hidrogênio ao DPPH que é então reduzido formando a hidrazina que resulta na mudança da coloração de violeta para amarelo claro, representado pela Figura 11 (PIRES *et al.*, 2017).

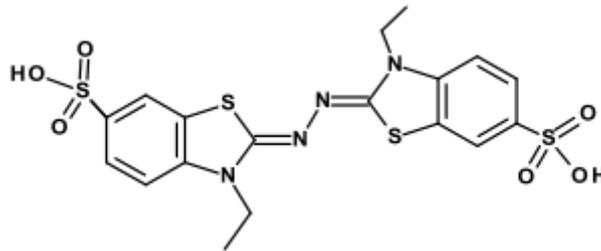
**Figura 11. Reação química do método de DPPH**



Fonte: PIRES *et al.*, 2017

O método de ABTS baseia-se em monitorar o decaimento do radical catiônico ABTS $^{\bullet+}$  de coloração verde/azulada. A absorção do radical catiônico ABTS $^{\bullet+}$  é comparada com a absorção após a estabilização do ABTS $^{\bullet+}$  por antioxidantes, coloração verde claro, utilizando um espectrofotômetro na faixa de 734 nm. Assim, quanto menor é a absorbância ou mais clara for a coloração, maior é o potencial antioxidante (TORRES *et al.*, 2017).

**Figura 12. Estrutura molecular do ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico).**



Fonte: TORRES *et al.*, 2017

#### 3.5.4 Biodisponibilidade e Bioacessibilidade dos compostos fenólicos

A biodisponibilidade é a fração de um nutriente ou composto ingerido que atinge a circulação para ser utilizado. Assim, é multifatorial, pois depende da digestão gastrointestinal, absorção, metabolismo, distribuição tecidual e bioatividade do nutriente/composto. A biodisponibilidade envolve também a bioacessibilidade que compreende a fração do composto que é liberado da matriz alimentar e se torna disponível no trato gastrointestinal. De maneira geral, o conteúdo bioacessível de um composto é menor que aquele encontrado na matriz do alimento, pois no processo digestivo e a alta variabilidade individual influenciam na sua estabilidade (ANGELINO *et al.*, 2017).

Os compostos fenólicos ocorrem nos alimentos na forma de ésteres, glicosídeos e polímeros que devem sofrer hidrólise por enzimas microbianas intestinais no intestino grosso em moléculas menores para serem absorvidos, no intestino delgado sofrem processos que incluem a deglicosilação, glucoronidação, metilação, sulfonação e hidroxilação. Após essas reações os metabólitos são transportados até o fígado onde sofrem metabolização pelas enzimas da fase I e fase II. Boa parte destes metabólitos podem ser secretados juntos com a bile e voltar para o intestino, onde irão sofrer hidrólise e serem reabsorvidos ou excretados via fezes (CHAVES, 2015).

O Ácido gálico é absorvido com facilidade pelo trato intestinal, bem como as flavonas, catequinas e glicosídeos de quercetina, outros ácidos como o clorogênico, quercetina-3-O-glicosídeo e p-cumárico podem ser absorvidos pelo tecido estomacal.

A absorção dos ácidos fenólicos e outros polifenóis pode ocorrer por transporte paracelular, transcelular, transporte por endocitose, transporte ativo e difusão passiva, interposto por transportadores de ácidos monocarboxílicos, existentes na mucosa gastrointestinal e em diversos tecidos (SOUSA, 2018).

### **3.6 Fibra Alimentar**

As fibras alimentares têm ocupado posições de destaque devido a seus diversos benefícios e desperta grande interesse de especialistas. As fibras são substâncias derivadas de vegetais que não são hidrolisadas pelas enzimas digestivas humanas. São classificadas em fibras solúveis e fibras insolúveis, de acordo com a solubilidade em água. As fibras solúveis são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo intestinal e diminuem a absorção de glicose e colesterol, são fermentáveis e consideradas prébióticas exercendo efeitos fisiológicos importantes. As insolúveis apresentam mais efeitos mecânicos, elas aumentam o peso e consistência das fezes deixando-as macias, aumentam a frequência da evacuação (MATTOS e MARTINS 2000; AMARAL; MAGNONI e CUKIER 2019; BÚRGIO *et al.*, 2007; DALL'ALBA e AZEVEDO 2010).

As fibras solúveis são classificadas em pectinas, mucilagens, gomas, inulina, FOS (frutooligosacarídeos) e beta-glucana e as insolúveis em celulose, hemicelulose e lignina. (AMARAL; MAGNONI e CUKIER 2019).

As frutas, vegetais e aveia são fontes de fibras solúveis. Já as leguminosas (feijões, lentilha, ervilhas) e cereais como arroz integral, cevada e centeio, são fontes de ambos os tipos de fibras, sendo que os cereais, em geral, têm maiores concentrações de fibras insolúveis (MELLO e LAAKSONEN 2009).

Amido resistente (RS) é o amido e seus produtos de degradação que não é digerido e absorvido no intestino delgado e chega ao intestino grosso onde é fermentado. Fisiologicamente cumpre efeitos da fibra alimentar com benefícios locais e sistêmicos. É constituído por três tipos de amido: o tipo 1, que representa o grânulo inacessível do amido na matriz do alimento possivelmente devido a parede celular e proteínas; o tipo 2, referente aos grânulos de amido nativo no interior da célula vegetal, possui lenta digestibilidade devido as características intrínsecas da estrutura cristalina; e o tipo 3, que são polímeros de amido retrogradado que são formados na

presença de calor e umidade e mantidos em temperatura baixa ou ambiente. Os três tipos de amido podem estar presentes em um mesmo alimento (LOBO e SILVA 2003; ZHANG e HAMAKER, 2012).

Quando comparado com as fibras solúveis e insolúveis, o amido resistente parece exercer uma melhor performance. Além de auxiliar o trânsito intestinal, no tratamento de diarreia, constipação e diminuição do risco de câncer de intestino, o amido resistente também contribui para uma menor resposta glicêmica, auxiliando no tratamento de diabetes, além de diminuir o risco de doenças cardiovasculares e a absorção de gorduras, favorecendo o emagrecimento e promovendo a sensação de saciedade (PEREIRA, 2007).

No entanto os benefícios do amido resistente dependem da categoria e da fonte consumida. Da quantidade total do amido tipo 3 presente no milho e no trigo, cerca de 84% e 65%, respectivamente, são degradados pela fermentação bacteriana. Da mesma forma, 89% de amido tipo 2 de batata crua e 96% de banana verde são degradados por fermentação bacteriana. Essa degradação também é afetada por várias condições de processamento de alimentos sob as quais o amido resistente é gerado. A digestibilidade do RS também varia por indivíduo. Essa variabilidade pode ser atribuída a diferenças individuais em relação às respostas enzimáticas (FUENTES-ZARAGOZA *et al.*, 2010).

Em relação ao teor de fibras totais na banana, Bezerra *et al.* (2013) encontraram valores significativos de fibras na farinha da banana verde *Cavendish* com e sem casca,  $22.91 \pm 0.11$  e  $13.89 \pm 0.10$ , respectivamente. Para o amido resistente, do total dos 70% do teor de amido identificado mais da metade estava sob forma de amido resistente. Luz (2016) avaliou, conforme o método oficial da AOAC utilizando o kit (Megazyme, Irlanda), o teor de amido resistente da biomassa da banana verde da *Terra* após cocção sob pressão por 8 minutos e resfriada e da farinha da polpa da banana verde por secagem em estufa 60° por 24hrs: os resultados foram de 45,57g/100g para a farinha e 8,54/100g para a biomassa.

### **3.7 Estudos com farinha da banana verde**

Considerando o aumento na incidência de doenças crônicas não transmissíveis, em especial o diabetes mellitus tipo 2, o consumo de produtos com farinha da banana verde, fonte de compostos bioativos, tem sido pesquisado como possível estratégia

de tratamento. O estudo de Loureiro *et al.*, (2015) observou redução significativa ( $p < 0,0016$ ) na glicemia e peso ( $p < 0,0224$ ) em indivíduos diabéticos que consumiram 24 g/dia de farinha da banana verde, quando comparados com o grupo controle.

Um estudo randomizado, duplo mascarado, controlado por placebo, realizado durante 6 semanas por Sardá *et al.* (2016), avaliaram os parâmetros de fome e saciedade, consumo de energia e os perfis de liberação dos hormônios grelina e peptídeo YY, em voluntários saudáveis que consumiram 3 porções por semana de 8g de farinha de polpa da banana verde da *Musa acuminata* (AAA), grupo *Cavendish* (cv. *Nanicão*), grau 1 de maturação, em veículo de sopa. Observaram que o consumo não diário da farinha forneceu menor liberação de grelina e maior peptídeo YY, conseqüentemente maior saciedade e redução do consumo de energia e níveis mais baixos de insulina após o consumo também foram verificados. A farinha da banana verde pode ser considerada como um ingrediente alimentar na redução do riscos de doenças crônicas.

Em revisão sistemática de Falcomer *et al.* (2019), os estudos analisados foram realizados sob delineamento experimental, em ensaios clínicos randomizados selecionados  $n=16$  em humanos. No geral, os estudos mostraram os benefícios para a saúde usando banana verde, a maioria relacionados aos sintomas/doenças gastrointestinais, seguidos do metabolismo glicêmico /controle e complicações renais e hepáticas associadas ao diabetes, sendo a maioria dos estudos utilizando farinha de banana verde. Apesar que poucos estudos caracterizaram a composição da farinha da banana verde, os benefícios foram associados aos compostos fenólicos e amido resistente. No entanto, não há padronização quanto à dose / efeito para diferentes faixas etárias e efeitos na saúde considerando a variedade da banana verde, composição e grau de maturação.

A casca da banana, de acordo com Vu, Scarlett e Vuong (2018), pode ser um alimento alternativo com múltiplas aplicações:

- Como ingrediente fortificante de alimentos;
- Como agente bacteriostático ou fungistático na indústria farmacêutica;
- Como conservante natural em alimentos;
- Pode desempenhar papéis importantes na redução do risco de doenças degenerativas.

De acordo com a Organização Mundial e Saúde (OMS) o número de pessoas com diabetes aumentou de 108 milhões em 1980 para 422 milhões em 2014. A prevalência global de diabetes entre adultos com mais de 18 anos subiu de 4,7% em 1980 para 8,5% em 2014 (OMS, 2018).

A alimentação é um importante fator de risco modificável e a identificação de estratégias simples e de baixo custo é uma questão de urgência (BARCLAY *et al.*, 2008).

### **3.8 Princípios de Secagem de Alimentos**

Secagem é a operação pelo qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material para a forma gasosa por meio de um mecanismo de vaporização térmica em temperatura inferior à de ebulição. É considerada como um método de conservação de alimentos pela redução da atividade de água ( $A_w$ ), inibindo assim o crescimento microbiano e atividades enzimáticas (CELESTINO 2010; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Diversas vantagens podem ser atribuídas ao processo de secagem, como aumento da vida útil do produto, pode ser um alimento nutritivo apesar das possíveis perdas, facilidade no transporte e comercialização. O processo de secagem semi-industriais têm baixo custo e a mão de obra não necessita ser especializada; redução nas perdas pós-colheitas e disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (SOUZA 2012; CELESTINO, 2010).

Segundo o mecanismo de propagação de calor predominante no processo, a secagem pode ser classificada em convectiva, condutiva e radiativa. Na secagem convectiva, o ar aquecido transfere o calor para a superfície do produto criando um gradiente de temperatura com seu interior, o que promove a transferência de calor por condução, aquecendo o material e a água nele contida, que por sua vez migra do interior para a superfície onde se evapora (DIAS, 2013). Na condução, a transmissão de energia é feita de uma molécula para outra ou por elétrons livres (metais), as moléculas mais energéticas transferem energia para moléculas vizinhas menos energéticas por contato direto. Já a radiação fornece emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas entre duas superfícies e na ausência de um meio (GEANKOPLIS, 1993).

Sabe-se que o efeito da secagem altera as propriedades físicas e químicas nos alimentos, e que dessa forma acometem o processo de transferência de calor e massa, sendo fundamental que se conheça seus efeitos (FARIAS *et al.*, 2002).

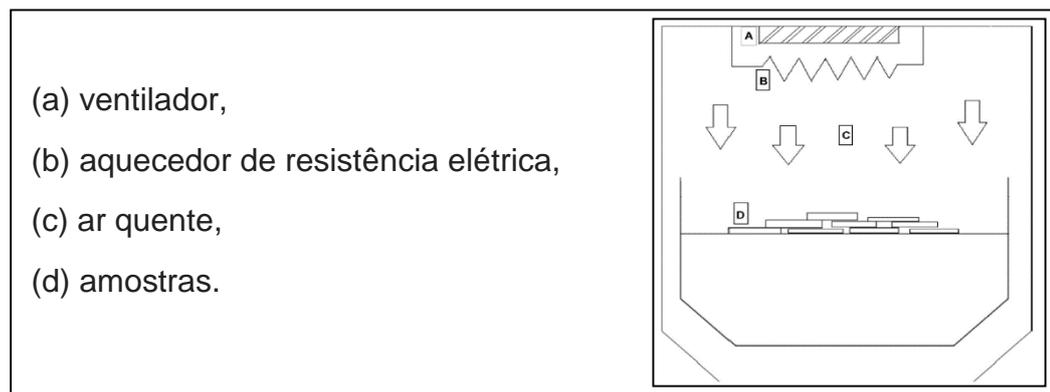
### 3.8.1 Equipamentos

#### 3.8.1.1 Air Fryer

O Air Fryer é um aparelho doméstico que se inseriu no mercado com o intuito de criar produtos fritos mais saudáveis e sem comprometer a aparência, textura e sabor do alimento. O equipamento utiliza o processo de “fritura a ar” quente que visa produzir um “produto frito”, espalhando o ar quente ao redor do material em vez de imergir em óleo quente.

Os equipamentos dispõem de um ventilador de ar embutido, enquanto outros também combinam altas taxas de convecção com transferência de calor por radiação. O ar também é distribuído de forma uniforme e minimiza variações na qualidade do produto devido a sua câmara cilíndrica (TURUEL *et al.*, 2015). Segundo Erickson (1989), a velocidade do ar pode chegar de 304,8 m/s a 792,48 m/s. Um exemplo do equipamento pode ser representado pela Figura 13.

**Figura 13 - Representação esquemática da “fritadeira a ar”- Air Fryer**



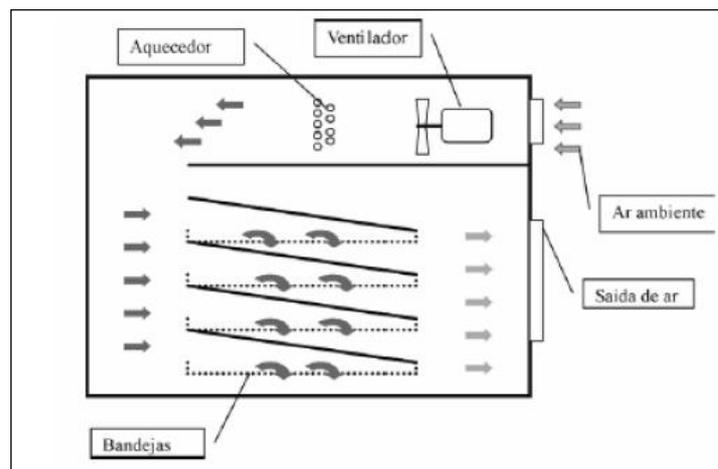
Fonte: TERUEL *et al.*, 2015.

#### 3.8.1.2 Estufa

A secagem por estufa é o método mais comum e simples de secagem de alimentos em escala industrial. A transferência de calor ocorre por convecção, onde o ar é aquecido por uma fonte energética e conduz o calor ao alimento provocando evaporação da água (ENGEI *et al.*, 2016). Estufas com ventilação forçada de ar são

dotadas de ventiladores centrífugos ou axiais onde o ar escoa sobre a bandeja ou através delas. A velocidade do ar aquecido pode variar de acordo com o sentido de circulação em relação às bandejas. Os tipos de estufas existentes são com circulação e renovação de ar forçado, sem circulação de ar forçado e a vácuo (DIAS, 2013). Um exemplo de funcionamento de secagem por estufa está esquematizado na Figura 14.

**Figura 14. Esquema de funcionamento de secagem por estufa com circulação forçada de ar através das bandejas**



DIAS *et al.*, 2013.

A velocidade de secagem por estufas com circulação de ar forçada, depende das propriedades termodinâmicas da passagem do ar e das características do produto a ser seco, que pode variar de 0,5 a 3,0 m/s conforme o sentido de movimentação em relação às bandejas (DIAS, 2013). A faixa de temperatura pode variar de 50°C a 200°C (QUIMIS, 2019). Em geral, o processo de secagem com circulação de ar é mais rápido, o que confere menor tempo de contato do produto com a temperatura fazendo com que as características nutricionais sejam mais preservadas (ENGEI *et al.*, 2016).

### 3.8.1.3 Forno

O processo é o mesmo que se observa na estufa onde grande parte do calor gerado é utilizado inicialmente no aquecimento do ar e nas paredes internas do forno. O forno doméstico a gás ou elétrico se aquece de 60 a 120 litros de ar e depois transfere sua energia calorífica para o alimento em uma propagação mais lenta por não constar de circulação forçada de ar (DIAS, 2013; FABRE, 2010). Na tentativa de resolver a lentidão dos fornos convencionais tem sido incluir um ventilador de

circulação para movimentar o ar no forno, essa forma de cozedura geralmente é encontrada em formas comerciais equipadas com múltiplas prateleiras em uma média de velocidade do ar em torno de 1,78 m/s (ERICKSON, 1989).

### **3.9 Efeitos do tratamento térmico em alimentos**

Grande parte dos estudos utiliza o alimento cru com a finalidade de obter dados referentes às características nutricionais. Porém, muitos alimentos são consumidos após serem submetidos a técnicas de pré-preparo e as condições de armazenamento, congelamento, descongelamento e diferentes métodos de cocção que levam a alterações físicas e químicas no alimento o que altera o conteúdo de fitoquímicos, fibras e nutrientes, bem como sua ação antioxidante (FENNEMA, SRINIVASAN e PARKIN 2010; CILLA *et al.*, 2018).

O emprego do calor é um método bastante comum que visa aumentar a segurança do alimento possibilitando a destruição ou inibição do crescimento de micro-organismos e inativação enzimática, além de melhorar a digestibilidade e biodisponibilidade dos nutrientes devido ao amolecimento da matriz alimentar. No entanto, o aquecimento pode ocasionar perdas nutricionais e modificações sensoriais alterando a qualidade do produto (CHAVES, 2015).

O branqueamento é um pré-tratamento térmico brando que permite a inativação de enzimas, redução do número de micro-organismos contaminantes na superfície dos alimentos, eliminação de ar dos tecidos vegetais e favorece a fixação de cor, pode também ser considerado como um método de conservação de alimentos. No branqueamento, utiliza-se temperaturas entre 70 °C e 100 °C e tempos que variam de 1 a 5 minutos com posterior resfriamento para evitar que o produto fique por mais tempo em temperatura elevada, evitando assim o cozimento do alimento (FILHO e VASCONCELOS, 2010).

Apesar do aumento na segurança alimentar obtido por meio do tratamento térmico, muitas vezes há grande perda de compostos bioativos e nutrientes que são essenciais para a dieta humana. Os carotenoides, por serem facilmente oxidados devido as duplas ligações conjugadas, são mais susceptíveis a degradação durante o processamento, além da perda da atividade de pró-vitamina A (FENNEMA, SRINIVASAN e PARKIN 2010; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, VICARIO e HEREDIA,

2004). No entanto, o licopeno em produtos processados parece ser mais biodisponível, devido a transformação pelo calor das formas isoméricas *trans* em *cis* (AGARWAL e RAO, 2000).

Processo de cocção por contato direto com água tem sido o mais relatado na perda de compostos fenólicos, principalmente dos polifenóis hidrossolúveis. Por outro lado, o calor seco sobre a preservação dos compostos fenólicos ainda é controverso e pode ocasionar grandes perdas de polifenóis (CHAVES, 2015).

A enzima PFO, polifenol oxidase, é mais termolábil quando comparado a POD, peroxidase, no entanto, variações podem ocorrer dependendo da matriz alimentar. Em alguns casos, a inativação pode ocorrer a 80 °C, o que poderia explicar, em parte, a razão pela qual a quantidade de compostos fenólicos aumenta quando o produto é submetido a temperaturas elevadas (MINATEL *et al.*, 2017).

O escurecimento não enzimático ou reação de Maillard, envolve reações de carbonilas que surgem da oxidação de lipídeo, oxidação de ácido ascórbico, da degradação de carboidratos (polissacarídeos, açúcares, ácidos orgânicos) e de proteínas (FENNEMA, DAMODARA e PARKIN, 2010).

A reação Maillard (RM) é comum durante o processamento térmico, bem como durante o armazenamento, uma vez que confere sabor, cor e aroma característicos ao alimento, podendo favorecer alterações desejáveis ou indesejáveis. A maior formação ocorre quando são submetidos a altas temperaturas por calor seco, como fritar, grelhar e assar. A taxa de formação e a variedade de produtos liberados na RM dependem de vários fatores como  $A_w$ , pH, tipo de carboidratos, aminoácidos ou proteínas, concentração de substratos, tempo e temperatura, principalmente da temperatura que é altamente dependente (TREVISAN, 2015; TERUEL *et al.*, 2015).

O tratamento térmico também pode melhorar a bioacessibilidade dos minerais devido ao amolecimento da matriz alimentar e/ou modificar o conteúdo de inibidores, tais como oxalatos, fitatos e taninos (CILLA *et al.*, 2018).

Apesar de poucos estudos com o equipamento Air Fryer e realizados apenas com batata, Sansano *et al.*, (2015) destacaram os benefícios do Air Fryer na redução de 90% de acrilamida na batata frita sem pré-tratamentos em comparação à fritura em

óleo. O aumento da atividade antioxidante e menores perdas de fenólicos totais na batata doce roxa em comparação ao forno doméstico também foram observados, sendo as condições de temperatura para o Air Fryer em 180 °C por 18 min e forno doméstico 210 °C por 30 min. Por outro lado, houve maior quantidade de carotenoides totais e antocianinas no forno doméstico quando comparado ao Air Fryer (TIAN *et al.*, 2016).

Monreal *et al.*, (2009) analisaram a influência dos métodos de cocção na atividade antioxidante em vinte vegetais em comparação ao controle (vegetais crus). Observaram que para o forno doméstico a 200 °C as maiores perdas da capacidade antioxidante foram na cenoura, couve de Bruxelas, alho-poró, couve-flor, ervilha e abobrinha, com perdas entre 30% e 50%. Outros legumes (cebola, favas, aipo, beterraba e alho) perderam entre 5% e 30%. Os legumes que mantiveram sua capacidade antioxidante após o cozimento foram alcachofra, espargos, brócolis e pimenta, enquanto feijão verde, berinjela, milho, suíço, acelga e espinafre aumentaram significativamente sua atividade antioxidante.

Teles *et al.* (2018), observaram menores teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante no bagaço da uva seca em estufa com circulação de ar em temperaturas inferiores a 60 °C. As temperaturas de 40 °C e 50 °C provavelmente não foram suficientes para inativação da polifenol oxidase, além de observarem maiores valores de atividade de água, quando comparados a temperatura de 60 °C, o que favorece também a ocorrência das reações enzimáticas e conseqüentemente menores valores dos compostos fenólicos e atividade antioxidante. Por outro lado, Gálvez *et al.*, (2009) identificaram na pimenta vermelha menores teores de vitamina C e fenólicos totais nas amostras secas a 80-90 °C em relação a baixas temperaturas 50-70 °C.

De acordo com Tsamo *et al.* (2015), após a fervura das cenouras, o ácido clorogênico, a quercetina e a luteolina diminuíram, enquanto o kaempferol aumentou. No entanto, não observaram alteração dos mesmos compostos após a fervura de couve-flor. O aumento de ácidos fenólicos na batata-doce após a fervura variou de acordo com o cultivar. A diminuição de derivados de epicatequina e um aumento de derivados de catequina também foi observado no chá verde após o processamento térmico.

Modificações moleculares induzidas pelo processamento e as transformações que ocorrem antes do consumo estão relacionadas principalmente à sensibilidade dos compostos à oxidação e/ou isomerização, na catequina, a isomerização é claramente demonstrada (MINATEL *et al.*, 2017).

Na obtenção da farinha da banana verde várias técnicas foram analisadas entre estufas com e sem circulação de ar, liofilização, secador de tambor duplo, micro-ondas e leito de jorro (SILVA, JUNIOR, BARBOSA, 2015).

Para a secagem em de leito de jorro a 80 °C e 90 °C não houve diferenças significativas entre os valores de amido resistente na farinha da polpa e casca da banana verde (BEZERRA *et al.*, 2013). Em farinhas obtidas a partir da polpa da banana verde seca em estufa, em diferentes condições de temperatura (52-55-58 °C) e velocidade do ar de secagem (0,6- 1,0 -1,4 m/s), observou-se que o teor de amido resistente foi influenciado pelas condições de secagem, onde na mesma temperatura de 55 °C na menor velocidade do ar o amido resistente foi menor, provavelmente devido ao maior tempo de secagem e conseqüentemente desorganização parcial da estrutura cristalina do amido (TRIBESS *et al.*, 2009).

As faixas de temperaturas normalmente utilizadas para secagem de banana variam de 50 °C a 70 °C, sendo esta temperatura mais viável considerando a obtenção da farinha em menor tempo de secagem (SOUZA, 2012; GUINÉ *et al.*, 2015).

Além disso, Guiné *et al.* (2015), ao avaliar a secagem em estufa com circulação de ar a 50 °C e 70 °C de duas variedades de polpa de banana, observaram nas duas variedades uma redução no total de compostos fenólicos em relação a amostra *ao natural*. Para a banana *M. Cavendish* a redução foi de 20% a 50°C e 15% a 70 °C, enquanto para a variedade *M. Nana* a redução foi maior, 43% a 50°C e 45% a 70 °C.

Em relação a atividade antioxidante e aos compostos fenólicos, Someya *et al.*, (2002) analisaram os flavonoides, galocatequina, catequina e epicatequina, na casca e na polpa da banana *cavendish* obtidas por liofilização, sendo o maior teor para galocatequina, em relação aos demais compostos, e maior concentração na casca em relação à polpa, no entanto a maturação não foi citada.

Os efeitos de secagem sobre os compostos fenólicos e atividade antioxidante de vegetais são conflitantes devido a vários fatores, como método de secagem, matriz

alimentar, fatores edafoclimáticos, cultivares e a metodologia aplicada (GÁLVEZ *et al.*, 2009). Dessa forma, o primeiro passo para preservar os compostos fenólicos e capacidade antioxidante, a temperatura e o método de secagem devem ser investigados para cada alimento (GARAU *et al.*, 2007).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório do Setor de Espectrometria de Massas do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da UFMG, nos Laboratórios do Setor de Operações, Processos e Tecnologia (SOPT) e no Laboratório de Bromatologia - Unidade de Pesquisa Química de Alimentos (BRO PQA) do Setor de Bromatologia, Nutrição e Saúde do Departamento de Alimentos da Faculdade de Farmácia (FAFAR) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte.

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1 Equipamentos

Agitador tipo Vortex (Nova Instruments, NI 1036)

Air Fryer (M.K Eletrodomésticos Mondial S.A, AF-17)

Aqualab (Series 3TE)

Balança analítica (Shimadzu, AY 220)

Banho maria (Quimis, 226.1)

Centrífuga (Daiki, DT4500)

Espectrofotômetro (Femto Instrumentos Ltda, Cirrus 80)

Espectrofotômetro (Konica Minolta, CM-2300d)

Espectrômetro de massa (LCQ Fleet Thermo Scientific, San Jose, CA, USA)

Estufa (Quimis Q-314M242 série 020)

Estufa para determinação de umidade (Fanem, 320 – SE)

Fatiador (Mandolin Hercules, NI UTP85)

Forno convencional (Esmaltec Mod. Ilhabela)

Liquidificador industrial (Poli Metalúrgica SIEMSEN Ltda, TR-02)

Moinho de facas (Tecnal, TE340)

Peneira tamis (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda., 32 mesh, 500 mm)

#### 4.1.2 Reagentes

ABTS (Sigma – Aldrich)

Acetado de sódio anidro P.A (Êxodo Científica)

Carbonato de sódio anidro P.A (Êxodo Científica)

Cloreto de Ferro III P.A (Êxodo Científica)

DPPH (Sigma – Aldrich)

Folin & Ciocalteu phenol reagent (Sigma – Aldrich)

Persulfato de potássio (Sigma – Aldrich)

Sulfato de Ferro II P.A (Neon)

TPTZ (Sigma – Aldrich)

Trolox (Sigma – Aldrich)

#### 4.1.3 Padrões Analíticos

Ácido cafeico (Sigma – Aldrich)

Ácido clorogênico (Sigma – Aldrich)

Ácido elágico (Sigma – Aldrich)

Ácido gálico (Sigma – Aldrich)

Catequina (Sigma – Aldrich)

Quercetina (Sigma – Aldrich)

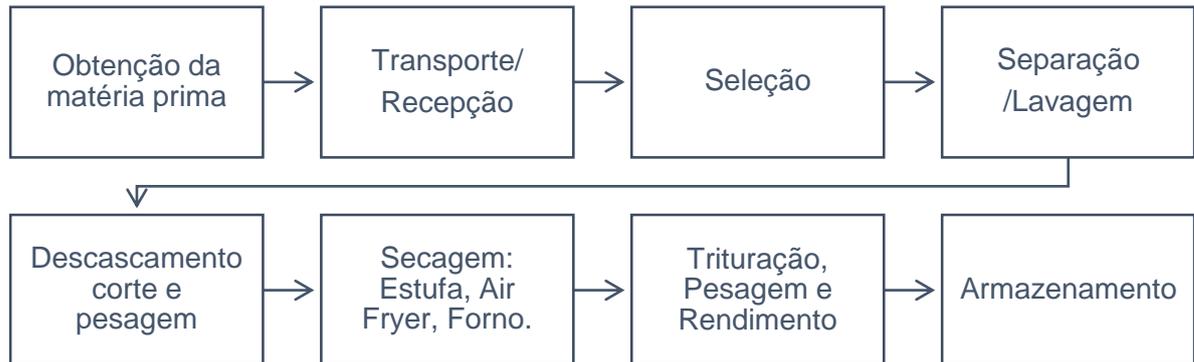
Rutina (Sigma – Aldrich)

#### 4.2 Delineamento Experimental

Foram utilizadas bananas *Musa acuminata* (AAA), grupo *Cavendish* cv. 'Nanicão', não submetidas a câmara de maturação e nem à pulverização com agrotóxicos ou imersão em produtos químicos, adquiridas em agosto de 2018 no Distrito de Ravena em Sabará- MG. Aproximadamente 6 kg de bananas foram obtidas na escala de Maturação de *Von Loesecke* 1 (totalmente verde) e transportadas à UFMG, onde foram armazenadas na câmara à  $14^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

Após 24 horas de armazenamento na câmara fria, os frutos foram selecionados e processados conforme fluxograma da Figura 15, para a obtenção da farinha da casca e da polpa da banana verde.

**Figura 15. Fluxograma da obtenção das farinhas da casca e da polpa da banana verde**



### 4.3 Processamento das Farinhas

#### 4.3.1 Separação e lavagem

As bananas foram separadas do cacho manualmente, selecionadas quanto à ausência de defeitos e injúrias e submetidas a lavagem com auxílio de esponja e detergente neutro, para retirada das sujidades. Em seguida foram enxaguadas em água corrente e sanitizadas com solução clorada de 150 mg.L<sup>1</sup> por 15 min. Na sequência, foram lavadas com água filtrada e secas em toalhas de papel até a retirada de toda a umidade.

#### 4.3.2 Descascamento, corte e pesagem

As frutas, após separação e lavagem, foram descascadas manualmente com auxílio de uma faca inox, para a separação da casca e da polpa e pesadas antes da secagem. As cascas foram cortadas em três partes em tamanhos de aproximadamente 15 cm<sup>2</sup> com base de aproximadamente 5 cm e altura de 3 cm, em cortes longitudinais na espessura natural da fruta. Em seguida as polpas foram fatiadas com auxílio de um fatiador inox (Mandolin Hercules, NI UTP85, Brasil) em rodela na espessura de 5 mm, conforme Figura 16. 1(A). Todo o excesso de polpa nas cascas foi retirado e descartado, bem como os resíduos de cascas nas polpas como mostra a Figura 16 (B).

**Figura 16 – Cortes das cascas e polpas da banana verde *Cavendish*: (A) Tamanho e espessura, (B) Resíduos**



Fonte: Do Autor (2018).

As cascas e polpas foram distribuídas separadamente nos equipamentos de forma uniforme para secagem, conforme tratamentos descritos no item a seguir.

#### 4.3.3 Equipamentos de secagem:

Foi utilizada estufa com circulação de ar (Quimis Q-314M242 série 020, Diadema, Brasil) à 70°C, sendo esta temperatura escolhida considerando a obtenção da farinha em menor tempo de secagem e maior teor fenólico na banana *Cavendish* em comparação à estufa 50 °C (GUINÉ *et al.*, 2015). A temperatura de 180°C para o Forno a gás (Esmaltec Mod. Ilhabela, Brasil) e Air Fryer (M.K Eletrodomésticos Mondial S.A. Mod. AF-17, Brasil) foi escolhida com base na faixa de temperatura normalmente utilizada nesses métodos de cocção para vegetais em relação a caracterização quanto a atividade antioxidante e teor de compostos fenólicos (SILVIA, *et al.*, 2006; MONREAL *et al.*, 2009; LOMBARD *et al.*, 2005; TIAN *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017).

Aproximadamente 1,8 kg de banana verde foram utilizadas para secagem nos equipamentos Air Fryer, Estufa e Forno, sendo que para o Air Fryer foram utilizadas a cada 2 bananas, aproximadamente 300g. Para determinar o tempo de secagem foram realizados testes utilizando como critério o ponto de quebra.

Air Fryer 180 °C	Estufa 70 °C	Forno180 °C
Casca	Casca	Casca
Polpa	Polpa	Polpa

#### 4.3.4 Trituração, pesagem e rendimento

Após secagem, as amostras (cascas e polpas), foram submetidas ao processo de trituração em liquidificador industrial (Poli Metalúrgica SIEMSEN Ltda, TR-02, Brasil) e moinho de facas (Tecnal, TE340, Brasil) devido ao aspecto mais fibroso das cascas após a trituração com o liquidificador industrial e afim de se obter maior rendimento para as devidas análises. Em seguida, foram peneiradas em tamis (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda., 32 mesh, 500 mm, Brasil) para padronização das partículas.

As farinhas obtidas em cada tipo de tratamento térmico foram pesadas para o cálculo de rendimento, conforme Eq. (1) proposta por Santos *et al.* (2010):

$$R = \frac{F}{P} \times 100 \quad \text{Eq. (1).}$$

onde:

R = Rendimento (%)

F = Quantidade de farinha obtida (g)

P = Quantidade de polpa e casca de banana verde utilizada (g)

As farinhas foram armazenadas em sacos de polietileno dentro de frascos de vidros envolvidos com papel alumínio em temperatura de -18 °C para a realização das análises descritas a seguir.

**Farinhas:** C: Casca; P: Polpa - **Equipamentos:** A: Air Fryer; E: Estufa; F: Forno.

## 4.4 Métodos

### 4.4.1 Compostos fenólicos totais

Inicialmente os extratos foram obtidos pelo método descrito por Rufino *et al.* (2010). A extração foi realizada em 2 etapas: primeira etapa consiste na extração metanólica com adição de 4 mL de solução metanol a 50% (v/v), a quantidade de amostra (farinhas) variou de 0,5 a 2,0 g, em seguida os tubos foram homogenizados no agitador tipo Vortex (Nova Instruments, NI 1036, Brasil) por 5 segundos e deixados de repouso por 60 min no escuro à temperatura ambiente. Após o repouso, foram centrifugados (Daiki, DT4500, Brasil) por 20 min a  $1811 \times g$  e o sobrenadante foi transferido para um balão de 10 mL protegido da luz. A partir do resíduo da primeira extração foram adicionados 4 mL de solução acetona a 70% (v/v) e os extratos

agitados novamente por 5 segundos e deixados em repouso por 60 min protegidos da luz e centrifugados a  $1811 \times g$  por 20 min (Daiki, DT4500, Brasil). Em seguida cada sobrenadante foi transferido para o balão volumétrico de 10 mL e o volume foi completado com água destilada.

A determinação dos compostos fenólicos totais foram obtidos em triplicata de acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton *et al.* (1999). Foram adicionados 100  $\mu\text{L}$  do extrato da farinha da casca e 200  $\mu\text{L}$  do extrato da farinha da polpa em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio. Em seguida foram adicionados 5 mL da solução reagente Folin- Ciocalteu a 10% (reagente Folin e água destilada) agitados por 5 segundos no agitador tipo Vortex (Nova Instruments, NI 1036, Brasil). Após 3 min foram adicionados 4 mL da solução de carbonato de sódio a 7,5% (p/v), agitados novamente e deixados em repouso por 2 h a temperatura ambiente protegidos da luz. A leitura das absorvâncias foi realizada no espectrofotômetro a 760 nm (Femto Instrumentos Ltda, Cirrus 80, Brasil). A curva padrão de ácido gálico em 6 pontos foi realizada nas concentrações que variaram de (150 a 900  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ) nas mesmas condições da amostra e o resultado foi expresso em equivalente de ácido gálico ( $\text{mg EAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de amostra/base seca).

#### 4.4.2 Perfil de compostos fenólicos por cromatografia líquida

O perfil dos compostos fenólicos foi determinado em duplicata conforme o método cromatográfico descrito por Chisté *et al.*(2012) e Eça *et al.* (2015). Esses compostos foram primeiramente extraídos das farinhas utilizando solução de metanol a 50% (v/v) e acetona a 70% (v/v) conforme método descrito por Rufino *et al.* (2010) anteriormente. O volume de injeção foi 1 $\mu\text{L}$  para todas as injeções (curva padrão e amostra). O equipamento utilizado foi um cromatógrafo líquido de ultra eficiência (UPLC) Waters, constituído por bomba quaternária, auto-injetor, e detector de UV/Visível. As condições cromatográficas consistem em coluna C18, temperatura da coluna a 29°C, tamanho da partícula 1,7 $\mu\text{m}$  e dimensões 2,1 x 100 mm.

Para a construção da curva padrão foram utilizados ácido gálico, catequina e ácido clorogênico diluídos em água e ácido cafeico, ácido elágico, rutina e quercetina em metanol, em duplicata. As absorvâncias (nm) obtidas foram: 271(ácido gálico), 279(catequina), 322 (ácido cafeico), 326(ácido clorogênico), 354(rutina), 368(ácido

elágico) e 371(quercetina), sendo as curvas analíticas para cada padrão nas concentrações que variaram de 12,5 a 260 ppm, em 5 pontos.

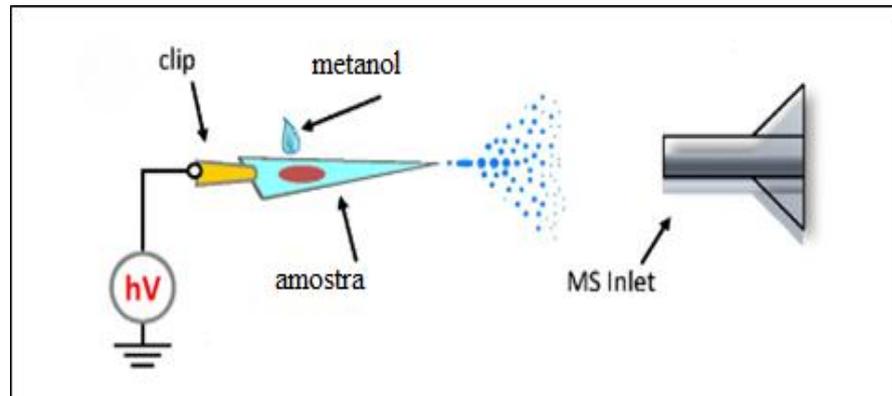
Os solventes utilizados para a fase móvel foram (A= Acetonitrila) e (B= água com ácido fórmico 0,25%), em modo de eluição isocrático de 5:95 v/v (A: B) para (ácido gálico, catequina e ácido clorogênico) 0-17 min e para (ácido cafeico, ácido elágico, rutina e quercetina) um gradiente linear foi aplicado: de 0 a 8 min = 8: 92 (A: B); de 8 a 14 min = 15: 85(A: B); e de 14 a 22 min = 25:75(A: B). Os compostos fenólicos foram quantificados por comparação com os padrões externos e os resultados foram expressos em mg/100g da amostra/base seca.

#### 4.4.3 Perfil químico por espectrometria de massas com ionização *paper spray*

As condições experimentais foram aplicadas conforme proposto por Silva *et al.* (2019), utilizando espectrômetro de massa LCQ Fleet (Thermo Scientific, San Jose, CA, USA) equipado com uma fonte de ionização em *paper spray*.

O papel cromatográfico foi cortado em forma de triângulo equilátero (1,5 cm) e posicionado a 0,5 cm de distância da entrada do espectrômetro de massas com auxílio de uma plataforma móvel e foi conectado a uma alta voltagem do espectrômetro por meio de um fio de cobre. Em seguida 2 µL dos extratos das farinhas e 40 µL de metanol foram aplicados na base do papel. A Figura 17 mostra um esquema representativo do experimento. As análises de cascas e polpas dos equipamentos foram feitas em triplicata em dois modos de ionização (positivo e negativo). O instrumento foi operado nas seguintes condições: potencial do *paper spray* de + 4,0 kV (modo positivo) e -3,0 kV (modo negativo); potencial do capilar de 40 V; potencial das lentes de 120 V; temperatura do tubo de transferência de 275 ° C; faixa de massa de 100 a 1000 *m/z* (modo de ionização positivo e negativo) e energia de colisão para fragmentação de 15 a 30 eV. Foi realizada uma pesquisa na literatura para identificação dos analitos.

**Figura 17. Esquema representativo utilizando PS-MS**



Fonte: Adaptado de Manicke *et al.*, 2011.

#### 4.4.4 Atividade Antioxidante

Os ensaios antioxidantes foram realizados em triplicata e obtidos por meio de três métodos: FRAP, ABTS e DPPH. As farinhas também foram submetidas a extração metanólica-acetônica (RUFINO *et al.*, 2010), conforme descrito anteriormente.

##### 4.4.4.1 Capacidade antioxidante pelo método de redução do Ferro (FRAP)

A técnica FRAP foi determinada conforme Rufino *et al.* (2006). A etapa de preparação consistiu em pipetar 500  $\mu\text{L/ml}$ , 750  $\mu\text{L/ml}$ , 1000  $\mu\text{L/ml}$  dos extratos das farinhas (FP e AP) e 100  $\mu\text{L/ml}$ , 50  $\mu\text{L/ml}$  e 25  $\mu\text{L/ml}$  dos extratos das farinhas (AC, EC, EP, FC) em eppendorfs e o volume completado para 1ml com água destilada. 90  $\mu\text{L}$  dos extratos dos eppendorfs e padrão foram transferidos para os tubos recobertos com papel alumínio onde foram adicionados 270  $\mu\text{L}$  de água e 2,7 mL do reagente FRAP (tampão acetato 0,3 M pH:3,6; TPTZ 10mM; solução aquosa de cloreto férrico 20 mM). A curva padrão foi obtida em solução sulfato ferroso 2 mM em concentrações que variaram de (0,5 a 10 mL) nas mesmas condições da amostra. Os tubos foram homogêneos em agitador tipo Vortex (Nova Instruments, NI 1036, Brasil) por 5 segundos e aquecidos em banho maria a 37 °C por 30 min (Quimis, NI 226.1, Brasil). A leitura foi realizada no espectrofotômetro a 595 nm (Femto Instrumentos Ltda, Cirrus 80, Brasil). O resultado foi expresso em  $\mu\text{M}$  sulfato ferroso/100 g da amostra/base seca.

#### 4.4.4.2 Capacidade antioxidante por eliminação do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)

O teste de redução de radicais DPPH foi realizado de acordo com o método da AOAC (2012). A etapa de preparação consistiu em pipetar 500 µL/ml, 750 µL/ml e 1000 µL/ml dos extratos das farinhas (AC e AP), 350 µL/ml, 500 µL/ml e 600 µL/ml dos extratos das farinhas (EC, EP, FC e FP) em eppendorfs e o volume completado para 1ml com água destilada. 10 µL e 250 µL de (AC e AP), 25 µL e 200 µL (EC e EP) 40 µL e 350 µL (FC e FP) dos extratos foram adicionados aos tubos de ensaio protegidos com papel alumínio, em seguida 5 mL da solução de DPPH foi adicionada aos tubos (reagente DPPH- 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, água destilada e metanol) e homogeneizados em agitador tipo Vortex por 5 segundos e incubados em banho maria com agitação a 35 °C por 4 h (Quimis, NI 226.1, Brasil). A curva padrão foi obtida em solução padrão trolox 0,5 mg/mL, metanol e água destilada em concentrações que variaram de (20 µL a 100 µL) e o reagente DPPH foi adicionado nas mesmas condições da amostra. A leitura foi realizada no espectrofotômetro a 517 nm (Femto Instrumentos Ltda, Cirrus 80, Brasil). O resultado foi expresso em µM de trolox.100 g da amostra/base seca.

#### 4.4.4.3 Capacidade antioxidante por eliminação do radical ABTS•+(2,2'-azinobis(ácido 3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico)

A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS (ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico) foi realizada conforme Rufino *et al.* (2007). Para preparar o radical ABTS foi feita uma reação entre a solução estoque de ABTS 7 mM e persulfato de potássio 140 mM, ambos em água destilada, deixando a mistura em repouso no escuro à temperatura ambiente durante 16 h antes da utilização. A etapa de preparação consistiu em pipetar 500 µL/ml, 750 µL/ml e 1000 µL/ml dos extratos das farinhas (AP, EP e FP), 100 µL/ml, 150 µL/ml e 250 µL/ml dos extratos das farinhas (AC, EC e FC) em eppendorfs e o volume completado para 1 mL com água destilada. 30 µL dos extratos em eppendorfs e padrão foram adicionados aos tubos protegidos da luz e 3 mL da solução do radical ABTS foram adicionados e homogeneizados em agitador tipo Vortex para posterior leitura em espectrofotômetro a 734 nm (Femto Instrumentos Ltda, Cirrus 80, Brasil), após 6 minutos da mistura. Soluções etanólicas do padrão de Trolox 2 mM (ácido 6-hidroxi-2,3,7,8-

tetrametilcromano-2-carboxílico) a diferentes concentrações (0,5 a 10 mL) foram usadas para a calibração e o resultado expresso em  $\mu\text{M}$  de trolox.100 g da amostra/base seca.

#### 4.4.5 Atividade de Água e Umidade

A atividade de água foi determinada por ponto de orvalho em triplicata utilizando-se o equipamento Aqualab Series 3 TE à temperatura de 25°C, na faixa de leitura: 0,030 a 1,000 Aw e exatidão de  $\pm 0.003$ , de acordo com o método da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995).

A umidade foi obtida em triplicata pelo método gravimétrico o qual se baseia na perda de peso do material quando submetido a aquecimento de 105°C em estufa (Fanem, 320-SE, Brasil), até atingir o peso constante (AOAC, 2005).

#### 4.4.6 Coloração

Os parâmetros de coloração foram avaliados em um espectrofotômetro (Konica Minolta, CM-2300d, Tóquio, Japão), em triplicata, equipado com a escala CIELab. Foram avaliados os parâmetros colorimétricos  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (vermelho a verde) e  $b^*$  (amarelo a azul) das farinhas das casca e da polpa da banana verde e a partir dos resultados de  $a^*$  e  $b^*$  foi calculado o parâmetro  $h^\circ$  (tonalidade) eq.(2), e  $c^*$  (croma ou intensidade da cor) eq. (3) (LEÃO, 2013).

$$H^\circ = \arctan (b^*)/(a^*) \quad \text{eq. (2)}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{eq. (3)}$$

#### 4.4.7 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5%. As versões não paramétricas para análise de variância e comparação de médias (teste de Kruskal Wallis) ao nível de significância de 5% foram aplicadas para FRAP,  $L^*$  e  $h^\circ$ , dado que a transformação Box-Cox não foi suficiente para corrigir a falta de normalidade nestes casos. Para determinar se os compostos fenólicos estão associados à capacidade antioxidante, os coeficientes de correlação de Pearson foram calculados e sua significância estatística foi avaliada ao nível de 5%. Os compostos identificados por PS-MS das

farinhas de casca e de polpa obtidas por diferentes equipamentos foram avaliados utilizando a técnica multivariada de Análise de Agrupamentos. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico RStudio Team (2015).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Rendimento e tempo de secagem

O tempo de secagem das amostras de banana verde *Musa Cavendish* para cada equipamento está representado na Tabela 1.

**Tabela 1. Tempo de Secagem de cascas e polpas da banana verde *Cavendish* por diferentes equipamentos**

Equipamento	Tempo (min)	
	Casca	Polpa
<b>Estufa 70°C</b>	370	330
<b>Forno 180°C</b>	210	180
	Tempo (min) por abertura	
<b>Air Fryer 180°C</b>	Casca	Polpa
	18	16

O tempo de secagem obtido na estufa foi de 370 min (6 h-10 min) e 330 min (5 h-30 min), casca e polpa, respectivamente. O Forno a gás obteve um tempo de secagem em 210 min (3 h-30 min) e 180 min (3 h), casca e polpa. Apesar da secagem depender de manuseio constante do operador no equipamento Air Fryer, pode ser uma alternativa de secagem por porções obtendo-se menor tempo de secagem de 18 min para casca e 16 min para polpa.

Guiné *et al.* (2015) obteve um tempo semelhante de secagem em estufa a 70 °C com circulação de ar em 300 min para a polpa da banana *Cavendish* fatiada em 8 mm, não submetida a pré-tratamento, porém não foi citado o grau de maturação da banana.

Souza (2012) utilizou um tempo maior de secagem na polpa da banana verde *Prata*, grau 2 de maturação, espessura de 5 mm, submetida ao branqueamento, sendo em 12 horas, 720 min, para estufa com circulação de ar à 70°C. Anyasi, Jideani e Mchau (2018), também obtiveram a farinha da polpa da banana verde, grau 2 de maturação, de três variedades no tempo de 12 h em estufa com circulação de ar a 70 °C.

Para a casca de banana madura, não citado o cultivar, Morais *et al.* (2015) obtiveram um tempo de secagem de 24 h em estufa à 60 °C com circulação de ar, este mesmo tempo foi encontrado por Arquelau (2018) para cascas de banana *Prata* em estágio 7 de maturação secas em estufa a 60 °C com circulação de ar.

No entanto, a taxa de secagem varia de acordo com a temperatura do ar, tipo de equipamento, alimento, maturação, condições de operação e velocidade do ar (HELDMAN e HARTEL, 2000).

Para o rendimento, foram utilizados aproximadamente 1,8 kg de banana verde para cada equipamento. Os rendimentos das farinhas obtidas, cascas e polpas, estão representados na Tabela 2.

**Tabela 2. Rendimento das farinhas de banana verde *Cavendish* cascas e polpas, obtidas por diferentes equipamentos**

Equipamentos	Quantidade				Rendimento %	
	"ao natural"		Farinhas		Casca	Polpa
	Casca (g)	Polpa (g)	Casca (g)	Polpa (g)		
<b>Air Fryer</b>			48,00	212,00	9,58 <sup>a</sup>	30,11 <sup>b</sup>
<b>Estufa</b>	501	704	48,51	212,95	9,68 <sup>a</sup>	30,24 <sup>b</sup>
<b>Forno</b>			45,52	204,45	9,08 <sup>a</sup>	29,04 <sup>b</sup>

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem significativamente entre si.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os teores obtidos de farinhas empregando-se diferentes equipamentos, já o rendimento da casca em relação à polpa é menor, devido a proporção em que se encontra no fruto. Apesar do pequeno espaço para acondicionamento do alimento no equipamento Air Fryer a capacidade de secagem por compartimento obtiveram rendimentos de aproximadamente 10 g para a farinha da casca e 40 g para farinha da polpa. A soma dessas farinhas representa 25% em formulações com utilização de 200 g do total de farinha, por exemplo, o que se aplica na elaboração de produtos que normalmente se utiliza de 5% a 50% de farinha de banana verde em preparações como bolos, cookies, pães e massas em geral (SILVA, JUNIOR e BARBOSA, 2015).

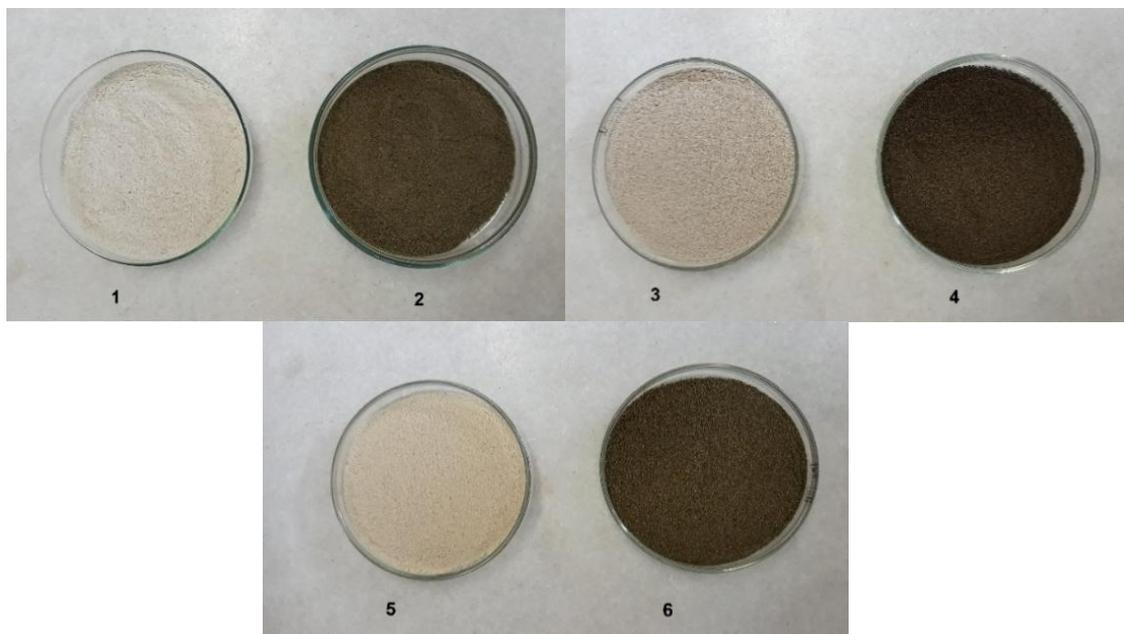
Valor semelhante foi encontrado por Souza (2012), que analisou o rendimento da farinha da polpa da banana verde *Prata*, grau 2 de maturação, em função da

temperatura e espessura e observou maior rendimento da farinha na espessura de 5 mm a 70 °C em estufa de circulação de ar com 29,29%. Junqueira *et al.* (2012) obtiveram rendimento semelhante para farinha de polpa da banana verde *Prata* em 30,87% e para a farinha da casca banana verde obteve maior valor, 11,15%, em estufa com circulação de ar a 70 °C, também na espessura de 5mm para a polpa e a casca no tamanho e espessura natural da fruta.

## 5.2 Coloração e Aspectos granulométricos das farinhas, casca e polpa, da banana verde *Cavendish*

As farinhas apresentaram-se finas e homogêneas, conforme exposto na Figura 18. A Figura é representada pelos seguintes números: (1) EP; (2) EC; (3) FP; (4) FC; (5) AP (6) AC. Farinhas: C: Casca; P: Polpa - Equipamentos: A: Air Fryer; E: Estufa; F: Forno.

**Figura 18. Coloração e Aspectos granulométricos: Farinhas da banana verde *Cavendish* – Polpas e Cascas**



Do Autor (2018).

Os resultados de cor das farinhas de banana verde obtidas pelos diferentes processos de secagem estão representados na Tabela 3, expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

**Tabela 3. Parâmetros colorimétricos de farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish*: L\* e h°**

Secagem	Parâmetros				
		L*	Médias	h°	Médias
Air Fryer	casca	43,35 $\pm$ 1,57	Casca	76,32 $\pm$ 0,22	Casca
	polpa	81,09 $\pm$ 0,52	41,93 <sup>a</sup>	81,48 $\pm$ 0,13	74,20 <sup>a</sup>
Estufa	casca	46,42 $\pm$ 0,71		76,58 $\pm$ 0,09	
	polpa	84,60 $\pm$ 0,25	Polpa	80,95 $\pm$ 0,40	Polpa
Forno	casca	36,00 $\pm$ 0,89	80,14 <sup>b</sup>	69,70 $\pm$ 0,08	79,90 <sup>b</sup>
	polpa	74,73 $\pm$ 0,47		77,28 $\pm$ 0,08	

Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os parâmetros L\* e h° apresentaram resultados significativos apenas para o fator farinha, casca e polpa, representado pelas médias de L\* (41,93 e 80,14) e médias de h° (74,20 e 79,90) respectivamente, sendo que os equipamentos não influenciaram na coloração das farinhas para esses parâmetros.

O ângulo de cor (h°) é utilizado como ferramenta para avaliar se a cor é percebida como vermelha, amarela, verde ou azul. Sendo assim, os valores variam de 0=vermelho, 90=amarelo, 180=verde e 270=azul (RAMALLO E MASCHERONI (2012). As farinhas, casca e polpa, apresentaram valores médios de h° de 74,20 e 79,90, respectivamente, sendo mais próxima do amarelo.

Os valores de luminosidade L\* variam do claro ao escuro, sendo o valor de 0 correspondente à cor preta e o valor 100 à cor branca (SAMPEDRO, FAN e RODRIGO, 2010). As farinhas de polpa apresentaram cores mais claras (maior valor de L\* média de 80,14) em relação às farinhas das cascas com (média de L\* 41,93). Podendo ser utilizadas em formulações sem risco de interferir na coloração do final do produto.

Nas farinhas de cascas a cor mais escura é atribuída a presença da clorofila, que quando degradada acarreta mudança da cor verde brilhante para verde oliva ou

marrom castanho, características da formação da feofitina e feoforbídeo (STREIT *et al.*, 2005).

O parâmetro de croma C\* apresentou resultado significativo apenas para o fator equipamento, sendo as médias 19,96; 14,84 e 15,62, para Air Fryer, Estufa e Forno, respectivamente, conforme Tabela 4. O equipamento Air Fryer obteve maior valor de C\*, que segundo Konica Minolta (2015) indica saturação da cor (intensa), o que pode ser observado pela Figura 18 número 5, em que a farinha da polpa obtida no Air Fryer apresentou uma cor amarela mais vívida.

**Tabela 4. Parâmetro colorimétrico de farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish*: C\***

Secagem	Parâmetro	
	C*	Médias
Air Fryer	casca	19,82 ± 0,30
	polpa	20,10 ± 0,29
Estufa	casca	18,52 ± 0,36
	polpa	11,16 ± 0,25
Forno	casca	14,64 ± 0,22
	polpa	16,60 ± 0,01

Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Teruel *et al.* (2015), observaram uma rápida evolução da cor, mesmo em tempo de secagem menor, de batatas “fritas” no equipamento Air Fryer, por meio dos parâmetros de L\* a\* e b\*, que resultaram em batatas escuras e mais amarelas semelhante à fritura em imersão, processo decorrente da reação de Maillard (escurecimento não enzimático), sendo que a alta velocidade do ar pode ter intensificado esse processo (BUDRYN, NEBESNY e ORACZ 2015).

As farinhas de polpas obtidas neste estudo também apresentaram texturas finas, homogêneas e de coloração amarelo claro, quando comparadas às farinhas obtidas por Souza (2012) para banana verde *Prata* em estufa com circulação de ar à 70°C.

Bezerra (2010) obteve valores de L\* superiores a 97,5 ± 0,12 em farinhas de polpa de banana verde *Cavendish Nanicão*, grau 1 de maturação, para secagem em leito de jorro. Alkarkhi *et al.* (2011) identificaram resultado semelhante ao obtido neste

estudo para a farinha de casca da banana verde *Cavendish*, grau 1 de maturação em estufa à 60 °C, com valor médio de  $L^*$  40,88 e para a farinha da polpa o valor de  $L^*$  obtido foi de 74,18.

### 5.3 Atividade de Água e Umidade

Os resultados de atividade de água ( $A_w$ ) e umidade das farinhas obtidas pelos diferentes processos de secagem estão representados na Tabela 5, média  $\pm$  desvio padrão de 3 determinações. A atividade de água apresentou resultados significativos para os dois fatores mutuamente: farinha (casca/ polpa) e equipamento. A umidade apresentou resultado significativo apenas para o fator equipamento, representado pelas médias 9,13%, 9,52% e 8,02%, para Air Fryer, Estufa e Forno, respectivamente.

**Tabela 5. Atividade de água ( $A_w$ ) e Umidade das farinhas da banana verde *Cavendish*, casca e polpa.**

Secagem	Parâmetros			
		$A_w$	Umidade %	Médias Umidade %
Air Fryer	casca	0,55 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	9,77 $\pm$ 0,06	9,13% <sup>ab</sup>
	polpa	0,48 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	9,26 $\pm$ 0,03	
Estufa	casca	0,48 $\pm$ 0,003 <sup>b</sup>	8,73 $\pm$ 0,09	9,52% <sup>a</sup>
	polpa	0,48 $\pm$ 0,002 <sup>b</sup>	9,53 $\pm$ 0,30	
Forno	casca	0,42 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	7,39 $\pm$ 0,11	8,02% <sup>b</sup>
	polpa	0,42 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	8,66 $\pm$ 1,30	

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Menor valor de umidade foi obtido nas farinhas empregando-se o equipamento Forno diferindo significativamente da Estufa, o que corrobora com os valores de atividade de água. Embora a  $A_w$  na farinha da casca obtida no Air Fryer tenha diferido significativamente dos demais tratamentos e entre si, todas apresentaram valores inferiores a 0,60 que, segundo Troller (1980), não permite o desenvolvimento de micro-organismos, sendo um indicador de estabilidade do produto e segurança microbiana. O teor de umidade encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução RDC ANVISA/MS nº 263 (BRASIL, 2005), que estabelece o padrão máximo 15% de umidade para farinhas.

Este trabalho obteve teores de umidade inferiores ao encontrado por Souza (2012) sendo  $11,4 \pm 0,35$  para a farinha da polpa da banana verde *Prata* seca em estufa à 70°C e semelhante ao encontrado por Fasolin *et al.* (2007) para a farinha da polpa da banana verde *Cavendish* que obtiveram umidade de 7,55% quando comparado ao Forno (8,02%). Para a farinha da casca da banana verde, Franco (2016) encontrou valor inferior para todas as farinhas obtidas nos diferentes equipamentos do presente estudo, com 6,94 % de umidade na estufa com circulação à 55°C no cultivar *Prata*. Sarda *et al.* (2016) analisaram 12 farinhas comerciais Brasileiras de banana verde *Cavendish* com e sem casca e a umidade variou de 3,65% a 10,60%. Não foram encontrados valores de umidade para a farinha da casca da banana verde *Cavendish*. No entanto, todos os achados se enquadram na legislação vigente para farinhas.

Em relação a atividade de água ( $A_w$ ), resultados semelhantes foram observados por Franco (2016) que obtiveram valores de  $A_w$  para farinha da banana verde cv. *Prata* seca em estufa à 55°C, com e sem casca, 0,47 e 0,48 respectivamente e também sem diferença estatística entre elas.

#### **5.4 Compostos Fenólicos Totais - Farinhas de casca e de polpa da banana verde *Cavendish***

Os valores dos compostos fenólicos totais das farinhas de casca e de polpa, estão representados na Tabela 6 e expressos em valores médios e  $\pm$  desvio padrão. A construção da curva analítica para a solução padrão de ácido gálico obteve um coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,9998$ ).

**Tabela 6. Compostos Fenólicos Totais (mg EAG.100 g<sup>-1</sup> base seca) das farinhas de casca e de polpa da banana verde *Cavendish***

<b>Equipamento</b>	<b>Casca</b>	<b>Polpa</b>	<b>Médias</b>
Air Fryer	1686,47 $\pm$ 84,95	200,23 $\pm$ 20,67	943,35 <sup>a</sup>
Estufa	690,49 $\pm$ 17,86	76,77 $\pm$ 3,20	383,62 <sup>b</sup>
Forno	465,92 $\pm$ 22,39	62,53 $\pm$ 4,01	264,22 <sup>c</sup>
<b>Médias</b>	947,63 <sup>a</sup>	113,18 <sup>b</sup>	-

Letras minúsculas iguais na coluna e linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O teor de compostos fenólicos apresentou resultado significativo para os dois fatores individualmente: farinha (casca/polpa) e equipamento. Independente do equipamento, maior concentração foi encontrada na farinha da casca em relação à polpa, com as médias de 947,63 mg EAG.100 g<sup>-1</sup> e 113,18 mg EAG.100 g<sup>-1</sup>, respectivamente, e maior teor de fenólicos totais foi encontrado nas farinhas obtidas nos equipamento Air Fryer seguido da Estufa e Forno a gás, em ordem crescente se tem: Air Fryer > Estufa > Forno.

O maior teor de fenólicos observado nas farinhas obtidas no equipamento Air Fryer, apesar da alta temperatura assim como o Forno, provavelmente se deve ao curto tempo de secagem e conseqüentemente menor exposição dos fenólicos ao efeito térmico (GARAU *et al.*, 2007; GÁLVEZ *et al.*, 2012).

Fatemeh *et al.* (2012), analisaram os fenólicos totais na farinha de casca da banana verde *Cavendish*, grau 2 de maturação, obtidas em estufa com circulação de ar à 50 °C e encontraram quantidade semelhante de 685,57 ± 0,80 mg EAG.100 g, em extração metanólica. Este estudo teve um diferencial em que a farinha de casca empregando-se o equipamento Air Fryer obteve maior valor de fenólicos totais em 1.686,47 ± 84,95 mg EAG.100 g.

Someya, Yoshiki e Okubo (2002) também encontraram maior teor de fenólicos totais na casca em relação à polpa liofilizadas da banana *Cavendish* de 907 mg/100g de peso seco e 232 mg/100 g de peso seco, respectivamente, não citaram o grau de maturação, no entanto, foram obtidos pelo método de Folin–Denis.

Outros estudos comparando os teores de compostos fenólicos de diferentes partes de frutos mostraram que, em geral, estes estão localizados preferencialmente em casca e sementes e em menor grau na polpa (LEÃO *et al.*, 2017).

Rebello *et al.* (2014) utilizando extração (metanol, água e ácido fórmico, 50:48,5:1,5 v/v/v), encontraram 29,2 mg EAG.100 g<sup>-1</sup> para a farinha da casca da banana *Cavendish* grau 5 de maturação obtida em estufa com circulação de ar à 55°C, inferior aos valores quantificados neste trabalho para todos os equipamentos.

Guiné *et al.* (2015) utilizaram a extração com metanol em farinha de polpa da banana *Cavendish*, não mencionado o grau de maturação, seca em estufa à 70 °C que resultou na concentração de 129 mg EAG.100 g<sup>1</sup>, superior à farinha de polpa

obtida na estufa deste trabalho  $76,77 \pm 3,20$  EAG.100 g<sup>-1</sup> e Forno  $62,53 \pm 4,01$  EAG.100 g<sup>-1</sup>, porém inferior à farinha de polpa obtida no equipamento Air Fryer  $200,23$  EAG.100 g<sup>-1</sup>.

Em cascas de banana *Prata* em estágio 7 de maturação, secas em estufa com circulação de ar à  $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, utilizando a extração metanol/acetona, Arquelau, (2018) encontrou valor inferior,  $83,05 \pm 12,46$  mg EAG.100 g<sup>-1</sup>, em relação a todas as farinhas de cascas da banana verde *Cavendish* deste estudo.

O teor de fenólicos totais deste trabalho, para as farinhas de casca e polpa obtidas no equipamento Air Fryer ( $1886,70$  mg EAG.100 g<sup>-1</sup>), foi superior em comparação com cascas e polpas liofilizadas (mg EAG.100 g) em seis frutas Brasileiras analisadas por Rufino *et al.* (2010), utilizando a mesma extração: metanol/água 50:50 v/v e acetona/água (70:30 v/v), que obtiveram valores de  $579 \pm 12,9$  para o cajá,  $830 \pm 26,5$  caju,  $830 \pm 28,3$  carnaúba,  $1117 \pm 67,1$  jambolão,  $935 \pm 37$  mangaba,  $742 \pm 19$  Umbu e semelhante para Uvaia  $1930 \pm 129$ , para o equipamento Estufa, a concentração de fenólicos totais encontrada nas farinhas de casca e polpa ( $767,26$  mg EAG.100 g<sup>-1</sup>) foi superior para o cajá e semelhante para o umbu, e para o Forno, casca e polpa ( $528,45$  mg EAG.100 g<sup>-1</sup>) foi inferior para todas as frutas analisadas.

Neste estudo, as farinhas de cascas e de polpas empregando-se diferentes equipamentos, obtiveram maiores valores de fenólicos totais quando comparadas as 10 farinhas comerciais analisadas por Rocchetti *et al.*, (2017): grão de bico (*Cicer arietinum* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.), arroz negro (*Oryza sativa* L.), lentilha (*Lens culinaris*, Med.), amaranto (*Amaranthus*, L.), arroz integral (*Oryza sativa* L.) aveia grão fino (*Avena sativa*, L.), arroz branco (*Oryza sativa* L.) e trigo mole (*Triticum* spp), utilizando extração (ácido fórmico 0,1%-metanol 70%), exceto as farinhas de polpas obtidas na Estufa ( $76,77 \pm 3,20$ ) e Forno ( $62,53 \pm 4,01$ ) que não foram superiores em 2 farinhas: quinoa ( $87,2 \pm 0,7$ ) e arroz preto ( $147,9 \pm 4,7$ ). O teor de fenólicos obtido (mg/GAE 100 g<sup>-1</sup>) das demais farinhas foram de  $45,4 \pm 1,6$  para o grão de bico, sorgo em  $31,6 \pm 1,1$ , lentilha  $42,1 \pm 1,9$ , amaranto  $27,6 \pm 1,6$ , arroz integral  $35,9 \pm 3,0$  aveia grão fino  $34,2 \pm 7,3$ , arroz branco  $18,3 \pm 0,6$  e trigo mole  $32,0 \pm 1,2$ .

É importante destacar que métodos diferentes de extração podem influenciar na concentração de compostos fenólicos, visto que a solubilidade destes compostos depende das características químicas e físicas das amostras e da polaridade dos solventes utilizados (DAI e MUMPER 2010; SANTOS e GONÇALVES, 2016).

### 5.5 Perfil de Fenólicos das farinhas de casca e de polpa da banana verde *Cavendish*

As farinhas obtidas foram submetidas à análise de cromatografia líquida de ultra eficiência com o objetivo de identificar e quantificar os compostos presentes na casca e polpa da banana verde. As curvas analíticas para cada padrão obtiveram valores de  $R^2$  maiores que 0,999. Todos os compostos representados pelas Tabelas 7 e 8 apresentaram resultados significativos apenas para o fator equipamento.

Conforme Tabela 7, não foi observado diferença significativa nas farinhas obtidas nos equipamento Air Fryer e Estufa para o ácido clorogênico. O ácido cafeico obteve menor valor na farinha obtida no Air Fryer sendo a média  $0,04 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  e não houve diferença estatisticamente significativa para Estufa e Forno  $0,27 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  e  $0,19 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente.

**Tabela 7. Perfil de compostos fenólicos em farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish* ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  / base seca): Ácido Clorogênico e Ácido Cafeico**

Secagem	Compostos				
		Ácido Clorogênico	Média	Ácido Cafeico	Média
Air Fryer	casca	$0,12 \pm 0,01^a$	Air Fryer	$0,03 \pm 0,02^a$	Air Fryer
	polpa	$0,09 \pm 0,03^a$	$0,10^a$	$0,05 \pm 0,02^a$	$0,04^a$
Estufa	casca	$0,10 \pm 0,01^a$		$0,27 \pm 0,05^b$	
	polpa	ND		ND	
Forno	casca	$0,20 \pm 0,02^b$		$0,19 \pm 0,04^b$	
	polpa	ND		ND	

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância ND: Não determinado

Os valores de rutina não diferiram significativamente nas farinhas obtidas no equipamento Air Fryer em relação aos equipamentos Estufa e Forno. Porém no Forno obteve menor valor  $0,66 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  em relação à Estufa. Não foram determinados

valores de quercetina nos tratamentos térmicos distintos e não houve diferença significativa para o ácido elágico, conforme Tabela 8.

**Tabela 8. Perfil de compostos fenólicos em farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish* (mg.100 g<sup>-1</sup> / base seca): Ácido Elágico, Rutina e Quercetina**

Secagem	Compostos			
		Ácido Elágico	Rutina	Quercetina
Air Fryer	casca	0,22 ± 0,12	1,06 ± 0,20 <sup>ab</sup>	ND
	polpa	ND	ND	ND
Estufa	casca	0,15 ± 0,01	1,71 ± 0,28 <sup>a</sup>	ND
	polpa	ND	ND	ND
Forno	casca	0,19 ± 0,07	0,66 ± 0,08 <sup>b</sup>	ND
	polpa	ND	ND	ND

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. ND: Não determinado

A catequina e o ácido gálico apresentaram resultados significativos nos dois fatores individualmente: farinha: (casca/polpa) e equipamento, conforme observado nas Tabelas 9 e 10. Para a catequina, observa-se diferença significativa entre farinha de casca e de polpa, sendo que o valor obtido na farinha de polpa é observado somente no equipamento Air Fryer. Não houve diferença estatisticamente significativa das farinhas obtidas no equipamento Air Fryer com relação à Estufa e Forno, já as farinhas obtidas no Forno obtiveram menor teor de catequina com relação à Estufa.

**Tabela 9. Perfil de compostos fenólicos (mg.100 g<sup>-1</sup> / base seca) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish*: Catequina**

Equipamento	Casca	Polpa	Médias <i>Equipamento</i>
Air Fryer	6,52 ± 0,70	0,76 ± 0,01	3,64 <sup>ab</sup>
Estufa	4,63 ± 0,63	ND	4,63 <sup>a</sup>
Forno	2,56 ± 0,04	ND	2,56 <sup>b</sup>
<b>Médias: casca/polpa</b>	4,57 <sup>a</sup>	0,76 <sup>b</sup>	-

Letras minúsculas iguais na coluna e linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. ND: Não determinado

O ácido gálico não diferiu estatisticamente nas farinhas obtidas nos equipamentos Estufa e Forno, sendo o maior valor observado no equipamento Air Fryer, bem como o maior teor foi observado em farinhas de cascas em relação às farinhas de polpas, conforme Tabela 10.

**Tabela 10. Perfil de compostos fenólicos (mg.100 g<sup>-1</sup> / base seca) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish*: Ácido Gálico**

Equipamento	Casca	Polpa	Médias <i>Equipamento</i>
Air Fryer	1211,74 ± 31,90	168,74 ± 46,57	690,24 <sup>a</sup>
Estufa	337,97 ± 19,82	50,69 ± 1,86	194,33 <sup>b</sup>
Forno	330,35 ± 21,25	29,56 ± 1,54	179,95 <sup>b</sup>
<b>Médias: casca/polpa</b>	626,68 <sup>a</sup>	82,99 <sup>b</sup>	-

Letras minúsculas iguais na coluna e linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. ND: Não determinado

Os compostos fenólicos podem ser significativamente afetados por tempo prolongado de secagem ou em altas temperaturas, ou por esses dois parâmetros (GÁLVEZ *et al.*, 2012; GARAU *et al.*, 2007). No entanto, como os ácidos fenólicos são extremamente instáveis, o menor valor de ácido cafeico obtido no Air Fryer, mas sem diferença entre Estufa e Forno, e maior valor de ácido clorogênico obtido no Forno, mas sem diferença entre Estufa e Air Fryer, pode ser parcialmente explicado pela diferente estabilidade térmica dos ácidos fenólicos, bem como maior impacto do equipamento Air Fryer, alta velocidade do ar, sobre o ácido cafeico. O ácido cafeico e ácido clorogênico parecem ser mais sensíveis a degradação por outros fatores além da relação tempo/temperatura, como luz, irradiação e ar (SUN *et al.*, 2013; XUE *et al.*, 2016; TIAN *et al.*, 2016).

Além disso, a atividade de água mais elevada, foi observada na farinha de casca obtida no Air Fryer  $0,55 \pm 0,01$ , em comparação às farinhas obtidas nos demais equipamentos, e as concentrações fenólicas também podem ser afetadas por esse parâmetro uma vez que esta expressa a disponibilidade da água para atividade microbológica, química e enzimática (MINATEL *et al.*, 2017). Contudo, o ácido gálico resultou em maior teor para as farinhas empregando-se o equipamento Air Fryer, sendo que este ácido fenólico parece ser mais estável às condições de alta velocidade do ar e menor degradação devido ao menor tempo de secagem.

Em relação a estabilidade dos ácidos fenólicos, esse achado também foi observado por Tian *et al.* (2016) em batatas roxas, onde a “fritura a ar” (Air Fryer), em comparação a vários métodos de cocção, obteve maiores perdas de ácidos fenólicos como ácido ferúlico, cafeico, cumárico e ácido clorogênico, no entanto, o ácido clorogênico ao empregar o Forno doméstico, não teve perdas significativas.

Maior concentração de rutina foi encontrada em casca da banana verde *Cavendish ao natural*, no grau 1 de maturação, em 16mg/100g por HPLC-DAD, com extração butanol: ácido acético: água - 4: 2: 1 e não foi detectada na polpa, o que corrobora com este trabalho, que somente foi identificada em cascas (KANAZAWA e SAKAKIBARA, 2000).

Méndez *et al.* (2003), ao quantificar a catequina em polpas maduras de bananas *ao natural* de duas cultivares *Pequeña Enana* e *Gran Enana*, extraídas com etanol a 80%, em diferentes métodos de cultivo e localização, obtiveram valores que variaram de 6,23 a 6,30 mg/100g por HPLC-DAD, concentrações semelhantes à farinha de casca obtida no Air Fryer.

Menores concentrações de ácido elágico por HPLC-UV-vis, foram encontrados em polpa de banana *Cavendish (Musa AAA)*, em extração metanólica a 80%. Observaram que ácido elágico se mostrou em nível baixo nos 5 primeiros dias pós-colheita e maior concentração aos 65 dias pós colheita, 0,0024mg/100g/peso fresco, no entanto, há um decréscimo após os 65 dias chegando a 0,0005 mg/100g/peso fresco em 85 dias pós colheita. (DONG, *et al.*, 2016). O baixo teor de ácido elágico pode estar relacionado às baixas concentrações nos primeiros dias pós-colheita da banana verde empregada neste estudo.

De acordo com Siriamornpun e Kaewseejan (2017), os compostos rutina, miricetina, apigenina e kaempferol estavam presentes em maiores concentrações em bananas verdes, enquanto que luteolina e quercetina eram mais predominantes na fruta madura. A quercetina não determinada neste trabalho, também pode estar associada à maturação da banana verde utilizada.

Maior teor de ácido cafeico, 0,71mg em 100g, foi encontrado em casca de banana madura liofilizada do cultivar Red Yade (AAB) (VU, SCARLETT e VUONG 2018).

Dos compostos fenólicos examinados por Anyasi, Jideani e Machau (2018), utilizando HPLC-DAD-ESI-MS, o ácido gálico não foi detectado em farinhas de polpas de bananas não comerciais : 'Luvhele' (Musa ABB), 'Mabonde' (Musa AAA) e 'Muomva-red' (Musa balbisiana) e comerciais: cultivar Williams, obtidas no estágio verde de maturação 2, secas em estufa com circulação de ar na temperatura de 70 ° C por 12 h.

No entanto, Méndez *et al.* (2003), relataram a presença de ácido gálico em polpas de 100 bananas maduras, por diferentes métodos de cultivo e localização, de duas cultivares *Pequeña Enana* e *Gran Enana* por HPLC-DAD, que variaram de  $0.87 \pm 0.66$  a  $1.08 \pm 0.81$  mg/100g/ peso fresco, concentrações menores que este estudo. Borges *et al.* (2014), também identificaram o ácido gálico por HPLC-UV-Visível em farinha de polpa banana madura de 9 diferentes genomas mantidos no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Frutas, também em concentrações inferiores que variaram de  $0.61 \pm 0.06$  a  $10.2 \pm 0.40$  µg/100g.

Sendo assim, sugere-se que a identificação e quantificação do ácido gálico estejam associadas às condições analíticas, extração, cultivares e grau de maturação da banana.

## **5.6 Espectrometria de massas com ionização paper spray PS-MS das farinhas obtidas**

Os compostos identificados por espectrometria de massas com ionização por paper spray PS-MS, em farinhas de banana verde *Cavendish*, casca e polpa, estão representados pelas Tabelas 11 e 12 em modo de ionização negativo e positivo, respectivamente.

Conforme Tabela 11, foi detectado um glicosídeo de ácido fenólico, ácido cumárico hexosídeo ( $[M-H]^-$   $m/z$  325), que resultou na perda de uma porção hexose  $m/z$  163 (AABY, EKEBERG e SKREDE, 2007; ABU-REIDAH *et al.*, 2015)

Os ácidos cafeico e clorogênico, foram identificados em  $m/z$  179 e 353, respectivamente, sendo representados pelos fragmentos 135  $[M-H-CO_2]^-$  para o ácido cafeico e os fragmentos 179  $[C_9H_7O_4]^-$  e 191  $[C_7H_{11}O_6]^-$  para o ácido clorogênico, sendo este formado a partir da reação de esterificação entre o ácido

trans-cinâmico (ou p-cumárico, ferúlico e caféico) com o ácido quínico (CHEN, INBARAJ e CHEN, 2012; NCUBE, *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2017).

O sinal de ( $[M-H]^-$   $m/z$  193) mostrou perda dos grupos  $[M-H-CH_3]^-$ ,  $[M-H-CO_2]^-$ ,  $[M-H-CH_3-CO_2]^-$ , fornecendo os fragmentos de  $m/z$  178, 149 e 134, respectivamente, e foi caracterizado como ácido ferúlico (WANG *et al.*, 2017; SUN *et al.*, 2007).

O íon de ( $[M-H]^-$   $m/z$  169) produziu o fragmento  $m/z$  125 que corresponde à eliminação de  $CO_2$  do ácido carboxílico e foi denominado ácido gálico.

O sinal de ( $[M-H]^-$   $m/z$  301) resultou em fragmentações de  $m/z$  284, 257 e 229, característicos do ácido elágico (LEE, *et al.*, 2005; WYREPKOWSKI, *et al.* 2014).

Comparando com os dados relatados, o íon ( $[M-H]^-$   $m/z$  289) foi designado como monômero de flavan-3-ol, catequina ou epicatequina, sendo os fragmentos produzidos  $m/z$  245, 205, 217 (WANG *et al.*, 2017; SUN *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2017).

O íon ( $[M-H]^-$   $m/z$  577) foi identificado como dímeros de procianidina do tipo B, tanino condensado, que resultou em fragmentos bem conhecidos na literatura 559, 451, 425, 407 e 289 (ZHANG *et al.*, 2017; SUN *et al.*, 2007; VALLS *et al.*, 2009).

Os íons ( $[M-H]^-$   $m/z$  593) e ( $[M-H]^-$   $m/z$  447) apresentaram fragmentações em  $m/z$  (285) e (285, 255, 227 e 327) e foram sugeridos como kaempferol-3-O-rutinosídeo e luteolina glicosídeo, respectivamente (TSAMO *et al.*, 2015; BRITO *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2017; SCHUTZ *et al.*, 2004).

O sinal de ( $[M-H]^-$   $m/z$  653) foi identificado como siringetina-3-rutinosídeo e sua fragmentação produziu íon de  $m/z$  345 referente a siringetina aglicona (REBELLO *et al.*, 2014; NAVARRO *et al.*, 2019).

O fragmento 301, resultante do íon ( $[M-H]^-$   $m/z$  609), pode ser atribuído a quercetina, sendo então o composto de  $m/z$  609 identificado como rutina (quercetina-3-O-rutinosídeo) (TSAMO *et al.*, 2015, REBELLO *et al.* 2014, WANG *et al.*, 2017).

O sinal de ( $[M-H]^-$   $m/z$  133) resultou na fragmentação em  $m/z$  115 e foi proposto como ácido málico. Para o íon ( $[M-H]^-$   $m/z$  191), com base nos fragmentos obtidos 111, 173 e 87, foi sugerido como ácido cítrico (ZHANG *et al.*, 2017, WANG *et al.*, 2017, SILVA *et al.*, 2019).

Com base no perfil de fragmentação em  $m/z$  71, 89 e 179, o sinal de  $[M-H]^-$   $m/z$  215) foi reconhecido como hexose (SILVA *et al.*, 2019).

Os íons com  $m/z$  483, 635 e 787 representam uma série homóloga de galoilglicose e foram identificados como digaloilglicose ( $m/z$  483), trigaloilglicose ( $m/z$  635) e tetragaloilglicose ( $m/z$  787), com base nas fragmentações obtidas (WYREPKOWSKI *et al.*, 2014; ABU-REIDAH *et al.*, 2015).

Quando o número de glicose é esterificado com cinco ou menos grupos galoil, os compostos resultantes são definidos como precursores de galotaninos (SALMINEN *et al.*, 1999; PINTO *et al.*, 2005).

**Tabela 11. Compostos identificados por PS-MS (modo negativo) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish*.**

Tentativa de Identificação	<i>m/z</i>	Fórmula molecular	MS/MS
<b>Ácidos hidroxicinâmicos</b>			
Ácido cumárico hexosídeo	325	C <sub>15</sub> H <sub>18</sub> O <sub>8</sub>	163
Ácido cafeico	179	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub>	135
Ácido clorogênico	353	C <sub>16</sub> H <sub>18</sub> O <sub>9</sub>	<b>191, 179, 173, 135</b>
Ácido ferúlico	193	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O <sub>4</sub>	178, 149, 134
<b>Ácidos Hidroxibenzóicos</b>			
Ácido gálico	169	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	125
Ácido elágico	301	C <sub>14</sub> H <sub>6</sub> O <sub>8</sub>	284, 257, 229
<b>Flavonas</b>			
Luteolina glicosídeo	447	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>11</sub>	285, 255, 227, 327
<b>Flavanóis</b>			
Catequina/epicatequina	289	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	245, 205, 217
Procianidinas B dímeros	577	C <sub>30</sub> H <sub>26</sub> O <sub>12</sub>	559, 451, 425, 407, 289
<b>Flavonóis</b>			
Kaempferol-3-O-rutinosídeo	593	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>15</sub>	285
Siringetina-3-rutinosídeo	653	C <sub>29</sub> H <sub>34</sub> O <sub>17</sub>	345
Rutina	609	C <sub>27</sub> H <sub>30</sub> O <sub>16</sub>	<b>301, 271, 255</b>
<b>Outros</b>			
Ácido málico	133	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	115
Ácido cítrico	191	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	173, 111, 87
Hexose	215	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	71, 89, 179
Digaloil glicose	483	C <sub>20</sub> H <sub>20</sub> O <sub>14</sub>	193, 170, 169, 271, 423
Tetragaloil glicose	787	C <sub>34</sub> H <sub>28</sub> O <sub>22</sub>	635
Trigaloil glicose	635	C <sub>27</sub> H <sub>24</sub> O <sub>18</sub>	483, 465

De acordo com a Tabela 12, O íon ( $[M+H]^+$   $m/z$  463) foi identificado como diosmetina-C-glicosídeo, contudo o fragmento  $[M+H-4H_2O]^+$   $m/z$  391 apenas foi relatado em isômeros C-6, a ausência desse fragmento sugeriu a glicosilação na posição 8 para esta flavona-C-glicosídeo, no entanto, o mesmo padrão de fragmentação também sugeriu como *crisoeriol*-8-C-glicosídeo (BRITO *et al.*, 2014; ZHENG *et al.*, 2013; ABAD-GARCÍA *et al.*, 2008).

Os íons de ( $[M+H]^+$   $m/z$  317 e 465) foram atribuídos como Ramnetina e Miricetina ramnosídeo, respectivamente, em comparação com as fragmentações descritas (LEE *et al.*, 2005, ABU-REIDAH *et al.*, 2015; CHAUDHARY *et al.*, 2011).

Os sinais ( $[M+H]^+$   $m/z$  175 e 381) foram sugeridos como o aminoácido L-arginina e sacarose, respectivamente. Tais caracterizações se devem ao perfil de fragmentação observado por Silva *et al.* (2019) utilizando a espectrometria de massas com ionização por paper spray e por comparações com outros estudos (MATHEW *et al.*, 2015; OVERY *et al.*, 2008).

Com base no íon ( $[M+H]^+$   $m/z$  397) e no padrão de fragmentação relatado, 243  $[C_{18}H_{27}]^+$ , 396  $[M-H_2O]^+$ , foi proposto como Sitosterol (SUTTIARPORN *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2017; PALMGREN *et al.*, 2005).

Derivados iridóides e cumarínicos foram propostos neste estudo e caracterizados como Morronosídeo ( $[M+H]^+$   $m/z$  429) e Umbeliferona ( $[M+H]^+$   $m/z$  163), respectivamente, com base no padrão de fragmentação obtido em comparação com dados na literatura. O fragmento de  $m/z$  267 do precursor ( $[M+H]^+$   $m/z$  429) foi gerado pela perda de uma porção de glicose (ZHAO *et al.*, 2015; GUO *et al.*, 2017; ABU-REIDAH *et al.*, 2015).

Morronosídeo e Umbeliferona têm sido associados à efeitos anti-inflamatórios, antioxidante e antimicrobianos. Morronosídeo é um glicosídeo iridóide mais abundante no *Cornus officinalis*, já a Umbeliferona pertence as cumarinas e é encontrada em muitas plantas, mais predominante nas famílias Rutaceae, Apiaceae e Asteraceae. (ZHOU *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2017; PI *et al.*, 2017; OUYANG *et al.*, 2019; MAZIMBA, 2017).

**Tabela 12. Compostos identificados por PS-MS (modo positivo) em farinhas, cascas e polpas, de banana verde *Cavendish*.**

<b>Tentativa de Identificação</b>	<b><i>m/z</i></b>	<b>Fórmula molecular</b>	<b>MS/MS</b>
<b><i>Flavonas</i></b>			
Diosmetina-8-C glicosídeo/Crisoeriol-8-C-glicosídeo	463	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	445, 343
<b><i>Flavonóis</i></b>			
Ramnetina	317	C <sub>16</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	300, 165, 154
Miricetina ramnosídeo	465	C <sub>21</sub> H <sub>20</sub> O <sub>12</sub>	447, 361, 341
<b><i>Outros</i></b>			
L arginina	175	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	129
Umbeliferona	163	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	133, 117
Sacarose	381	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	201,219
β-Sitosterol	397	C <sub>29</sub> H <sub>50</sub> O	243,396
Morrónisídeo	429	C <sub>17</sub> H <sub>26</sub> O <sub>11</sub>	267

Os compostos identificados por PS-MS estão representados pela Tabela 13, em farinha da casca e da polpa da banana verde *Cavendish* para cada equipamento.

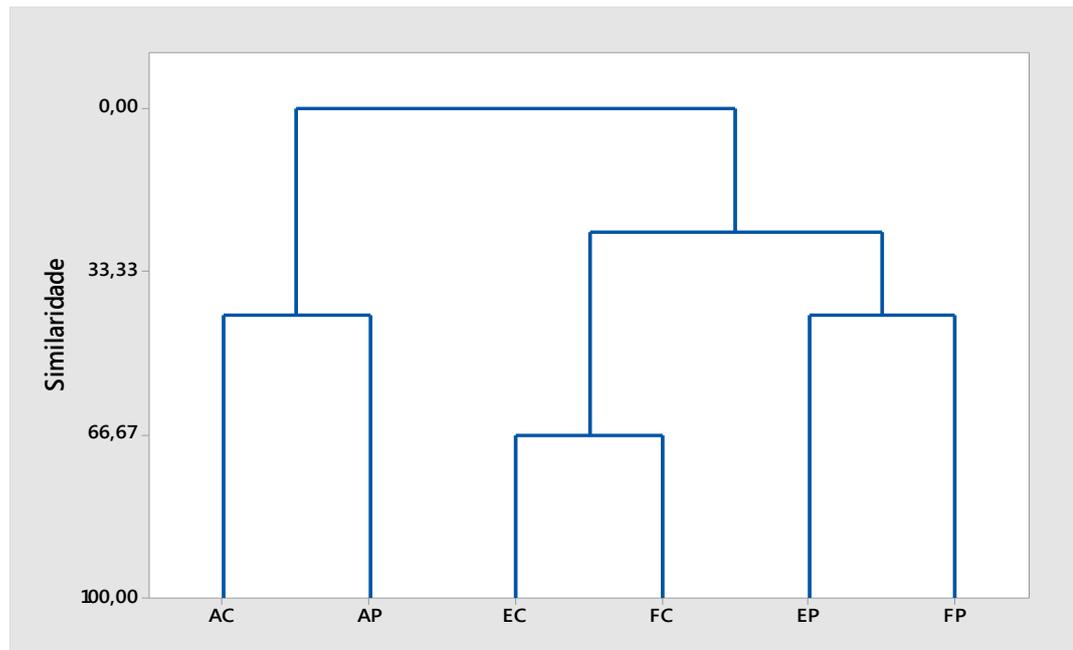
**Tabela 13. Compostos identificados por PS(-/+)-MS em farinhas de banana verde *Cavendish*, cascas e polpas, por tratamentos térmicos distintos.**

Compostos	[+][-]	AC	AP	EC	EP	FC	FP
<b>Ácidos hidroxicinâmicos</b>							
Ácido cumárico hexosídeo	-	X	X	X	X	X	X
Ácido cafeico	-	X	X	X	X	X	X
Ácido clorogênico	-	X	X	X	X	X	X
Ácido ferúlico	-	X	X	X	X	X	X
<b>Ácidos Hidroxibenzóicos</b>							
Ácido gálico	-	X	X	X	X	X	X
Ácido elágico	-	X	X	X	X	X	X
<b>Flavonas</b>							
Diosmetina8-C glicosídeo/ Crisoeriol-8-C-glicosídeo	+	X					
Luteolina glicosídeo	-	X	X				
<b>Flavanóis</b>							
Catequina/epicatequina	-	X	X	X	X	X	X
ProcianidinasB dímeros	-	X	X	X	X		
<b>Flavonóis</b>							
Kaempferol-3-O-rutinosídeo	-	X					
Siringetina3-rutinosídeo	-	X	X	X	X	X	X
Rutina	-	X		X		X	
Ramnetina	+	X	X	X	X	X	X
Miricetina ramnosídeo	+	X	X				
<b>Outros</b>							
Ácido málico	-	X	X	X	X	X	X
Ácido cítrico	-	X	X	X	X	X	X
Hexose	-	X	X	X	X	X	X
Digaloil glicose	-	X	X	X	X	X	
Tetragaloil glicose	-	X	X	X		X	
Trigaloil glicose	-	X	X	X	X	X	
L arginina	+		X		X	X	X
Umbeliferona	+	X					
Sacarose	+	X	X	X	X	X	X
β-Sitosterol	+	X					
Morronisídeo	+	X	X	X	X	X	X

A: Air Fryer; E: Estufa; F: Forno - C: Casca; P:Polpa

De acordo com a Tabela 13, utilizando-se a técnica multivariada Análise de Agrupamentos, as seis farinhas foram agrupadas conforme seus níveis de similaridade, conforme o Gráfico 4.

**Gráfico 4. Similaridade das farinhas de casca e de polpa da banana verde *Cavendish* - Análise de Agrupamentos.**



A: Air Fryer; E: Estufa; F: Forno - C: Casca; P: Polpa

Dessa forma se tem: grupo (AC e AP), grupo (EC e FC) e grupo (EP e FP). Os equipamentos Estufa e Forno, foram similares para as farinhas de cascas (EC e FC) e para as farinhas de polpas (EP e FP), sendo observada maior similaridade para as farinhas de cascas (EC e FC). O equipamento Air Fryer foi similar para casca e polpa (AC e AP), no entanto se diferencia dos demais grupos, o que foi possível observar na Tabela 13 a presença de todos os compostos neste equipamento.

Dos compostos identificados por PS-MS muitos foram encontrados em farinhas de cascas e de polpas da banana verde *Cavendish*, no entanto, os compostos: Diosmetina ou Crisoeriol; Kaempferol-3-O-rutinosídeo, Umbeliferona,  $\beta$ -Sitosterol e rutina, foram detectados apenas em farinhas de cascas, conforme Tabela 13. Oliveira *et al.* (2008), observaram que o  $\beta$ -Sitosterol era mais predominante em cascas que polpas de bananas verdes '*Dwarf Cavendish*'. Tsamo *et al.*, (2015) também identificaram Kaempferol e rutina apenas em casca de banana madura liofilizada cv.

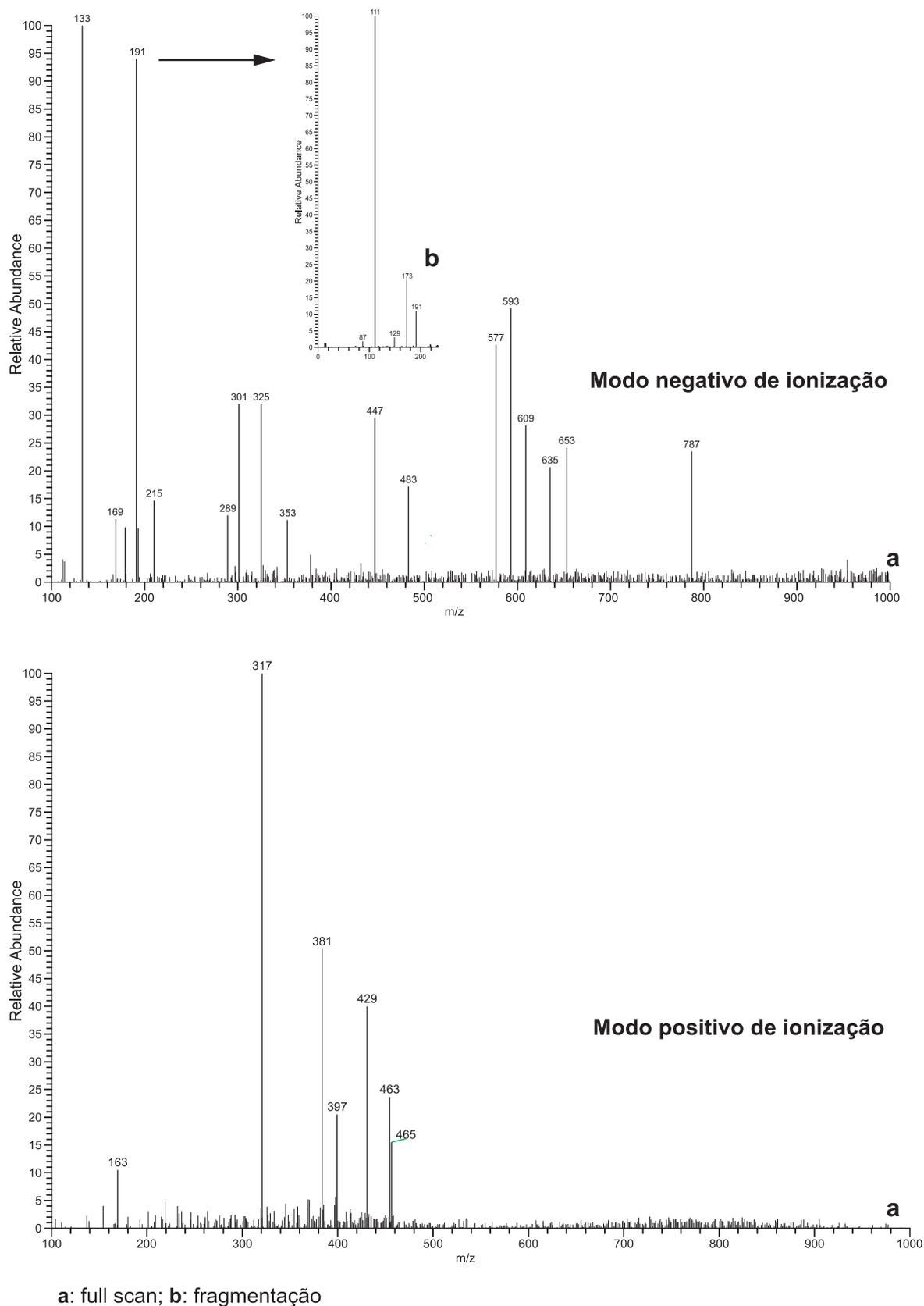
*Red Yade* por HPLC-DAD-ESI-MS e observaram ácido ferúlico, ácido cafeico e miricetina também em cascas e polpas.

A rutina identificada neste estudo também corrobora com Kanazawa e Sakakibara (2000), que não identificaram rutina em polpas de banana verde *Cavendish* grau 1 de maturação. No entanto, Siriamornpun e Kaewseejan (2017) identificaram rutina por HPLC-DAD em polpa liofilizada de banana verde *Musa sapientum* L. Someya *et al.* (2002), também identificaram catequina e epicatequina em cascas e polpas liofilizadas da banana *Cavendish*, por HPLC-UV-vis, no entanto, não citaram o grau de maturação. De acordo com Moraes *et al.* (2015), o ácido cítrico foi identificado por UPLC-ESI-MS, na polpa de banana madura e não detectada na casca, e ácido málico em polpas e cascas, já neste trabalho o ácido cítrico em banana verde *Cavendish* também foi identificado em cascas.

No entanto, por se tratar de uma análise qualitativa é necessária a quantificação dos compostos para determinar melhor a predominância em cascas/polpas e equipamentos.

Estão ilustrados na Figura 19, os espectros de massas obtidos por PS-MS da farinha de casca da banana verde *Cavendish* empregando-se o equipamento Air Fryer.

Figura 19. Espectros de massas por PS(-/+)-MS de farinha de casca de banana verde *Cavendish* obtida no equipamento Air Fryer



Levando em consideração que vários parâmetros influenciam na resposta do sinal iônico, sendo assim, a intensidade do sinal dos espectros obtidos não está relacionada apenas com a concentração do analito. Além disso, uma amostra pode conter uma concentração alta de determinado analito sem que o espectro seja dominado por ela (WILM, 2011; SJÖBERG *et al.*, 2001), isso pode ser devido a uma quantidade limitada de carga nas gotículas ou a saturação delas com analito, inibindo assim a ejeção de íons (JESSOME e VOLMER, 2016). Vale ressaltar que a supressão de um determinado analito não se limita apenas às interfaces de MS (ANNESLEY, 2003).

Do perfil de fenólicos identificados, bem como outros compostos, todos já foram relatados em cascas e/ou polpas de bananas em diferentes cultivares e grau de maturação, exceto uma flavona glicosídeo diosmetina ou crisoeiril, umbeliferona e morronisídeo, que podem ser sugeridos pela primeira vez em banana (RUSSELL *et al.*, 2009, MÉNDEZ *et al.*, 2003, BORGES *et al.*, 2014; MORAIS, *et al.*, 2015; DONG, *et al.*, 2016; TSAMO *et al.*, 2015; REBELLO, *et al.*, 2014; VU, *et al.*, 2018; SINGH *et al.*, 2016).

Em bananas verdes, são documentados os compostos kaempferol, miricetina, quercetina, epicatequina, luteolina, apigenina em polpas, ácido ferúlico, cumárico, e naringina em cascas e  $\beta$ -sitosterol e rutina em cascas e polpas, de diferentes cultivares, além de taninos, açúcares e ácidos orgânicos (KANAZAWA e SAKAKIBARA, 2000; ANYASI, JIDEANI e MACHAU, 2018; OLIVEIRA, *et al.*, 2008; SIRIAMORNUN e KAEWSEEJAN, 2017; VU, *et al.*, 2018; SINGH *et al.*, 2016; ALKARKHI *et al.*, 2011; MADUWANTHI e MARAPANA, 2017). No entanto, poucos estudos avaliaram conjuntamente os compostos bioativos em cascas e polpas de bananas verdes, sendo os compostos rutina e naringina em cascas da banana *Cavendish* e não detectados em polpas e  $\beta$ -sitosterol em cascas e polpas da *Cavendish* (KANAZAWA e SAKAKIBARA 2000; OLIVEIRA, *et al.*, 2008). Dessa forma, os demais compostos identificados por PS-MS neste estudo, foram caracterizados em pela primeira vez em farinhas de cascas e de polpas da banana verde *Cavendish*.

É importante destacar que, a quantidade ou a presença de compostos fenólicos individuais, bem como a atividade antioxidante, vão diferir entre os cultivares, condições endofoclimáticas (solo, temperatura, luminosidade, umidade relativa),

condições de manejo (adubação, irrigação), cultivo orgânico e convencional, pré-tratamentos (branqueamento), métodos de secagem, maturação, armazenamento, extração (solventes) e as condições analíticas (VU, SCARLETT e VUONG 2018; REBELLO *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2016; PÉREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2008).

### 5.7 Atividade Antioxidante

Todas as amostras neutralizaram o radical DPPH a partir da concentração de 10µl, o radical ABTS•+ em 30 µl e atividade de redução do ferro (FRAP) na concentração de 90 µl. A curva padrão gerada apresentou valor de R<sup>2</sup> acima de 0,999 para os três métodos. Os resultados para DPPH e ABTS foram expressos em µM trolox/100g e FRAP µM sulfato ferroso/100g em base seca.

A capacidade antioxidante por eliminação de radicais DPPH conforme Tabela 14, apresentou resultado significativo para os dois fatores individualmente: farinha(casca/polpa) e equipamento, representada pelas médias 6745,88 µM trolox.100g, 3642,67 µM trolox.100g e 2251,96 µM trolox.100g para os equipamentos Air Fryer, Estufa e Forno, respectivamente, sendo a farinha de casca em 7813,93 µM trolox.100g e 613,07 µM trolox.100g para farinha de polpa. Observa-se diferença significativa entre farinhas de casca e polpa e entre os equipamentos, sendo as farinhas obtidas no Air Fryer as de maior capacidade de eliminação do DPPH, na ordem crescente se tem: Air Fryer > Estufa > Forno e Casca > Polpa, o que corrobora com o teor obtido de compostos fenólicos totais, também nessa ordem.

**Tabela 14. Atividade antioxidante das farinhas da banana verde *Cavendish*, cascas e polpas, no sequestro do radical DPPH**

Equipamento	Casca	Polpa	Médias <i>Equipamento</i>
Air Fryer	12597,83 ± 690,13	893,93 ± 153,90	6745,88 <sup>a</sup>
Estufa	6661,92 ± 961,78	623,41 ± 68,52	3642,67 <sup>b</sup>
Forno	4182,05 ± 279,93	321,87 ± 17,79	2251,96 <sup>c</sup>
<b>Médias:</b> <b>casca/polpa</b>	7813,93 <sup>a</sup>	613,07 <sup>b</sup>	-

Letras minúsculas iguais na coluna e linha não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A atividade antioxidante por ABTS de acordo com a Tabela 15, apresentou resultado significativo para os dois fatores mutuamente: farinha(casca/polpa) e equipamento. Não houve diferença estatisticamente significativa entre a farinha de polpa obtida na Estufa com as farinhas de polpa e casca obtidas no Forno e farinha de polpa obtida no Air Fryer com a farinha de casca empregando o equipamento Estufa. Ao avaliar as farinhas de casca e polpa, utilizando o mesmo equipamento, estas se diferem estatisticamente, sendo a atividade antioxidante maior na farinha de casca que em polpa e a farinha de casca obtida no Air Fryer a de maior atividade antioxidante.

**Tabela 15. Atividade antioxidante das farinhas da banana verde *Cavendish*, cascas e polpas, no sequestro do radical ABTS**

<b>Equipamento</b>	<b>Casca</b>	<b>Polpa</b>
Air Fryer	3655,05 ± 203,51 <sup>d</sup>	1565,45 ± 307,74 <sup>a</sup>
Estufa	2084,09 ± 205,67 <sup>a</sup>	347,11 ± 18,80 <sup>bc</sup>
Forno	890,03 ± 146,55 <sup>c</sup>	268,01 ± 13,29 <sup>b</sup>

Letras minúsculas iguais nas colunas e linhas não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A atividade antioxidante pela técnica de FRAP apresentou resultado significativo apenas para o fator farinha(casca/polpa), representada pelas médias 22988,37 µM sulfato ferroso.100g para casca e 1164,21 µM sulfato ferroso.100g para polpa, conforme Tabela 16.

**Tabela 16. Atividade antioxidante das farinhas da banana verde *Cavendish*, cascas e polpas no poder reducional do Ferro (FRAP).**

<b>Equipamento</b>	<b>Casca</b>	<b>Polpa</b>
Air Fryer	35092,77 ± 1407,77	1750,02 ± 108,29
Estufa	20695,46 ± 436,52	1035,44 ± 116,42
Forno	13176,86 ± 1167,6	707,17 ± 28,83
<b>Médias: casca/polpa</b>	22988,37 <sup>a</sup>	1164,21 <sup>b</sup>

Letras minúsculas iguais na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Embora as concentrações de fenólicos totais nas farinhas empregando diferentes equipamentos foram obtidos nesta ordem: Air Fryer > Estufa > Forno, os tipos de compostos fenólicos e a presença de outros antioxidantes não fenólicos, como se pode observar por PS-MS, bem como as diferenças observadas dos compostos quantificados por UPLC–UV-Vis entre os equipamentos, além de outros compostos não quantificados, podem ter contribuído para as variações nos métodos de ABTS e FRAP (SULAIMAN *et al.*, 2011; SOMEYA *et al.*, 2002; ANYASI, JIDEANI e MACHAU 2015).

Aquino *et al.*, (2016) também observou maior atividade antioxidante na casca em relação à polpa da banana verde *Cavendish ao natural*, expressos como porcentagem de remoção radical DPPH, sendo 66,72% na polpa e 85,28% para a casca, grau de maturação 1, totalmente verde.

Fatemeh *et al.*, (2012), encontraram valores de atividade antioxidante, também expressos como porcentagem de remoção do radical DPPH, maiores na farinha da casca da banana verde *Cavendish*  $52,66 \pm 0,82$  que na farinha da polpa  $35,21 \pm 0,98$ , obtidas em estufa com circulação de ar a 50 °C, não mencionado o tempo de secagem.

Para o ensaio de ABTS, Guiné *et al.*, (2015) obtiveram valores de 380 µM Trolox-100 g-peso seco, para o extrato metanólico da farinha de polpa da banana *Cavendish* seca em estufa com circulação de ar à 70 °C por 300 min, no entanto não citou o grau de maturação, sendo superior para as farinhas obtidas no Forno 268,01 µM Trolox-100 g, semelhante na Estufa 347,11 µM Trolox-100 g e inferior nas farinhas empregando o equipamento Air Fryer 1.565,45268,01 µM Trolox-100 g.

Rebello *et al.* (2014) avaliaram os ensaios de ABTS e FRAP para a farinha da casca da banana *Cavendish* madura, grau 5, obtida em estufa com circulação de ar à 55°C, onde resultou em 24.220 µM Trolox-100 g, para o ABTS valor superior ao encontrado neste estudo para todas as farinhas de cascas dos equipamentos e valor de FRAP em 1.400 µM Trolox-100 g, valor este inferior ao encontrado em todas as cascas neste estudo, no entanto o Trolox foi utilizado como padrão. A extração consistia de solventes (metanol, água e ácido fórmico, 50:48,5:1,5 v/v/v).

Arquelau (2018), ao avaliar a atividade antioxidante utilizando extração metanólica-acetônica em cascas de banana *Prata* em estágio 7 de maturação, secas em estufa com circulação de ar à  $60 \pm 5$  °C por 24 horas, obteve valores de 846 µM

Trolox-100 g para ABTS, 1.273  $\mu\text{M}$  sulfato ferroso-100 g para FRAP e 1.131  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g para DPPH, valores inferiores ao encontrado neste trabalho para as farinhas obtidas nos equipamentos Air Fryer e Estufa, no entanto a farinha de casca obtida no Forno apresentou resultado semelhante (890,03  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g) para o ABTS.

Os valores obtidos neste estudo para os ensaios DPPH e ABTS em farinhas de casca e de polpa empregando os diferentes equipamentos foram superiores aos encontrados em farinhas de berinjela secas em estufa com circulação à 50 °C por 16 h, em extração metanólica, ABTS: 6,35  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g e DPPH: 5,48  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g (JIMENEZ *et al.*, 2018).

Considerada uma “super fruta” devido ao seu notável conteúdo fenólico e capacidade antioxidante, o valor de FRAP (22553  $\mu\text{M}$ /sulfato ferroso-100 g) em cascas secas de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) em estufa com circulação de ar à 40°C, foi superior em farinhas de polpas empregando os diferentes equipamentos e superior à farinha de casca obtida no Forno, no entanto, o resultado foi semelhante à farinha de casca obtida em Estufa (20695,46  $\mu\text{M}$ /sulfato ferroso-100g) e inferior para a casca obtida no equipamento Air Fryer (35092,77  $\mu\text{M}$ /sulfato ferroso-100g) (GARCIA, FERNANDES e CONCEIÇÃO, 2019).

O resultado para o ensaio de ABTS apresentado neste trabalho para as farinhas de casca e polpa obtidas no equipamento Air Fryer (5220,50  $\mu\text{M}$  Trolox-100g) foi superior para duas frutas (Cajá e Carnaúba) liofilizadas, cascas e polpas, analisadas por Rufino *et al.*, (2010), utilizando extração acetona 70% (v/v) e metanol 50% (v/v), que obtiveram valores de 1.640  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g para Carnaúba e 4.070  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g para Cajá, para o valor obtido na Estufa deste estudo (2431,20  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g) foi superior apenas para a Carnaúba, para o Forno (1158,04  $\mu\text{M}$  Trolox-100 g) o valor obtido foi inferior em todas as frutas analisadas.

Para o ensaio de FRAP as farinhas obtidas no equipamento Air Fryer, casca e polpa (36842,79  $\mu\text{M}$ /sulfato ferroso-100 g) foram superiores em nove frutas: cajá 9.760; caju 15.400; carnaúba 1.880; gurguri 27.400, jambolão 17.300, mangaba 16.300, murici 33.400, murta 29.900 e umbu 14.300, as obtidas no equipamento Estufa (21730,90  $\mu\text{M}$ /sulfato ferroso-100 g) foram superiores em 5 frutas: cajá, caju,

carnaúba, jambolão, mangaba e umbu, e no equipamento Forno (13884,03 µM/sulfato ferroso-100 g) foi superior em duas frutas: cajá e carnaúba.

### 5.8 Coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos.

A contribuição dos compostos fenólicos totais na atividade antioxidante das farinhas obtidas por diferentes equipamentos foi significativa e está fortemente e positivamente correlacionada para os três ensaios (DPPH, ABTS e FRAP), conforme exposto nas Tabelas 17, 18 e 19, bem como apresentaram correlações positivas e fortes entre os métodos indicando que os ensaios antioxidantes são consistentes entre si.

As correlações significativas e positivas também foram observadas em dois compostos fenólicos (catequina e ácido gálico) para as farinhas obtidas no equipamento **Air Fryer** conforme Tabela 17.

Para os equipamentos **Estufa e Forno** apenas o ácido gálico apresentou correlação significativa e positiva nas farinhas obtidas nestes equipamentos, conforme Tabelas 18 e 19.

Não foi possível calcular o coeficiente de correlação Pearson para ácido elágico, rutina, ácido cafeico, ácido clorogênico e catequina, para as farinhas empregando os equipamentos Forno e Estufa e ácido elágico e rutina para equipamento Air Fryer, devido ao tamanho reduzido da amostra.

**Tabela 17. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos de farinhas de cascas e polpas obtidas no equipamento Air Fryer**

	<b>Fenólicos Totais</b>	<b>FRAP</b>	<b>ABTS</b>	<b>Ácido Clorogênico</b>	<b>Ácido Cafeico</b>	<b>Catequina</b>	<b>Ácido Gálico</b>
<b>DPPH</b>	<b>0,998</b>	<b>0,995</b>	<b>0,974</b>	0,635	-0,747	<b>0,999</b>	<b>0,992</b>
	0,000	0,000	0,005	0,365	0,253	0,001	0,008
<b>ABTS</b>	<b>0,976</b>	<b>0,982</b>		0,562	-0,700	<b>0,958</b>	<b>0,977</b>
	0,004	0,003		0,438	0,300	0,042	0,023
<b>FRAP</b>	<b>0,994</b>			0,659	-0,697	<b>0,991</b>	<b>0,999</b>
	0,000			0,341	0,303	0,009	0,001

*Conteúdo das Linhas: Correlação de Pearson e Valor-p*

**Tabela 18. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos de farinhas de cascas e polpas obtidas no equipamento Estufa**

	<b>Fenólicos Totais</b>	<b>FRAP</b>	<b>ABTS</b>	<b>Ácido Gálico</b>
<b>DPPH</b>	<b>0,984</b>	<b>0,983</b>	<b>0,998</b>	<b>0,991</b>
	0,000	0,000	0,005	0,009
<b>ABTS</b>	<b>0,990</b>	<b>0,987</b>		<b>0,987</b>
	0,001	0,002		0,013
<b>FRAP</b>	<b>0,998</b>			<b>0,999</b>
	0,000			0,001

*Conteúdo das Linhas: Correlação de Pearson e Valor-p*

**Tabela 19. Coeficiente de correlação de Pearson entre os ensaios antioxidantes, fenólicos totais e perfil de compostos fenólicos de farinhas de cascas e polpas obtidas no equipamento Forno**

	<b>Fenólicos Totais</b>	<b>FRAP</b>	<b>ABTS</b>	<b>Ácido Gálico</b>
<b>DPPH</b>	<b>0,997</b>	<b>0,995</b>	<b>0,984</b>	<b>0,994</b>
	0,000	0,000	0,003	0,006
<b>ABTS</b>	<b>0,965</b>	<b>0,995</b>		<b>0,956</b>
	0,008	0,000		0,044
<b>FRAP</b>	<b>0,988</b>			<b>0,980</b>
	0,000			0,020

*Conteúdo das Linhas: Correlação de Pearson e Valor-p*

Sulaiman, *et al.*, (2011) observaram correlações inferiores nos ensaios de FRAP ( $r^2 = 0,1614$ ,  $p < 0,0001$ ) e DPPH ( $r^2 = 0,02339$ ,  $p < 0,05$ ) de oito cultivares de banana madura casca e polpa, indicando que os compostos fenólicos totais não foram os únicos contribuintes para as atividades antioxidantes.

No entanto, Sarawong *et al.*, (2014) obtiveram correlações positivas e significativas de DPPH ( $r^2 = 0,934$ ,  $p < 0,01$ ) ABTS ( $r^2 = 0,916$ ,  $p < 0,01$ ) e FRAP ( $r^2 = 0,920$ ,  $p < 0,01$ ) com compostos fenólicos totais em farinha comercial de banana verde, semelhantes aos encontrados neste estudo.

Sugere-se que, do perfil de fenólicos quantificados, o ácido gálico e catequina foram os mais importantes contribuintes para a atividade antioxidante nas farinhas de

banana verde obtidas no equipamento Air Fryer, e ácido gálico nos equipamentos Estufa e Forno. Os compostos fenólicos são considerados os mais importantes antioxidantes em vegetais. Diferentes relatos de correlação da atividade antioxidante com compostos fenólicos são encontrados na literatura, no entanto, outros não encontraram tal relacionamento, o que explica que o tipo e a quantidade de outros compostos fenólicos, bem como a presença de antioxidantes não fenólicos como vitaminas, carotenoides, aminas biogênicas e de produtos sintetizados da reação de Maillard, também contribuem para essa funcionalidade (SULAIMAN, *et al.*, 2011; SOMEYA *et al.*, 2002; ANYASI, JIDEANI e MACHAU 2015).

O ácido gálico tem sido relatado como potente antioxidante e um eficiente agente indutor de apoptose de células cancerosas, portanto, estudos sobre o mecanismo de ação do ácido gálico tem recebido muita atenção recentemente. É amplamente distribuído em hortaliças e frutas, no entanto, alguns alimentos de maior ocorrência vêm sendo destacados como, Abacate (198,57 mg.100 g); extrato de bagaço de uva (86,70 mg.100 g); Goiaba com casca (681,12 ± 35,76 mg.100 g); Canela do ceilão (214 mg.100 g); Chá "*Camellia Sinensis*" (74 a 547 mg.100 g), folhas de Amoreira (2262 mg.100g), casca de Jabuticaba (49,86 mg.100 g), polpa de Toranja (34,37 mg.100 g); casca de Romã (891,70 mg.100 g) ( XI *et al.*, 2015; MA *et al.*, 2015; DLUDLA *et al.*, 2019; HOGAN *et al.*, 2010; SIMÃO *et al.*, 2017; MONIKA e GEETHA 2015; ABEYSEKERA *et al.*, 2017; YUDA *et al.*, 2012; GE *et al.*, 2018; BATISTA *et al.*, 2014). Sendo assim, o ácido gálico das farinhas de casca e de polpa da banana verde *Cavendish cv. Nanicão* deste estudo, concentrações que variaram de 1.211,74 ± 31,90 mg.100 g<sup>-1</sup> a 29,56 ± 1,54 mg.100 g<sup>-1</sup>, poderia cumprir esse papel.

A administração a partir de 10 µM ácido gálico melhorou a necroptose de hepatócitos induzida pelo etanol *in vitro*. Em outro estudo sugeriram o papel do ácido gálico como potencial terapêutico na diabetes e distúrbios relacionados na administração de 100 mg/kg/dia (ZHOU *et al.*, 2019; VARIYA *et al.*, 2019).

Em ensaio randomizado, simples mascarado, controlado por placebo, observaram melhora da função endotelial após consumo de chá de hibiscus em que cada porção continha 311 mg de ácido gálico e 150 mg de antocianinas, as antocianinas não foram detectadas no plasma e o ácido gálico foi o compostos mais biodisponível do extrato de hibiscus, no entanto, os benefícios atribuídos podem ser devido à sinergia de muitos compostos (ABUBAKAR, *et al.*, 2019). Contudo, é

importante destacar que a reprodução desses efeitos e sua biodisponibilidade também dependem da matriz alimentar (THILAKARATHNA e RUPASINGHE, 2013). Dessa forma, são necessários mais estudos para determinar espécies de alimentos com propriedades que elevam a biodisponibilidade do ácido gálico, bem como de outros compostos para saber o quanto de certos alimentos é necessário consumir para ter a dosagem benéfica do composto (DLUDLA *et al.*, 2019).

## 6. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a atividade antioxidante a quantidade e o perfil fenólico foram afetados por diferentes métodos de secagem empregados e estrutura do fruto (casca e polpa). A banana verde *Cavendish* cv. “*Nanicão*” revelou ser uma fonte potencial de compostos fenólicos bem como possível elevada atividade antioxidante, especialmente em sua casca. Do perfil de fenólicos quantificados, o ácido gálico foi predominante seguido da catequina e rutina, sendo observadas correlações fortes e positivas de atividade antioxidante com o ácido gálico e catequina quando se obteve as farinhas empregando-se o equipamento Air Fryer, e com ácido gálico nos equipamentos Estufa e Forno.

Além disso, as farinhas obtidas no equipamento Air Fryer resultaram em rendimentos consideráveis por compartimento, maior teor de fenólicos totais e maior atividade antioxidante pelo método de DPPH (casca e polpa) e para a farinha da casca pelo método de ABTS e pode ser um método alternativo de secagem. O emprego da estufa à 70°C para a produção da farinha de banana verde *Cavendish*, também pode resultar em valores satisfatórios de composição fenólica e atividade antioxidante.

A análise de PS-MS mostrou ser uma técnica simples para se obter o *fingerprint* em farinhas de polpa e de casca de banana verde *Cavendish*, com identificação de vários fenólicos das classes dos ácidos hidroxicinâmicos, ácidos hidroxibenzóicos, flavonas, flavanois e flavonois, entre outros compostos. Sendo assim, a farinha da banana verde *Cavendish* pode ser considerada alimento com potencial funcional.

## REFERÊNCIAS

AABY, K.; EKEBERG, D.; SKREDE, G. Characterization of Phenolic Compounds in Strawberry (*Fragaria x ananassa*) Fruits by Different HPLC Detectors and Contribution of Individual Compounds to Total Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55, 4395–4406

ABAD-GARCÍA, *et al.* New features on the fragmentation and differentiation of C-glycosidic flavone isomers by positive electrospray ionization and triple quadrupole mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 22, 1834–1842, 2008.

ABEYSEKERA *et al.* Bark Extracts of Ceylon Cinnamon Possess Antilipidemic Activities and Bind Bile Acids In Vitro. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2017.

ABUBAKAR *et al.* Acute Effects of Hibiscus Sabdariffa Calyces on Postprandial Blood Pressure, Vascular Function, Blood Lipids, Biomarkers of Insulin Resistance and Inflammation in Humans. *Nutrients*, 2019, 11, 341.

ABU-REIDAH *et al.* HPLC–DAD–ESI-MS/MS screening of bioactive components from *Rhus coriaria* L. (Sumac) fruits. *Food Chemistry* 166 (2015) 179–191

AGARWAL, S.; RAO, A.V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Canadian Medical Association Journal*. 2000 Sep 19; 163(6): 739–744.

ALKARKHI *et al.* Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry* 129 (2011) 312–318

ALMEIDA, L.A. **Determinação de taninos em extratos de casca de banana.** (Bacharelado em Engenharia Química). Universidade Federal de Alfenas. Poços de Calda, MG – 2014.

ALVES, *et al.* Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. *Química Nova* vol.33 no.10 São Paulo 2010

AMARAL, A.C.M.; MAGNONI, D.; CUKIER, C. **Fibra Alimentar**. Instituto de Metabolismo e Nutrição IMeN. Disponível em <[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EIXh0DD0lc4J:https://www.amway.com.br/checkout/multi/summary/downloadDigitalMediaProduct%3FproductCode%3D270053\\_Fibra\\_Alimentar\\_IMEN+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EIXh0DD0lc4J:https://www.amway.com.br/checkout/multi/summary/downloadDigitalMediaProduct%3FproductCode%3D270053_Fibra_Alimentar_IMEN+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)> Acesso em: 07 Jan. 2019.

ANNESLEY, T.M. Ion suppression in mass spectrometry. **Clinical Chemistry**. 2003 Jul;49(7):1041-4.

ANGELINO *et al.* Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in bread: a review. **Food Function**, 2017.

ANYASI, T. A., JIDEANI, A. I., & MCHAU, G. A. (2015). Morphological, physicochemical, and antioxidant profile of noncommercial banana cultivars. **Food science & nutrition**, 3, 221-232.

ANYASI, T.A.; JIDEANI, A.I.O.; MACHAU, G.A. Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. **Food Research International** 104 (2018) 100–109.

AOAC- Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, Official Method 2012.04. Antioxidant Activity in Foods and Beverages. Reaction with 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), 19<sup>th</sup> ed. Gaithersburg. Ed. William Horwitz, 2012.

AOAC, Method 978.18D Preparation of Reference Salt Slushes. 1995. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16th Ed. AOAC International, Arlington VA.

AOAC. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 18th ed., Gaithersburg, Ed. William Horwitz, 2005.

AQUINO *et al.* Carboidratos, compostos fenólicos e atividade antioxidante em casca e polpa de 15 cultivares de banana. **Revista Brasileira de Fruticultura**. vol.38 no.4 Jaboticabal 2016 Epub Dez 15, 2016

ARQUELAU, Priscila Borges de Faria. **Desenvolvimento e caracterização de revestimentos comestíveis a partir de farinha de casca de banana** (*Musa spp.*) prata (AAB). Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

ASSOCIAÇÃO DIETÉTICA AMERICANA. Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, 2008 Oct;108(10):1716-31.

AUORE, G.; PARFAIT, P.; FAHRASMANE, L. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**. 2009, 78-91.

AUSTIN, *et al.* Effects of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Crude Extracts on Starch Digestibility, Estimated Glycemic Index (EGI), and Resistant Starch (RS) Contents of Porridges. **Molecules** 2012, 17, 11124-11138.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry** 99 (2006) 191–203

BARBOSA, *et al.* Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**. vol.23 no.4 Campinas, 2010.

BARCLAY, *et al.* Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk—a meta-analysis of observational studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 87: 627 – 637; Mar 2008.

BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M. Estresse Oxidativo: Relação Entre Geração De Espécies Reativas E Defesa Do Organismo. **Química Nova**, Vol. 29, No. 1, 113-123, 2006

BATISTA *et al.* Intake of jaboticaba peel attenuates oxidative stress in tissues and reduces circulating saturated lipids of rats with high-fat diet-induced obesity. **Journal of Functional Foods** Volume 6, January 2014, Pages 450-461

BEZERRA C.V. *et al.* Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physicochemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.241-249, 2013.

BEZERRA, C.V. **Caracterização e avaliação das propriedades funcionais tecnológicas da farinha de banana verde obtidas por secagem em leite de jorro.** (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará. Belém, 2010.

BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.29, n.2, p. 333-339., 2009.

BORGES, *et al.* Characterisation of metabolic profile of banana genotypes, aiming at biofortified *Musa* spp. Cultivars. **Food Chemistry** 145 (2014) 496–504.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005.** Regulamento Técnico Para Produtos De Cereais, Amidos, Farinhas E Farelos. Disponível em <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=MjllwMw%2C%2C>> Acesso em: 06 Jan. 2019

BRASIL. **Resolução n.19, de 30 de Abril de 1999.** Regulamento técnico. Procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e ou de saúde em sua rotulagem. Seção 1, p.11. 1999. Disponível em <<https://www.saude.rj.gov.br/comum/code/MostrarArquivo.php?C=Mjl1MQ%2C%2C>> Acesso em: 07 Jan. 2019.

BRITO, *et al.* HPLC-UV-MS Profiles of Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Fruits from Three Citrus Species Consumed in Northern Chile. **Molecules** 2014, 19, 17400-17421

BUDRYN, G.; NEBESNY, E.; ORACZ, J. Correlation Between the Stability of Chlorogenic Acids, Antioxidant Activity and Acrylamide Content in Coffee Beans Roasted in Different Conditions. **International Journal of Food Properties**, 18:2, 290-302, 2015.

BÚRIGO, T.; FAGUNDES, R.L.M.; TRINDADE, E.B.S.M.; VASCONCELOS, H.C.F.F. Efeito bifidogênico do frutooligossacarídeo na microbiota intestinal de pacientes com neoplasia hematológica. **Revista de Nutrição**. vol.20 no.5 Campinas Sept./Oct. 2007

CARRATU, E.; SANZINI, E. “Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable”. **Ann Ist Super Sanita journal**, v. 41, p. 7-16, 2005.

CELESTINO, S.M.C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DFE: Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>> Acesso em 08 Jan. 2019.

CHAUDHARY, *et al.* Chemical Fingerprint Analysis of Phenolics of *Albizia chinensis* Based on Ultra-Performance LC-Electrospray Ionization-Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry and Antioxidant Activity. **Natural Product Communications** Vol. 6 (11) 2011

CHAVES, D.F.S. **Compostos Bioativos dos Alimentos**. VP Editora, São Paulo, 340p, 2015.

CHEN *et al.* Determination of Phenolic Acids and Flavonoids in *Taraxacum formosanum* Kitam by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Coupled with a Post-Column Derivatization Technique. **International Journal of Molecular Sciences**. 2012, 13, 260-285

CHISTÉ, R. C. *et al.* The potential of extracts of *Caryocar villosum* pulp to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. **Food Chemistry**, v. 135, p. 1740-1749, 2012.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras, 2005.

CILLA, *et al.* Effect of processing on the bioaccessibility of bioactive compounds – a review focusing on carotenoids, minerals, ascorbic acid, tocopherols and polyphenols. **Journal of Food Composition and Analysis**, Volume 68, May 2018, Pages 3-15.

COLPO, L.P. **Avaliação da capacidade antioxidante e conteúdo fenólicos de frutas vermelhas submetidas a processamento por calor: Micro-ondas, SOUS VIDE, Fervura e Desidratação**. (Mestrado em Nutrição e Alimentos). São Leopoldo. UNISINOS. 2015.

CROTTI, *et al.* Electrospray ionization mass spectrometry: Chemical processes involved in the ion formation from low molecular weight organic compounds. **Química Nova**, 29. 287-292. 2006.

DAI, J., MUMPER, R.J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules** 2010, 15(10), 7313-7352

DAI, Z.; KOH, W.P. B. Vitamins and Bone Health—A Review of the Current Evidence. **Nutrients**. 2015 May; 7(5): 3322–3346.

DALL'ALBA, V.; AZEVEDO, M.J.D. Papel Das Fibras Alimentares Sobre O Controle Glicêmico, Perfil Lipídico E Pressão Arterial Em Pacientes Com Diabetes Melito Tipo 2. **Revista HCPA** 2010;30(4):363-371.

DEPIN, *et al.* **Os benefícios da banana verde**. Universidade Federal de Santa Catarina. 3ed 2014. Disponível em <<http://petnutri.paginas.ufsc.br/files/2013/10/Revista-Nutri%C3%A7%C3%A3o-Inforna-2014-3.pdf>> Acesso em: 06 Jan.2019.

DLUDLA *et al.* Inflammation and Oxidative Stress in an Obese State and the Protective Effects of Gallic Acid. **Nutrients** 2019, 11(1), 23

DOMENE, *et al.* Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**, Campinas, 19(6):741-760, nov./dez., 2006.

DONG, C.; HU, H.; HU, Y.; XIE, J. Metabolism of Flavonoids in Novel Banana Germplasm during Fruit Development. **Frontiers in Plant Science**. August 2016 Volume 7 | Article 1291

EÇA, K. S. *et al.* Development of Active Films From Pectin and Fruit Extracts: Light Protection, Antioxidant Capacity, and Compounds Stability. **Journal of Food Science**, v. 80, n11, p. C2396, 2015.

EKESA, B.; NABUUMA,D.; BLOMME,G.; BERGH, I.V.D. Provitamin A carotenoid content of unripe and ripe banana cultivars for potential adoption in eastern Africa. **Journal of Food Composition and Analysis**. Volume 43, November 2015, Pages 1-6.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Banana**. O produtor pergunta, a Embrapa responde. 2ªed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2012.

ENGEL *et al.* Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, Santa Cruz do Sul, v. 6, n. 1, p. 31-44, 2016.

ERICKSON, C.S. U.S. Patent No. 4,817,509. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. 1989.

FABRE, L.C. **Forno Combinado**: Suas Vantagens Em Relação À Técnica De Imersão Em Óleo. (Bacharelado em Nutrição) Universidade Do Extremo Sul Catarinense, Unesc, 2010.

FALCOMER *et al.* Health Benefits of Green Banana Consumption: A Systematic Review. **Nutrients** 2019, 11, 1222.

FARIAS, E. S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, L.A.; NASCIMENTO, J. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, 18, 2002, Belém. **Anais...** SBF: Belém, 2002. CD.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C.; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliação química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n.3, p. 524-529, 2007.

FATEMEH, *et al.* Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. **International Food Research Journal** 19 (3): 1041-1046 (2012).

FENNEMA, O.R.; SRINIVASAN, D.; PARKIN, K.L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ed. São Paulo: Artmed, 2010.

FERREIRA, F.F.; SILVA, S.O.; AMORIM, E.P.; SEREJO, J.A.S. O Agronegócio da Banana. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

FILHO, A.B.M.; VASCONCELOS, M.A.S. **Conservação de Alimentos**. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil ETEC – Brasil, 2010.

FINKEL T.; HOLBROOK N.J. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. **Nature**. 2000 Nov 9;408(6809):239-47.

FRANCO, S.H. **Aspectos Tecnológicos e Concentração de Amido Resistente De Banana Verde (Musa Sp.) em Pão Congelado**. (Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2016.

FUENTES-ZARAGOZA, *et al.* Resistant starch as functional ingredient: A review. **Food Research International** 43 (2010) 931–942

GÁLVEZ *et al.* Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). **Food Chemistry** 117 (2009) 647–653.

GÁLVEZ *et al.* Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. **Food Chemistry** 132 (2012) 51–59

GARAU, *et al.* Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. **Food Chemistry** 104 (2007) 1014–1024.

GARCIA, N.O.S.; FERNANDES, C.P.; CONCEIÇÃO, E.C. Is it possible to obtain nanodispersions with jaborcaba peel's extract using low energy methods and absence of any high cost equipment? **Food Chemistry**. Volume 276, 15 March 2019, Pages 475-484

GEANKOPLIS, C.J. **Transport Processes and Unit Operations**, 3 ed, cap. 4 1993.

GE, *et al.* Analysis of mulberry leaf components in the treatment of diabetes using network pharmacology. **European Journal of Pharmacology**. Volume 833, 15 August 2018, Pages 50-62

GONDIM, *et al.* Composição centesimal e de minerais EM cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(4): 825-827, out.-dez. 2005

GUINÉ, *et al.* Artificial neural network modelling of the antioxidant activity and phenolic compounds of bananas submitted to different drying treatments. **Food Chemistry** 168 (2015) 454–459

GUO, *et al.* Rapid Analysis of Corni fructus Using Paper. **Phytochemical Analysis**. 2017, 28, 344–350.

HARPER, M.E. *et al.* Aging, oxidative stress, and mitochondrial uncoupling. **Acta Physiologica Scandinavica** 182, 231-331, 2004.

HASLINDA, *et al.* Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) flour. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, September 2009; 60(S4): 232-239

HELDMAN, D.R.; HARTEL, R.W. **Principles Of Food Processing**. Chapman & Hall, p. 1-218, 2000.

HOFFMAN, E., STROOBANT, V. **Mass Spectrometry: Principles and Applications**. 3a Edicao, Editora Wiley, Chichester, 2007.

HOGAN *et al.* Effects of Grape Pomace Antioxidant Extract on Oxidative Stress and Inflammation in Diet Induced Obese Mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2010 582111250-11256.

IBGE, **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>> Acesso em: 17 jun. 2019.

JESSOME, L.L.; VOLMER, D.A. Ion Suppression: A Major Concern in Mass Spectrometry. **Lcgc North America** Volume 24 Number 5 May 2006.

JIMENEZ, *et al.* Physicochemical, Functional, and Nutraceutical Properties of Eggplant Flours Obtained by Different Drying Methods. **Molecules** 2018, 23, 3210.

JUNQUEIRA *et al.* COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FARINHA DE CASCA E DE POLPA DE BANANA VERDE. **XII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, 2012. Disponível em <[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2012/anais/arquivos/0789\\_0753\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2012/anais/arquivos/0789_0753_01.pdf)> Acesso em: 05 Jan. 2019.

KANAZAWA, K.; SAKAKIBARA, H. High Content of Dopamine, a Strong Antioxidant, in Cavendish Banana. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2000, 48, 844-848

KEVERS *et al.* Evolution of Antioxidant Capacity during Storage of Selected Fruits and Vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2007, 55, 8596-8603

KHURANA, S.; VENKATARAMAN, K.; HOLLINGSWORTH, A. *et al.* Polyphenols: Benefits to the Cardiovascular System in Health and in Aging. **Nutrients**; 5: 3779-3827,2013.

KONICA MINOLTA. **Compreendendo o Espaço de Cor CIE L\*C\*h**. 2015. Disponível em: < <http://sensing.konicaminolta.com.br/2015/08/compreendendo-o-espaco-de-cor-cie-lch/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

LEÃO, Daniela Pereira. **Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de pequi como substratos na produção de fibras com capacidade antioxidante**. (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LEE, *et al.* Identification of Ellagic Acid Conjugates and Other Polyphenolics in Muscadine Grapes by HPLC-ESI-MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 2005, 53, 6003-6010

LIU, J. *et al.* Leaf spray: Direct chemical analysis of plant material and living plants by mass spectrometry. **Analytical Chemistry**. 83. 7608-7613. 2011.

LOBO, A.R.; SILVA, G.M.L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**. vol.16 no.2 Campinas April/June 2003

LOMBARD *et al.* Quercetin in onion (*Allium cepa* L.) after heat-treatment simulating home preparation. **Journal of Food Composition and Analysis** 18 (2005) 571–581.

LOUREIRO *et al.* O efeito do consumo de farinha de banana verde como coadjuvante no tratamento de pacientes com de diabetes mellitus tipo 2 durante 60 dias. In: Congresso Internacional de Nutrição Funcional, **Anais...São Paulo**, p.7 2015.

LUZ, T.E.R. **Avaliação Da Estabilidade Do Teor De Amido Resistente Em Biomassa E Farinha De Banana Verde Variedade Terra** (*Musa Sapientum*). (Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá – Bela Vista, 2016.

MADUWANTHI, S.D.T.; MARAPANA, R.A.U.J. Biochemical changes during ripening of banana: A review. **International Journal of Food Science and Nutrition**. Volume 2; Issue 5; 2017; 166-169.

MA,G.Z. *et al.* Effect of Pomegranate Peel Polyphenols on Human Prostate Cancer PC-3 cells in vivo. **Food Science and Biotechnology**. 24(5): 1887-1892 (2015)

MAINA, et. al. Analytical screening of nutritional and non-essential components in unripe and ripe fruits of banana (*Musa sapientum*). **International Journal of Medicinal Plant Research**, Yola, v. 1, n. 3, p. 20-25, Ago., 2012

MALUTA, J.R. Alterações em medicamentos mal acondicionados: uma estratégia para desenvolver habilidades investigativas, comunicação científica e interdisciplinaridade nas aulas de química. **Química Nova** vol.37 no.7 São Paulo, 2014

MANACH *et al.* Polyphenols: food source and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**; 79(5): 727-47,2004.

MANICKE, N.E. *et al.* Assessment of paper spray ionization for quantitation of pharmaceuticals in blood spots. **International Journal of Mass Spectrometry**, v. 300, p. 123-129, 2011.

MATHEW,*et al.* Metabolomic Profiling of Arginine Metabolome Links Altered Methylation to Chronic Kidney Disease Accelerated Atherosclerosis. **J Proteomics Bioinformatics**. 2015 Oct; Suppl 14: 001.

MATSUURA, F. C. A. U.; POLEGATTI, M. I. S. Banana: pós-colheita. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001. Frutas do Brasil.

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

MAZIMBA, O. Umbelliferone: Sources, chemistry and bioactivities review. , **Bulletin Facult Pharmacy Cairo Univ** (2017).

MAZZOTI, F. *et al.* Evaluation of dialdehydic anti-inflammatory active principles in extravirgin olive oil by reactive paper spray mass spectrometry. **International Journal of Mass Spectrometry**. 352. 87-91. 2013.

MEDINA, *et al.* **Banana**: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. Campinas: ITAL, 1990. P. 1-131. ITAL serie Frutas Tropicais, 3.

MEDINA, J. C. *et al.* **Banana**: Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2 ed. Campinas, ITAL, 1985.

MELLO, V.D.; LAAKSONEN, D.E. Fibras na dieta: tendências atuais e benefícios à saúde na síndrome metabólica e no diabetes melito tipo 2. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**. 2009;53/5

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J.; VICARIO, I.M.; HEREDIA, F.J. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**. v.54 n.2 Caracas jun. 2004.

MÉNDEZ, *et al.* Content of free phenolic compounds in bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. **European Food Research and Technology** (2003) 217:287–290.

MINATEL *et al.* Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability. **Phenolic Compounds - Biological Activity**, 2017. Disponível em <<https://www.intechopen.com/books/phenolic-compounds-biological-activity/phenolic-compounds-functional-properties-impact-of-processing-and-bioavailability>> Acesso em: 04 mar. 2019.

MONIKA, P.; GEETHA, A. The modulating effect of *Persea americana* fruit extract on the level of expression of fatty acid synthase complex, lipoprotein lipase, fibroblast growth factor-21 and leptin – A biochemical study in rats subjected to experimental hyperlipidemia and obesity. **Phytomedicine**. Volume 22, Issue 10, 15 September 2015, Pages 939-945

MONREAL, *et al.* Influence of Cooking Methods on Antioxidant Activity of Vegetables. **Journal Of Food Science**. Vol. 74, Nr. 3, 2009.

MORAIS, D.R., *et al.*, Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI(–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels, **Food Research International** (2015).

MOREIRA, R.S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. Campinas. Fundação Cargill, 1987 p. 335.

NAVARRO, *et al.* Phenolic compounds profile of different berry parts from novel *Vitis vinifera* L. red grape genotypes and Tempranillo using HPLC-DAD-ESI-MS/MS: a varietal differentiation tool. **Food Chemistry**, 21 May 2019.

NCUBE, *et al.* Analyses of chlorogenic acids and related cinnamic acid derivatives from *Nicotiana tabacum* tissues with the aid of UPLC-QTOF-MS/MS based on the in-source collision-induced dissociation method. **Chemistry Central Journal** 2014:66.

OLIVEIRA, *et al.* Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova** vol.32 no.3 São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, *et al.* Lipophilic Extracts from Banana Fruit Residues: A Source of Valuable Phytosterols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2008, 56, 9520–9524.

ORDÓÑEZ, J. A. *et al.* **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. v1

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAUDE, OMS. Diabetes. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>> Acesso em: 18/06/2019

OUYANG, *et al.* Effect of umbelliferone on adjuvant-induced arthritis in rats by MAPK/NF- $\kappa$ B pathway. **Drug Design, Development and Therapy**. 2019 Apr 11;13:1163-1170

PADAM, *et al.* Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. **Journal of Food Science and Technology**, 2014 Dec; 51(12): 3527-3545.

PALMGREN, *et al.* Quantitative determination of cholesterol, sitosterol, and sitostanol in cultured Caco-2 cells by liquid chromatography–atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. **Journal of Chromatography B**, 821 (2005) 144–152.

PBMH & PIF. Programa Brasileiro Para A Modernização Da Horticultura & Produção Integrada De Frutas. **Norma de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29). Disponível em: < <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/banana.pdf>> Acesso em: 06 de Jan. 2019.

PEREIRA, K.D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, 27(supl.): 88-92, ago. 2007.

PEREIRA, M.C.A. **Influência do consumo de farinhas da polpa e casca de banana e do fermentado de quefir nos níveis glicêmicos e lipídêmicos de ratos**. (Doutorado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Lavras – MG, 2007.

PÉREZ-JIMÉNEZ, *et al.* Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International** 41 (2008) 274–285

PI, *et al.* Combination of Morroniside and Diosgenin Prevents High Glucose-Induced Cardiomyocytes Apoptosis. **Molecules** 2017, 22(1), 163.

PINHEIRO, J.M.S. **Tecnologia Pós- Colheita para conservação de bananas: cultivar tropical**. (Mestrado). Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba –MG, 2009.

PINTO, *et al.* Tanase: Conceitos, Produção E Aplicação. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. Curitiba, v. 23, n. 2, p. 435-462, jul./dez. 2005

PIRES, *et al.* Ensaio em microplaca de substâncias redutoras pelo método do Folin-Ciocalteu para extratos de algas. **Instituto de Biociências**, Universidade de São Paulo, 2017.

POIANI, L. M. *et al.* Aproveitamento industrial dos descartes de pós-colheita. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 245, p. 111-119, 2008.

PORTO, P.A.L.S. **Estudo da Atividade Antioxidante de Catequinas e Procianidinas Oligornéricas**. Departamento de Química - Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2002. Disponível em: < [https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9651/3/4550\\_TM\\_01\\_P.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9651/3/4550_TM_01_P.pdf)> Acesso em 30 Jun. 2019.

QUIMIS. **Aparelhos Científicos**. Disponível em: <<http://www.quimis.com.br/equipamentos-laboratorio/estufa-secagem>> Acesso em: 17 fev. 2019.

RAMALLO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, London, v. 90, n. 2, p. 275- 283, 2012.

RAMOS, D.P. *et al.* Resistant starch in Green banana flour. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v.20, n.3, p.479-483, 2009.

REBELLO, L.P.G. Avaliação De Compostos Fenólicos, Extração E Caracterização De Pectina Em Farinha De Casca De Banana (Musa AAA). (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2013.

REBELLO, L.P.G.; RAMOS, A.M.; PERTUZATTI, P.B.; BARCIA, M.T.; MUNOZ, N.C.; GUTIERREZ, I.H. Flour of banana (Musa AAA) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. **Food Research International**. Vol. 55, January 2014, 397-403 p.

RIBEIRO, R.C.; MESSANO, A.J.G.P. **Produção de farinha de banana verde e sua aplicação em biscoitos**. Editora Folium, 2011, 96p.

ROCCHETTI *et al.* Evaluation of phenolic profile and antioxidant capacity in gluten-free flours. **Food Chemistry** 228 (2017) 367–373 RUFINO *et al.*

RUFINO *et al.* Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de captura do radical livre ABTS\*+. **Comunicado técnico nº 128**, 4pp., Julho de 2007.

RUFINO *et al.* Metodologia Científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP) **Comunicado técnico nº 125**, 4pp., Dezembro de 2006.

RUFINO, M.S.M. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, p. 996-1002, 2010.

RUSSELL *et al.* Phenolic acid content of fruits commonly consumed and locally produced in Scotland. **Food Chemistry** 115 (2009).

SALMINEN, *et al.* Characterization of hydrolysable tannins from leaves of *Betula pubescens* by high-performance liquid chromatography mass spectrometry. **Journal of chromatography – A**. Amsterdam, v. 864, p. 283-291, 1999.

SAMPEDRO, F.; FAN, X.; RODRIGO, D. High hydrostatic pressure processing of fruit juices and smoothies: research and commercial application. *Innovations in Processing, Packaging, and Predictive Modelling Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* 2010, Pages 34-72.

SANSANO, M. *et al.* Effect of Pretreatments and Air-Frying, a Novel Technology, on Acrylamide Generation in Fried Potatoes.T: **Toxicology & Chemical Food Safety**. Vol.80, Issue 5 May, 2015.

SANSONE, A.C.M.B. *et al.* Oral administration of banana lectin modulates cytokine profile and abundance of T-cell populations in mice. *International Journal of Biological Macromolecules* Volume 89, August 2016, Pages 19–24

SANTANA, G.S. **Caracterização Química Bioguiada Pela Atividade Antioxidante De Erythroxyllum Mucronatum Benth.** (Erythroxyllaceae). (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Sergipe, 2018.

SANTOS, C.S.P.; CUNHA, S.C.; CASAL, S. Deep or Air frying? A comparative study with different vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**. April 10, 2017.

SANTOS, *et al.* Analise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, V. 13, n.1, p 17-22, jan-jun 2003.

SANTOS, J.R.U.; BACKY, F.; BRILLOUET, J.M. A preliminary chemotaxonomic study on the condensed tannins of green banana flesh in the *Musa* genus. **Biochemical Systematics and Ecology** 38 (2010) 1010–1017

SANTOS, M.C.P., GOLÇALVES, E.C.B.A. Effect of different extracting solvents on antioxidant activity and phenolic compounds of a fruit and vegetable residue flour. **Scientia Agropecuaria** 7 (1): 07 – 14 (2016)

SARAWONG, C. *et al.* Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food Chemistry**, v.143, p.33-39, 2014.

SARDA *et al.* Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour. **Food Research International**. Volume 81, March 2016, Pages 203-209

SARDÁ *et al.* Impact of resistant starch from unripe banana flour on hunger, satiety, and glucose homeostasis in healthy volunteers. **Journal of Functional Foods** 24. 2016 63–74.

SAURA-CALIXTO *et al.* Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. **Food Chemistry** Volume 101, Issue 2, 2007, Pages 492-501

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **The Journal of Nutrition** 130(suppl): 2073S-85S, 2000.

SEBRAE, Estudos de mercado SEBRAE/ESPM. **Banana: relatório completo**, 2008. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/8E2336FF6093AD96832574DC0045023C/\\$File/NT0003904A.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8E2336FF6093AD96832574DC0045023C/$File/NT0003904A.pdf)> Acesso em: 31 Maio. 2018

SHETTY *et al.* The Joint WHO/FAO Expert Consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. **Public Health Nutrition**: 7(1A), 245–250, 2004.

SILVA *et al.* Antioxidant Activity and Metabolomic Analysis of Cagaitas (*Eugenia dysenterica*) using Paper Spray Mass Spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Vol. 00, No. 00, 1-11, 2019

SILVA, A.A.; JUNIOR, J.L.B.; BARBOSA, M.I.M.J. Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.12, p.2252-2258, dez, 2015.

SILVA, *et al.* Antioxidant Activity and Metabolomic Analysis of Cagaitas (*Eugenia dysenterica*) using Paper Spray Mass Spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. Vol. 00, No. 00, 1-11, 2019

SILVA, P.T.; LOPES, M.L.M.; MESQUITA, V.L.V. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** vol.26 no.3 Campinas July/Sept. 2006

SILVA, S. O.; PEREIRA, L. V.; RODRIGUES, M. G. V. Variedades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n.245, p. 78-83, jul/ago. 2008.

SINGH, B. *et al.* Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review. **Food Chemistry**. 2016 Sep 1; 206:1-11

SINGH, S.S.; DEVI, S.K.; NG, T.B. Banana Lectin: A Brief Review. **Molecules** 2014, 19(11), 18817-18827

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTO´S, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. In: Packer, L. **Methods in Enzymology**, 1999.

SIMÃO *et al.* Aqueous extract of *Psidium guajava* leaves: phenolic compounds and inhibitory potential on digestive enzymes. **Anais...** Academia Brasileira de Ciências. vol.89 no.3 supl.0 Rio de Janeiro 2017.

SIRIAMORNUN, S.; KAEWSEEJAN, N. Quality, bioactive compounds and antioxidant capacity of selected climacteric fruits with relation to their maturity. **Scientia Horticulturae** 221 (2017) 33–42

SJÖBERG *et al.* Factors influencing the determination of analyte ion surface partitioning coefficients in electrosprayed droplets. **Journal of the American Society for Mass Spectrometry**. Volume 12, Issue 9, September 2001, Pages 1002-1010

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Manual de Orientação** Departamento de Nutrologia. 3º Ed. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <[http://www.sbp.com.br/fileadmin/user\\_upload/pdfs/14617a-PDManualNutrologia-Alimentacao.pdf](http://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/pdfs/14617a-PDManualNutrologia-Alimentacao.pdf)> Acesso em: 07 Jan. 2019.

SOMEYA, S.; YOSHIKI, Y.; OKUBO, K. Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). **Food Chemistry** 79 (2002) 351–354

SOUSA, M.M. **Bioacessibilidade, capacidade antioxidante e efeitos toxicogênicos de polifenóis do jamelão (*Syzygium cumini* (L.) Skeels)** e aplicação tecnológica do fruto. (Doutorado em Biotecnologia) – RENORBIO, Teresina, 2018.

SOUZA, R.M.S. **Secagem convectiva da banana verde pacovan** (musa sapientum) e sua aplicação na elaboração de cookies isentos de glúten. (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. 2012.

STREIT *et al.* As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-755, mai-jun, 2005.

SULAIMAN, *et al.* Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (Musa sp.). **Journal of Food Composition and Analysis** 24 (2011) 1–10.

SUN, *et al.* Screening Non-colored Phenolics in Red Wines using, Liquid Chromatography/Ultraviolet and Mass Spectrometry/Mass Spectrometry Libraries. **Molecules**, 2007, 12, 679-693

SUN, *et al.* The Sonodegradation of Caffeic Acid under Ultrasound Treatment: Relation to Stability. **Molecules** 2013, 18, 561-573.

SUTTIARPORN, *et al.* Structures of Phytosterols and Triterpenoids with Potential Anti-Cancer Activity in Bran of Black Non-Glutinous Rice. **Nutrients** 2015, 7, 1672-1687

SCHUTZ, *et al.* Identification and Quantification of Caffeoylquinic Acids and Flavonoids from Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Heads, Juice, and Pomace by HPLC-DAD-ESI/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 2004, 52, 4090–4096

TACO, **Tabela de Composição de Alimentos**. 4ª edição Campinas – SP, 2011. Disponível em: <[http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](http://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)> Acesso em: 27 maio. 2018.

TELES, *et al.* Effect of temperature on the degradation of bioactive compounds of Pinot Noir grape pomace during drying. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 21, e2017059, 2018

TERUEL, M. de. R. *et al.* A Comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying. **Journal of Food Science**. Vol. 80, Nr. 2, 2015.

THILAKARATHNA, S.H.; RUPASINGHE, H.P.V. Flavonoid Bioavailability and Attempts for Bioavailability Enhancement. **Nutrients**. 2013 Sep; 5(9): 3367–3387.

TIAN, *et al.* Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. **Food Chemistry**. 197, 2016, 1264–1270 p.

TORRES *et al.* Ensaio do potencial antioxidante de extratos de algas através do sequestro do ABTS•+ em microplaca. **Instituto de Biociências**, Universidade de São Paulo, 2017.

TREVISAN, A.J.B. **Formação de produtos da reação de Maillard em carne bovina submetida a diferentes técnicas de cocção**. Tese (Doutorado). Faculdade ciências farmacêuticas da USP. Curso de Inter unidades de Nutrição Humana Aplicada. São Paulo, 2015.

TRIBESS, *et al.* Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **Food Science and Technology**, Switzerland, v. 42, n. 5, p. 1022- 1025, 2009.

TROLLER, J.A. Influence of water activity on microorganisms in foods. **Food Technology**, v.34, n.5, p.76 – 82, 1980.

TSAMO *et al.* Phenolic profiling in the pulp and peel of nine plantain cultivars (*Musa sp.*). **Food Chemistry** 167 (2015) 197–204

VALLE, H. F. Yes, nós temos banana – **Histórias e Receitas com biomassa de banana verde** – 2º ed., São Paulo, Editora SENAC, 2004 p.251

VALLE, H. F.; CAMARGOS, M. **Yes, nós temos banana**. Editora Senac. São Paulo, 2003.

VARIYA, *et al.* Antidiabetic potential of gallic acid from *Emblica officinalis*: Improved glucose transporters and insulin sensitivity through PPAR- $\gamma$  and Akt signaling. **Phytomedicine**, 2019

VERY, *et al.* Explanatory signal interpretation and metabolite identification strategies for nominal mass FIE-MS metabolite fingerprints. **Nature Protocols**. 2008;3(3):471-85.

VU, H.T.; SCARLETT, C.J.; VUONG, Q.V. Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. **Journal of Functional Foods** 40 – 2018, 238–248.

WANG *et al.* Analysis of Chemical Constituents of *Melastoma dodecandrum* Lour. by UPLC-ESI-Q-Exactive Focus-MS/MS. **Molecules** 2017, 22, 476.

WANG, *et al.* Paper Spray for Direct Analysis of Complex Mixtures Using Mass Spectrometry. **Angewandte Chemie International Edition**. 2010, 49, 877 –880.

WILM, M. Principles of Electrospray Ionization. **Molecular & Cellular Proteomics**. 2011 Jul; 10(7).

WYREPKOWSKI, *et al.* Characterization and Quantification of the Compounds of the Ethanolic Extract from *Caesalpinia ferrea* Stem Bark and Evaluation of Their Mutagenic Activity. **Molecules** 2014, 19, 16039-16057

XI, W. *et al.* Phenolic compositions and antioxidant activities of grapefruit (*Citrus paradisi* Macfadyen) varieties cultivated in China. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, 2015.

XUE, *et al.* Stability and Degradation of Caffeoylquinic Acids under Different Storage Conditions Studied by High-Performance Liquid Chromatography with Photo Diode Array Detection and High-Performance Liquid Chromatography with Electrospray Ionization Collision-Induced Dissociation Tandem Mass Spectrometry. **Molecules** 2016, 21(7), 948.

XU, *et al.* Morroniside, a secoiridoid glycoside from *Cornus officinalis*, attenuates neuropathic pain by activation of spinal glucagon-like peptide-1 receptors. **British Journal of Pharmacology** (2017) 174:580–59.

YUDA *et al.* Polyphenols Extracted from Black Tea (*Camellia sinensis*) Residue by Hot-Compressed Water and Their Inhibitory Effect on Pancreatic Lipase in vitro. **Journal of Food Science** Vol. 77, Nr. 12, 2012

ZHANG *et al.* Recovery of dietary fiber and polyphenol from grape juice pomace and evaluation of their functional properties and polyphenol compositions. **Food Function**., 2017, 8, 341–351.

ZHANG, C.; HAMAKER, B.R. Banana starch structure and digestibility. **Carbohydrate Polymers** 87 (2012) 1552–1558

ZHAO, *et al.* Ultra-performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry for rapid analysis of the metabolites of morroniside produced by human intestinal bacteria. **Journal of Chromatography B**, 976–977 (2015) 61–67

ZHENG, *et al.* Rapid resolution liquid chromatography–electrospray ionisation tandem mass spectrometry method for identification of chemical constituents in Citri Reticulatae Pericarpium. **Food Chemistry** 136 (2013) 604–611.

ZHOU, *et al.* Morroniside regulates hair growth and cycle transition via activation of the Wnt/ $\beta$ -catenin signaling pathway. **Scientific Reports**. 2018; 8: 13785.

ZHOU, *et al.* Gallic acid protects against ethanol-induced hepatocyte necroptosis via an NRF2-dependent mechanism. **Toxicology In Vitro**. 2019 Jun;57:226-232