

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Farmácia
Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos

Kemilly Laiz Barrionuevo Marzano

**AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E DO AMIDO RESISTENTE EM
FARINHAS DE BANANA VERDE COM FOCO NA BIOACESSIBILIDADE DO
AMIDO RESISTENTE**

Belo Horizonte

2024

Kemilly Laiz Barrionuevo Marzano

**AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E DO AMIDO RESISTENTE EM
FARINHAS DE BANANA VERDE COM FOCO NA BIOACESSIBILIDADE DO
AMIDO RESISTENTE**

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

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Linhares
Bello de Araujo

Coorientadora: Profa. Dra. Renata Adriana
Labanca

Belo Horizonte

2024

Marzano, Kemilly Laiz Barrionuevo.

M393a Avaliação dos compostos fenólicos e do amido resistente em farinhas de banana verde, (*Musa spp.*) com foco na bioacessibilidade do amido resistente [recurso eletrônico] / Kemilly Laiz Barrionuevo Marzano. – 2024.

1 recurso eletrônico (80 f. : il.) : pdf

Orientadora: Raquel Linhares Bello de Araújo.
Coorientadora: Renata Adriana Labanca.

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

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Bioacessibilidade – Teses. 2. Amido resistente – Teses. 3. Banana – Teses. 4. Farinhas – Teses. I. Araújo, Raquel Linhares Bello de. II. Labanca, Renata Adriana. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDD: 664.804772



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS E DO AMIDO RESISTENTE EM FARINHAS DE BANANA VERDE (MUSA SPP.), COM FOCO NA BIOACESSIBILIDADE DO AMIDO RESISTENTE**KEMILLY LAIZ BARRIONUEVO MARZANO**

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 31 de julho de 2024, pela banca constituída pelos membros:

Profa. Dra. Raquel Linhares Bello de Araújo (Orientadora e presidente da comissão) - UFMG

Profa. Dra. Renata Adriana Labanca (Coorientadora) - UFMG

Profa. Dra. Michely Capobianco - PUC/MG

Profa. Dra. Maria Eduardo - University of Eduardo Mondlane

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por Maria Eduardo, Usuário Externo, em 31/07/2024, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Raquel Linhares Bello de Araujo, Professora do Magistério Superior, em 31/07/2024, às 12:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Renata Adriana Labanca, Professora do Magistério Superior, em 01/08/2024, às 16:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Michely Capobianco, Usuário Externo, em 05/08/2024, às 17:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3413841 e o código CRC D54151D9.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e os seres de luz por me dar força, sabedoria e paciência para concluir este trabalho. Sua orientação divina foi fundamental em cada etapa deste processo.

Agradeço profundamente ao meu namorado Leonardo por seu amor, compreensão e incentivo constante. Sua presença foi fundamental durante toda a minha jornada acadêmica.

Agradeço à minha orientadora Profa. Dra. Raquel Linhares Bello de Araujo e coorientadora Profa. Dra. Renata Adriana Labanca pelo apoio fundamental e suas contribuições foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

As pesquisadoras da Embrapa, Dra. Ronielli Cardoso Reis, M.Sc Jaciene Lopes de Jesus Assis e Dra. Eliseth de Souza Viana expresso minha gratidão por suas colaborações, suporte técnico e pelas informações valiosas fornecidas. A ajuda foi indispensável para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas tropicais mais cultivadas no mundo. Contudo, ocorre grandes perdas na produção de bananas verdes, que são rejeitadas para o consumo por certas deficiências e que não estão aptas para a exportação. A farinha de banana verde, podendo ser utilizado tanto com o fruto integral ou apenas a polpa é uma alternativa sustentável e funcional para o consumo. Estudos demonstram que o alto teor de amido resistente presente ainda no fruto imaturo beneficia a saúde do cólon intestinal, diminuindo a glicemia e o colesterol. O objetivo do presente estudo foi avaliar a composição centesimal, o teor de amido resistente, bioacessibilidade *in vitro* e compostos fenólicos de farinhas contendo apenas a polpa e a farinha integral (contendo a casca e a polpa), produzidas na EMBRAPA - Empresa Mandioca e Fruticultura, que foram comparadas com duas marcas de farinhas de banana verde que são vendidas comercialmente e adquiridas no comércio local de Belo Horizonte/Minas Gerais. As farinhas de polpa e integral apresentaram teor de umidade em consonância com a legislação (15g/100g), os teores de proteínas encontradas nas farinhas de polpa e integral não se diferiram, em contraste as farinhas comerciais apresentaram o teor de proteína mais elevado e o teor de gordura mais baixo. A farinha da polpa apresentou maior conteúdo de amido resistente (57,6g/100g) em relação a farinha contendo o fruto integral (41,5g/100g). As farinhas comerciais apresentaram valores mais baixos nos teores de amido resistente. O teor de compostos fenólicos totais foi obtido pelo método de Folin Ciocalteu sendo observado maior conteúdo na farinha comercial 2 e na farinha contendo o fruto integral em comparação à polpa. No teste de bioacessibilidade *in vitro* notou-se que os valores obtidos nas farinhas integrais e com polpa apresentaram um teor de bioacessibilidade *in vitro* baixo. Esses teores baixos, podem ser explicados pela alta resistência do amido, que não é digerido no estômago e é fermentado no cólon intestinal. Esses resultados demonstram a importância de avaliar as farinhas de banana verde, pois o alto teor de amido resistente presente nas farinhas pode ser usado como um alimento funcional pela sua ação benéfica no organismo e pode ser incorporado em receitas, especialmente para indivíduos celíacos, por ser uma alternativa de farinha que não contém glúten, além do uso pelos indivíduos diabéticos e com dislipidemias.

Palavras-chave: bioacessibilidade; amido resistente; banana verde.

ABSTRACT

The banana (*Musa* spp.) is one of the most widely cultivated tropical fruits in the world. However, significant losses occur in the production of green bananas, which are rejected for consumption due to certain deficiencies and are not suitable for export. Green banana flour, which can be made using either the whole fruit or just the pulp, is a sustainable and functional alternative for consumption. Studies show that the high resistant starch content still present in the unripe fruit benefits colon health, lowering blood sugar and cholesterol levels. The objective of the present study was to evaluate the centesimal composition, resistant starch content, in vitro bioaccessibility, and phenolic compounds in flours containing only the pulp and whole fruit flour (containing both peel and pulp), produced at EMBRAPA - Empresa Mandioca e Fruticultura, which were compared to two brands of commercially available green banana flours purchased locally in Belo Horizonte/Minas Gerais. The pulp and whole fruit flours showed moisture content in line with regulations (15g/100g). The protein content in both pulp and whole fruit flours did not differ, in contrast to the commercial flours, which had higher protein content and lower fat content. The pulp flour had a higher resistant starch content (57.6g/100g) compared to the whole fruit flour (41.5g/100g). The commercial flours had lower resistant starch content. The total phenolic compound content was measured using the Folin-Ciocalteu method, with higher content observed in commercial flour 2 and the whole fruit flour compared to the pulp flour. In the in vitro bioaccessibility test, it was noted that the values obtained for the whole fruit and pulp flours showed low in vitro bioaccessibility. These low levels can be explained by the high resistance of the starch, which is not digested in the stomach and is fermented in the colon. These results demonstrate the importance of evaluating green banana flours, as the high resistant starch content present in the flours can be used as a functional food due to its beneficial effects on the body. It can also be incorporated into recipes, especially for celiac individuals, as it is a gluten-free flour alternative, as well as for individuals with diabetes and dyslipidemias.

Keywords: bioaccessibility; resistant starch; green banana.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Escala de Maturação de Von Loesecke	19
Figura 2 - Grupo de compostos Fenólicos	27
Figura 3 - Farinhas de polpa (esquerda) e Farinha integral (direita).....	34
Gráfico 1 - Gráfico de distribuição do teor de umidade	41
Gráfico 2 - Gráfico de distribuição do teor de cinzas	44
Gráfico 3 - Gráfico de distribuição do teor de proteínas.....	46
Gráfico 4 - Gráfico de distribuição do teor de lipídios	48
Gráfico 5 - Gráfico de distribuição dos teores de amido resistente	50
Gráfico 6 - Gráfico de dispersão dos compostos fenólicos da farinha integral, somente polpa e comerciais.....	56
Figura 4 - Análise de compostos fenólicos das farinhas integrais e de polpa.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de classificação do amido resistente (AR) por Nugent <i>et al.</i> , 2005	23
Tabela 2 – Diluição dos extratos	38
Tabela 3 – Composição Centesimal(/100g)	39
Tabela 4 - Tabela Descritiva dos teores de amido resistente das amostras de farinha Integral, polpa e comerciais	50
Tabela 5 - Tabela Descritiva dos compostos fenólicos das amostras de farinha integral, polpa e comerciais.....	55

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Banana	14
3.2	Histórico de Produção e Consumo	15
3.3	Banana verde e suas características nutricionais.....	16
3.4	Farinha de Banana verde	19
3.5	Amido Resistente	21
3.6	Estudos com a farinha de banana verde.....	23
3.7	Compostos fenólicos	24
3.8	Estrutura química dos compostos fenólicos.....	25
3.9	Extração	27
4	MATERIAS E MÉTODOS.....	30
4.1	Material.....	31
4.1.1	Equipamentos.....	31
4.1.2	Reagentes	32
4.1.3	Processamento das farinhas	33
4.1.3.1	Separação, lavagem, corte.....	33
4.1.3.2	Secagem e trituração.....	33
4.2	MÉTODOS.....	34
4.2.1	Composição Centesimal	34
4.2.1.1	Umidade (U)	34
4.2.1.2	Cinzas Totais (CT).....	34
4.2.1.3	Proteína Total (PT).....	34
4.2.1.4	Gordura Total (GT).....	34
4.2.1.5	Carboidratos Totais (CT)	34
4.2.2	Amido Resistente (AR).....	35
4.2.3	Bioacessibilidade in vitro das farinhas de banana verde	35
4.2.4	Compostos Fenólicos	36
4.2.5	Análise estatística	38

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1	Composição Centesimal	38
5.2	Umidade	39
5.3	Cinzas.....	42
5.4	Proteínas	44
5.5	Lipídeos	46
5.6	Amido Resistente	48
5.7	Bioacessibilidade in vitro das farinhas de banana verde	53
5.8	Compostos fenólicos	54
6	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIAS.....	61
	ANEXO.....	72
	ANEXO A – Estatísticas de Compostos Fenólicos	72
	ANEXO B – Estatísticas de Proteínas	74
	ANEXO C – Estatísticas de Lipídeos.....	75
	ANEXO D – Estatística de Umidade	76
	ANEXO E – Estatística de Cinzas.....	78
	ANEXO F – Estatística do Amido Resistente	79

1. INTRODUÇÃO

A banana, ou usando a terminologia científica (*Musa spp.*) que é relacionada à planta (fruteira), mas também pode se referir de maneira geral às frutas que essas plantas produzem, é uma das frutas tropicais mais cultivadas no mundo. A produção de várias espécies de banana representa cerca de 6,85 milhões de toneladas ao ano (FALCOMER *et al.*, 2019; IBGE 2022; FERREIRA *et al.*, 2016).

No entanto, essa grande produção acarreta grandes perdas pós-colheitas. As bananas verdes que são rejeitadas por certas deficiências e que não estão aptas para exportação oscilam em torno de 5% a 10% (CASTILLO *et al.*, 2019).

A banana verde apresenta elevadas dureza e adstringência, isso se deve a presença de compostos fenólicos solúveis como os taninos (SARAWNG *et al.*, 2014).

Estudos vêm demonstrando alternativas para o consumo do fruto imaturo, tornando uma opção sustentável e benéfica para o desenvolvimento de novos produtos (FAO 2017).

A farinha de banana verde utilizando o fruto integral ou apenas a polpa é um dos subprodutos que demonstra possuir propriedades funcionais, devido ao seu alto teor de amido resistente e fibras (SALAZAR *et al.*, 2021).

De acordo com Kumar *et al.* (2019) a farinha de banana verde tem a seguinte composição: 52,7–54,2% de amido resistente (AR); 1,81% de sólidos solúveis totais (TSS), 76,77% de amido total e 14–17% de polissacarídeos não amiláceos.

O consumo de produtos que contém alto teor de fibras está crescendo devido ao seu potencial efeito benéfico para a saúde humana (ZONDONADI *et al.*, 2012).

Semelhante à fibra alimentar, o amido resistente da farinha de banana verde não é digerível no intestino delgado, porém é fermentado no cólon do intestino grosso (SALAZAR *et al.*, 2021).

O amido resistente (AR) quando atinge o cólon intestinal é utilizado como substrato para a fermentação microbiana, podendo levar à produção de ácidos graxos de cadeia curta (butirato, propionato e acetato) (LI *et al.*, 2022).

Cada tipo de ácido graxo de cadeia curta tem impactos na saúde. O butirato é bem conhecido por melhorar a saúde intestinal humana, incluindo: diminuição da inflamação, redução do risco de câncer de cólon e aumento das funções da barreira intestinal (ZHU *et al.*, 2021).

Estudos clínicos demonstraram com sucesso efeitos benéficos na saúde do cólon intestinal com o consumo do amido resistente (NUGENT,2005; LOCKYER, NUGENT.,2017).

A utilização da farinha de banana verde é importante como matéria-prima alternativa para o processamento de produtos funcionais, melhorando a saúde da microbiota intestinal (BAEK *et al.*, 2023).

Diante disso, é importante apresentar um melhor detalhamento das farinhas produzidas a partir de bananas verdes da variedade Cavendish (Prata-Anã). A pesquisa visa entender melhor a composição centesimal, fenólica, amido resistente e a bioacessibilidade *in vitro* do amido resistente presente nestas farinhas, tanto quando feita a partir do fruto integral quanto apenas da polpa da banana verde.

Esta pesquisa é relevante devido ao interesse crescente em alimentos funcionais que podem beneficiar a saúde intestinal. A banana verde é conhecida por ser uma fonte potencial de amido resistente, que pode ter efeitos benéficos para o intestino. No entanto, é importante entender em detalhes a composição química dessas farinhas e como elas se comparam aos produtos vendidos comercialmente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a bioacessibilidade *in vitro* do amido resistente em farinhas de banana verde

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a farinha de banana verde “Prata Anã” com casca e sem casca, realizando análises de composição centesimal, compostos fenólicos totais, amido resistente e sua bioacessibilidade pelo método *in vitro*

- Analisar as farinhas de banana verde comercial quanto aos seus teores de amido resistente e compostos fenólicos totais.
- Analisar o amido resistente antes e depois da sua bioacessibilidade *in vitro* nas farinhas da banana verde produzidas na Empresa Mandioca Fruticultura (Embrapa).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Banana

A expressão "banana" originalmente designava a casca dos frutos. Contudo, o termo "Musa" foi adotado em referência à planta *Musa paradisíaca*, pertencente ao gênero *Musa* e à família *Musaceae*, evidenciando sua real origem (SINGH *et al.*, 2016).

O termo "banana" descreve o fruto de uma planta perene. Esta planta é uma monocotiledônea, o que significa que é uma planta de uma única semente com um ciclo de vida contínuo, como destacado por Lassoudière em 2007.

A banana é composta por diversas partes, que é composta por rizoma, pseudocaule, bainha foliar, folhas, engaço, raque, cacho e o coração, que também são conhecidos como o "umbigo" da bananeira (TOCK *et al.*, 2010).

Após a frutificação, cada pseudocaule produz apenas um cacho de bananeira, e é substituído por um novo pseudocaule emergindo do rizoma, depois da colheita. (TOCK *et al.*, 2010).

Existem muitas espécies e variedades de bananeiras, e elas são formadas em quatro subgrupos principais: "Prata" (AAB), "Maçã" (AAB), Cavendish ("Nanica" ou "Caturra" - AAA) e "Terra" (AAB). Esses grupos são derivados de mutações das espécies *Musa acuminata* Colla (AA) e *Musa balbisiana* Colla (BB) ao longo do processo evolutivo (EMBRAPA, 2014; LIMA; SILVA; FERREIRA, 2012).

No Brasil, as variedades que são mais consumidas são "Prata", "Prata-Anã", "Pacovan", "Maçã", "Terra", "Mysore" e "D'Angola" (todas pertencentes ao grupo AAB). Por outro lado, as variedades do grupo AAA, como "Nanica", "Nanicão" e "Grande Naine", são principalmente destinadas à exportação (SILVA; SANTOS-SEREJO; CORDEIRO, 2004).

As bananas, cientificamente conhecidas como *Musa spp.*, têm sua origem nas regiões do Sudeste Asiático e do Pacífico. São cultivadas em aproximadamente 150 países que se encontram nas zonas tropicais e subtropicais, abrangendo uma área de aproximadamente 12 milhões de hectares de terras (FAOSTAT, 2020).

Ao longo da história, acredita-se que a banana tenha sido usada por populações humanas nas regiões tropicais do sudeste asiático, e a evolução das espécies de bananas está ligada à presença humana nos trópicos. É coerente que a domesticação da bananeira tenha começado simultaneamente ao desenvolvimento da agricultura de cultivos alimentares (DANTAS *et al.*, 1997; ROSALES *et al.*, 1998. DIAS *et al.*, 2011).

3.2. Histórico de Produção e Consumo

A banana, é uma das frutas mais amplamente cultivadas globalmente e consumida em todo o mundo, e em termos de importância como cultura alimentar, é comparável ao arroz, trigo e milho (SANTOS *et al.*, 2019).

O gênero *Musa* engloba mais de mil cultivares, amplamente reconhecidos globalmente por nomes como banana da terra, nanica, prata, d'água, maçã, ouro e figo (ARVANITOYANNIS e MAVROMATIS, 2009).

A China é o maior consumidor dessa fruta, enquanto a Índia lidera a produção com um total de 29 milhões de toneladas. O Brasil, em um ponto no passado, ocupou a posição de segundo maior produtor de bananas, mas agora se encontra em quarto lugar, com uma produção de 7,1 milhões de toneladas em 2019. (FAO, 2019).

No Brasil, a banana é amplamente consumida, abrangendo todas as regiões do país. A média de consumo anual no Brasil por habitante é de aproximadamente 25 quilos. Isso reflete a relevância da banana na alimentação dos brasileiros (IBGE, 2023).

De acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), o país conta com mais de 465 mil hectares de áreas de cultivo dedicadas ao plantio de banana.

Ocupando o segundo lugar de maior colheita, a banana é mais apreciada globalmente, ficando apenas atrás das laranjas. Rica em nutrientes, amplamente

acessível à maioria da população e disponível ao longo de todo o ano, ela ocupa a quarta posição entre os alimentos mais consumidos em todo o mundo (KUMARI *et al.*, 2022).

Esse fruto está amplamente disponível durante todo o ano, principalmente nas regiões da América do Sul, América Central, África Ocidental e Filipinas (ISRAELI, LAHAV, 2017).

Em relação a produção econômica da banana, a tolerância para as doenças e resistência ao frio, os cultivares que se destacam são: prata, pacová, prata anã, maçã, terra e nanica (MOTA *et al.*, 2000).

A predominância do cultivo das variedades de bananeiras do tipo Prata no Brasil, com ênfase nas espécies: “Prata Anã” e “Pacovan”, demonstra a longa tradição do seu cultivo e a sua firme aceitação no mercado (DONATO *et al.*, 2006).

3.3. Banana verde e suas características nutricionais

A banana verde é conhecida por ser um alimento de baixo índice glicêmico, não industrializado, atrativo e barato, contendo em sua composição fibras, vitaminas, minerais, compostos bioativos e alto teor de amido resistente do tipo 2 (VÁSQUEZ-CASTILLO *et al.*, 2010; JIANG *et al.*, 2015; KWAK *et al.*, 2012; FALCOMER *et al.*, 2019).

Entretanto, esses componentes estão presentes em concentrações distintas conforme a banana amadurece, levando a alterações em sua composição química (ALKARKHI *et al.*, 2011).

A banana verde contém vitaminas do complexo B, como tiamina (40 µg/100 g), riboflavina (70 µg/100 g), niacina (610 µg/100 g), piridoxina (470 µg/100 g), ácido fólico (23 µg/100 g) e ácido pantotênico (280 µg/100 g) (YANG *et al.*, 2009).

A banana verde apresenta teores de betacarotenos, que são precursores da vitamina A (68,2 µg/100 g), e ácido ascórbico (13,1 µg/100 g) (CHOO & CHONG, 2010; TACO, 2011).

O teor de ácido ascórbico é mais elevado na banana verde em comparação com a banana madura, visto que à medida que o fruto amadurece, esse conteúdo reduz ao mesmo tempo (RIQUETTE *et al.*, 2019).

A banana verde, ganha destaque em conter alto teor de potássio, atingindo em média 376,6 mg/100 g. O potássio desempenha um papel crucial na manutenção da contração muscular esquelética, prevenindo câibras, fadiga e arritmias cardíacas (LAURIN e LEBLANC, 2018).

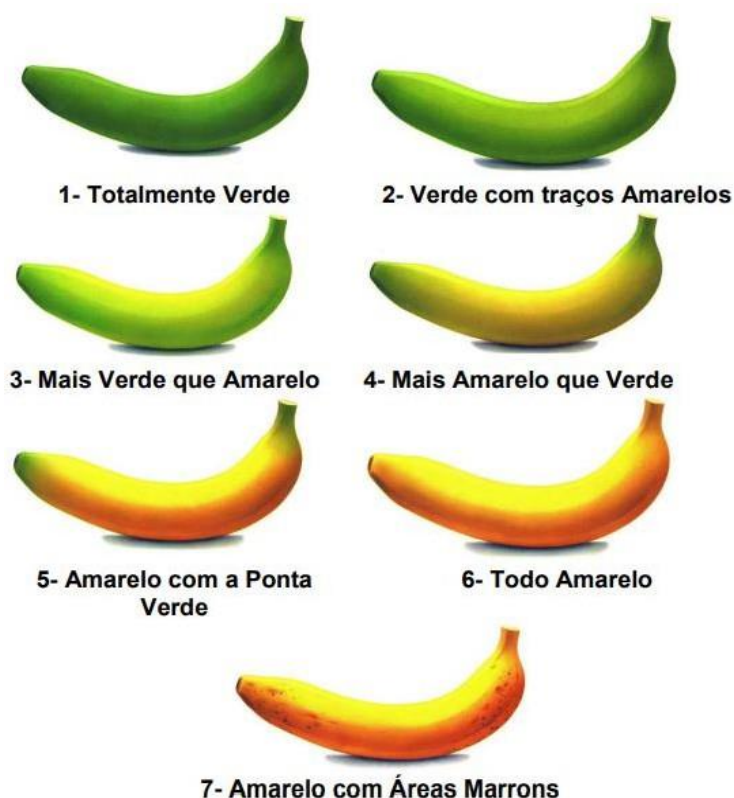
Além disso, o potássio contribui para o equilíbrio hidroeletrolítico celular e a síntese de proteínas (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018).

Outros minerais presentes na banana verde incluem cálcio, com uma concentração de 140 mg/100g, e sódio, que se apresenta em níveis de 45 mg/100g (FERREIRA *et al.*, 2020). Esses nutrientes desempenham papéis importantes em diversas funções fisiológicas do organismo.

A banana no seu estágio de maturação verde, não é muito consumida, pois possui um elevado teor de taninos, que eleva a sua alta adstringência e dureza. Isso acontece pela alta presença de compostos fenólicos solúveis (SARAWONG *et al.*, 2014; ANDRADE *et al.*, 2018).

Em um estudo conduzido por Lii, Chang e Young (1982), que avaliaram as mudanças ocorridas durante o amadurecimento de bananas, notou-se que houve uma diminuição significativa no teor de amido e um aumento nos teores de açúcares redutores e sacarose à medida que a fruta avançava do estágio 1 ao 7, conforme descrito na figura 1.

Figura 1: Escala de Maturação de Von Loesecke



Fonte: Adaptado de PBMH & PIF, 2006.

Ao compararem a composição centesimal das bananas da variedade “Taiwan” nos estágios verde e maduro, os autores identificaram alterações notáveis. Durante o amadurecimento, ocorreu o aumento dos teores de proteína e cinzas, enquanto os teores de lipídios e fibra bruta reduziram significativamente. Essas descobertas fornecem percepções valiosas sobre as mudanças nutricionais e físico-químicas ao longo do amadurecimento das bananas.

Os efeitos do estágio de maturação nos componentes da fibra alimentar e na pectina das cascas de banana (EMAGA *et al.*, 2008), e a composição química da casca da banana verde, podem ser alteradas ao decorrer da sua maturação e variedade da banana (EMAGA *et al.*, 2007).

Em um estudo realizado em bananeiras da variedade “Prata”, foi observado que os frutos colhidos 105 dias após a antese (período de floração ou desabrochar), demonstrou que as características físicas e químicas são semelhantes às frutas colhidas nos períodos de 120, 135 e 150 dias. Entretanto, as frutas colhidas antecipadamente aos 90 dias após a antese mostraram excelente capacidade de

conservação, embora com qualidade inferior em comparação com as demais (CHITARRA, 2005).

Em um estudo conduzido por Ringer e Blanke (2021) foram investigados métodos para determinar o estágio de amadurecimento de bananas, desde o estágio (verde) até o estágio (super maduro). O objetivo desse estudo foi identificar tecnologias precisas e adequadas para a diferenciação dos estágios de amadurecimento.

Ringer e Blanke (2021), concluíram que combinando os métodos de medidor DA (medição de degradação de clorofila), colorímetro e espectrômetro são os métodos mais adequados para a identificação de cada estágio de amadurecimento de bananas, podendo ser úteis na avaliação de amadurecimento em indústrias.

3.4. Farinha de Banana verde

Atualmente está ocorrendo um crescimento considerável no mercado pela busca de produtos insetos de glúten, e estima-se que atinja 7,91 mil milhões de dólares até 2026, contra 4,35 mil milhões de dólares em 2018. (MERCADO GLOBAL, 2019).

Uma das tendências contemporâneas na nutrição, com foco na saúde, consiste na preferência por produtos alimentícios com baixo teor de carboidratos e insetos de glúten. Os consumidores estão se tornando mais exigentes em relação aos alimentos, considerando duas propriedades principais. A primeira refere-se aos aspectos nutricionais tradicionais dos alimentos. Em adição, a segunda característica primordial é a busca por benefícios adicionais para a saúde, que sejam decorrentes do consumo regular desses alimentos (BROUNS *et al.*, 2002).

Em um mundo em constante transformação, com alterações nos hábitos alimentares e estilos de vida cada vez mais estressantes, há um crescente reconhecimento da importância de manter um sistema digestivo saudável (BROUNS *et al.*, 2002).

A banana verde representa uma excelente fonte de alimentos que contém carboidratos indigeríveis. Tais como o seu alto conteúdo de amido resistente presente na polpa, altos níveis de celulose, principalmente de hemicelulose e lignina, bem como

o seu baixo custo, que pode permitir a preparação da farinha da banana verde com seus aspectos funcionais (JUAREZ- GARCIA *et al.*, 2006).

Apesar dos seus nutrientes, as bananas verdes sofrem com grandes perdas na pós-colheita, sendo rejeitadas por apresentarem certas deficiências nas cascas e sendo não exportadas, a taxa oscila em torno de 5% e 10% (VÁSQUEZ- CASTILLO *et al.*, 2019).

O principal uso dessas bananas que são descartadas e rejeitadas é utilizada para a alimentação animal ou como fertilizante, embora que a utilização para o consumo humano, utilizando os resíduos ou a banana integralmente, como por exemplo a farinha de banana verde estão sendo investigadas (SALAZAR *et al.*, 2021).

De acordo com a EMBRAPA (2017), uma das formas de consumir a polpa da banana verde é na forma de farinha. Desta forma ela apresenta sabores e aromas suaves, sem deixar gosto residual, o que é uma vantagem. Outro ponto interessante é a facilidade em seu processamento considerado simples podendo ser feito em pequenas empresas.

A farinha de banana verde apresenta uma opção atrativa e versátil na indústria alimentícia devido ao seu potencial para contribuir positivamente para a saúde e o sabor de vários produtos (ROMBIDE *et al.*, 2023).

Essa farinha é reconhecida como um ingrediente alimentar funcional, principalmente por causa de sua concentração significativa de amido resistente, fibra dietética e teor de potássio. Como resultado dessas propriedades benéficas, a farinha de banana verde apresenta diversas aplicações promissoras, como demonstrado por pesquisas recentes realizadas por Campuzano *et al.* (2018).

Indivíduos celíacos podem se beneficiar com o uso dessa farinha, por se tratar de uma farinha que não contém glúten, se torna favorável o seu uso em receitas. Suas características nutricionais e funcionais, não afetam a qualidade e a aceitabilidade geral dos produtos (INYANG & NWABUEZE, 2020; PARENTE *et al.*, 2021).

No estudo conduzido por Choo e Aziz (2010), utilizaram a farinha de banana verde produzida a partir da espécie *Musa Awak* para a produção de macarrão, a quantidade de farinha de banana verde utilizada foi de 30%, e observou-se o aumento significativo das fibras alimentares total do macarrão, amido resistente,

amido total e alguns minerais essenciais, incluindo fósforo, magnésio, potássio e cálcio. Além disso, a substituição de 30% no macarrão aumentou os teores de umidade, proteína bruta, fibra bruta e cinzas.

Por outro lado, vários estudos investigaram utilizar a casca de banana verde na produção da farinha de banana verde (RANZANI, STURION, BICUDO, 1996).

3.5. Amido Resistente

Berry em 1986, descobriu a existência de uma fração do amido que permanece resistente ao processo de digestão durante a análise para a avaliação do teor de fibra alimentar, desde então surgiu um grande interesse no denominado amido resistente (AR).

Esse interesse perpetuou para a formação da EURESTA (Flair Concerned Action on Resistant Starch), que definiu o amido resistente como a soma do amido e de seus produtos de degradação que resistem à digestão no intestino delgado em indivíduos saudáveis, conforme estabelecido pela ASP em 1992.

Embora muitos dos efeitos fisiológicos do amido resistente (AR) se assemelhem aos das fibras alimentares, é importante destacar que o AR não se encaixa na definição original de fibra alimentar como um material presente na parede celular vegetal (FUENTES *et al.*, 2010).

Uma diferenciação adicional em relação às fibras é evidenciada pelas ligações químicas entre as unidades de glicose no AR, as quais são do tipo α e que podem ser hidrolisadas pela enzima α -amilase encontrada no trato gastrointestinal humano. Em contraste, as unidades de glicose nos componentes das fibras alimentares estão ligadas por ligações β , que não podem ser hidrolisadas pelas enzimas do trato gastrointestinal (ZHOU *et al.*, 2008).

Portanto, a não digestibilidade do AR não se refere à sua composição química, mas sim à inacessibilidade física do AR às enzimas digestivas (FUENTES *et al.*, 2010).

O amido resistente (AR) é um excelente substrato para a fermentação no cólon intestinal, pois resulta na produção dos ácidos graxos de cadeia curta, especialmente

o ácido graxo butirato (GIUNTINI, DAN, LUI & DE MENEZES, 2015 ; SARDÁ *et al.*, 2016).

Os ácidos graxos de cadeia curta apresentam diversas atividades fisiológicas benéficas, tal como o controle das respostas glicêmicas e insulinêmicas, redução dos níveis de colesterol e triglicerídeos no sangue, melhoria na sensibilidade à insulina do corpo, aumento da sensação de saciedade e redução do acúmulo de gordura (GIUNTINI, DAN, LUI, & DE MENEZES, 2015 ; SARDÁ *et al.*, 2016).

Além de ser benéfica na redução dos riscos de doenças cardiovasculares e na efetiva contribuição para a perda de peso. Devido às propriedades semelhantes às das fibras insolúveis, o AR, durante o processo de digestão, retém moléculas de gordura e açúcares, permitindo que sejam absorvidas pelo organismo de maneira mais lenta e gradual. Esse processo, promove um aumento prolongado da sensação de saciedade. (WALTER; SILVA; EMANUELLI, 2005).

Esses efeitos positivos contribuem para a diminuição do risco de doenças crônicas não transmissíveis. A adição de farinha de banana verde na formulação de alimentos não apenas enriquece nutricionalmente os produtos, mas também traz um conjunto abrangente de vantagens para a saúde. (GIUNTINI, DAN, LUI & DE MENEZES, 2015).

Tabela 1: Classificação do amido resistente (AR) por Nugent *et al.*, 2005

TIPOS DE AR	DESCRIÇÃO	TAXA DE DIGESTÃO
AR 1	Fisicamente inacessível à digestão por aprisionamento em matriz não digerível	Taxa lenta: grau parcial de digestão
AR2	Grânulos resistentes não gelatinizados com tipo B cristalinidade, hidrolisada lentamente pela α -amilase	Taxa muito lenta: pouco grau de digestão

AR3	Amido retrogradado formado quando amido contendo os alimentos são cozidos e resfriados	Taxa lenta: grau parcial de digestão
AR4	Amidos resistentes quimicamente modificados selecionados e ingredientes alimentares processados industrialmente	Como resultado de produtos químicos modificação, pode resistir à hidrólise

*AR: amido resistente

3.6. Estudos com a farinha de banana verde

Os estudos vinculados com o uso de bananas verdes podem ser classificados em duas áreas diferentes: na pesquisa fundamental, que foca na compreensão aprofundada das características das bananas verdes, incluindo suas propriedades físico-químicas e digestivas, e no desenvolvimento de produtos, que tem como objetivo determinar as características ideais para a criação de produtos derivados dessas bananas verdes (MENEZES *et al.*, 2010; JIANG *et al.*, 2015).

De acordo com o estudo conduzido por Kumar *et al.*, 2019, a composição obtida da farinha de banana verde estudada foi 52,7–54,2% de amido resistente (AR); 1,81% de sólidos solúveis totais (SST), 76,77% de amido total e 14–17% de polissacarídeos não amiláceos.

No estudo de Li *et al* (2022) a farinha de banana verde reduziu a permeabilidade intestinal e restaurou a integridade da barreira intestinal após a perturbação causada pelo uso de antibióticos. Além disso, a intervenção com a farinha de banana verde acelerou a recuperação da microbiota intestinal, estimulando o crescimento de diversas cepas benéficas de bactérias.

Esses estudos desempenham um papel significativo no aprimoramento do processamento e na exploração de benefícios da banana verde e seus subprodutos.

Além disso, estudos anteriores sobre as cascas de banana verde têm se concentrado principalmente na avaliação de características físico-químicas, com o seu alto teor em compostos bioativos, como compostos fenólicos (REBELLO *et al.*, 2014), fibras alimentares, pectinas e taninos (WU *et al.*, 2014).

Os compostos bioativos possuem propriedades anticancerígenas (KAMAL *et al.*, 2016), antibacterianas (CHAUDHRY *et al.*, 2022) antidiabéticas e antioxidantes (MONTELONGO *et al.*, 2010), além de auxiliarem na prevenção de doenças cardiovasculares (KHOOZANI *et al.*, 2019; VU *et al.*, 2018).

3.7. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos nas plantas podem apresentar-se em diferentes formas, incluindo de forma livre, a forma conjugada solúvel (esterificada) e a forma ligada insolúvel (ZHANG *et al.*, 2020).

Pesquisas recentes têm demonstrado que os compostos fenólicos na forma ligada exibem uma capacidade antioxidante consideravelmente superior quando comparados aos fenólicos na forma livre em vários ensaios de antioxidantes *in vitro* (PANG *et al.*, 2018).

Porém, diversos elementos adicionais influenciam consideravelmente o teor fenólico de materiais vegetais. Isso inclui variáveis como o ambiente de armazenamento, procedimentos de cuidado após a colheita, processos como pasteurização, esterilização, fermentação e tratamento térmico, bem como técnicas de branqueamento (ESUA *et al.*, 2019; LEONARD *et al.*, 2021)

Cada uma dessas abordagens de processamento de alimentos desencadeia modificações significativas na quantidade de compostos fenólicos presentes nesses materiais provenientes de plantas (VIEIRA *et al.*, 2018; ZHANG & JIANG, 2019).

As indústrias farmacêuticas, de alimentos, saúde e cosméticos, possuem grande interesse nos compostos fenólicos presentes nas matrizes vegetais, dessa forma as pesquisas realizadas são mais robustas e concisas (FORZATO, VIDA & BERTI, 2020)

Os compostos fenólicos presentes na banana verde têm demonstrado interesse nas indústrias de alimentos e nutracêuticos, pois podem atuar na prevenção de

doenças crônicas, tais como doenças cardiovasculares através da modulação do estresse oxidativo e da inflamação (KUMARI *et al.*, 2020).

A banana contém uma classe de compostos chamados polifenóis, que podem incluir substâncias, tais como o ácido gálico, catequinas, epicatequinas e antocianinas, bem como outras substâncias derivadas do grupo dos flavonoides (BASHMIL *et al.*, 2021).

Os níveis de polifenóis na banana variam (6,5-18,9 mg GAE/g de peso seco) em diferentes momentos de colheita. Isso ocorre devido a fatores como localização geográfica, clima, práticas agrícolas, variações na cultura da banana e grau de maturação da fruta (BONNET *et al.*, 2013; BASHMIL *et al.*, 2021).

Estudos específicos sobre as bananas indicam que os ácidos fenólicos, como o ácido ferúlico e o ácido clorogênico, juntamente com flavonoides, estão presentes e contribuem para a atividade antioxidante da fruta (LIM *et al.*, 2007).

Esses compostos não apenas oferecem potenciais benefícios à saúde, mas também influenciam as características sensoriais e a qualidade de produtos processados à base de banana (KRITSI *et al.*, 2023).

Na pesquisa conduzida por Haminiuk *et al.* (2012), demonstra que várias técnicas podem ser realizadas para a medição e quantificação dos compostos fenólicos nos alimentos, tais como, métodos variados para a extração desses compostos, medição dos níveis totais de compostos fenólicos e flavonoides, identificação e mensuração específica de compostos fenólicos, investigação sobre como os compostos fenólicos são absorvidos e utilizados pelo corpo.

3.8. Estrutura química dos compostos fenólicos

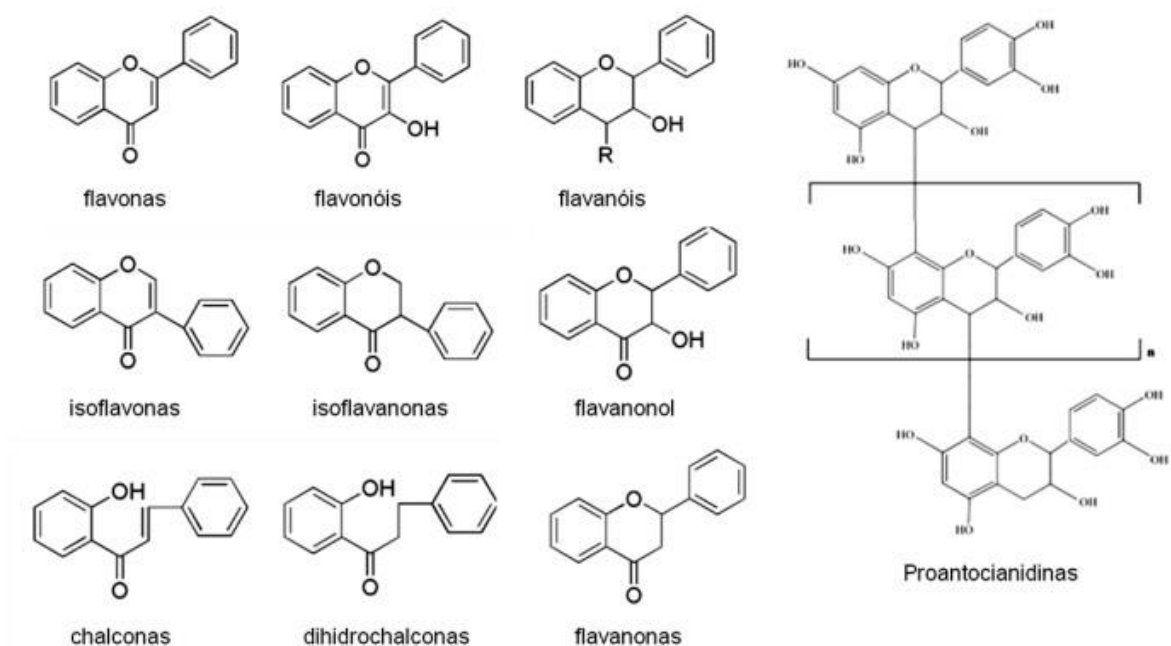
Os compostos fenólicos se caracterizam pela presença de pelo menos uma hidroxila ligada a um anel aromático, como o benzeno (PENGELLY, 2020).

Eles englobam uma vasta gama de estruturas que vão desde moléculas simples, conhecidas como fenólicos monoméricos, até complexos polímeros de elevada massa molecular, denominados polifenóis (ALARA, ABDURAHMAN & UKAEGBU, 2021).

Isso significa que os compostos fenólicos exibem uma ampla diversidade estrutural, abrangendo desde estruturas elementares até substâncias complexas formadas por múltiplas unidades repetidas. Essa variedade de estruturas tem sido amplamente documentada em diversas pesquisas (PENGELLY,2020).

De acordo com Robbins (2003), os principais grupos de compostos fenólicos presentes nos alimentos são flavonoides e ácidos fenólicos, sendo os flavonoides representantes de aproximadamente dois terços dos fenólicos alimentares e os ácidos fenólicos quase o terço restante.

Figura 2: Grupos de compostos fenólicos



Fonte: adaptada de Shahidi e Ambigaipalan (2015)

As bananas verdes são ricas em amido resistente, que tem sido associado a vários benefícios à saúde, como a melhoria na função intestinal e na regulação da glicose no sangue (ROSADO *et al.*, 2019).

Além do amido resistente, as bananas verdes também contêm compostos fenólicos, incluindo os flavonoides e os ácidos fenólicos, que contribuem para suas propriedades antioxidantes e benéficas à saúde (ANYASI *et al.*, 2017).

3.9. Extração

A eficácia e o resultado da extração de compostos fenólicos de alimentos são significativamente influenciados pela composição do solvente, como indicado em estudos anteriores (JARA *et al.*, 2020).

A utilização da amostra em forma de pó, melhora a extração e quantificação dos compostos fenólicos nos alimentos, pois aumenta a área de superfície, promovendo com mais facilidade o rompimento da parede celular, consequentemente facilitando a liberação do teor fenólico (SETYANINGSIH *et al.*, 2019).

Dado que os compostos fenólicos abrangem uma ampla gama de polaridades, uma variedade de solventes pode ser empregada para essa finalidade (WANG *et al.*, 2016).

O solvente ideal deve atender a certos critérios, tais como ser capaz de extrair grandes quantidades dos compostos alvo desejado e ter uma capacidade mínima de dissolver substâncias que possam interferir na análise (ALARA, ABDURAHMAN & UKAEGBU, 2021).

Outros processos são de grande importância, tais como, manter a estabilidade química para evitar reações irreversíveis com os compostos alvo e possuir uma viscosidade adequada para ser manejável e transportado de forma eficaz e gerar menos resíduos (NARDI, PEDROSA & CUNHA, 2018).

A influência da polaridade no processo de extração de compostos fenólicos é um tema relevante para a indústria alimentícia e nutracêutica, visto que os compostos fenólicos são conhecidos por suas propriedades antioxidantes e benefícios à saúde (LING & HADINOTO, 2022).

O estudo conduzido por Sarawong., *et al* (2014) demonstrou que os fenólicos totais na farinha de banana verde obtidas por extrusão houve uma redução no índice do conteúdo fenólico total e dos fenólicos livres e ligados, em comparação com outras amostras extrusadas sob diferentes condições.

Isso demonstra que o processo de extrusão pode afetar negativamente a concentração de compostos fenólicos (SARAWONG., *et al* 2014).

O tipo de solvente e suas misturas, assim também como o pH são critérios importantes e devem ser escolhidos de acordo com a matriz vegetal, pois podem afetar negativamente a extração e a quantificação precisa dos compostos fenólicos (SPRAKEL & SCHUUR, 2019).

A justa combinação desses elementos leva a um método mais eficiente de extração, permitindo uma recuperação maior e mais precisa dessas substâncias (NARDI, PEDROSA & CUNHA, 2018).

A temperatura é um dos fatores que influenciam na exatidão da extração de polifenóis em matrizes vegetais (GONZÁLES-MONTELONGO *et al.*, 2010).

Contudo a seleção da temperatura correta, otimiza o processo da extração e conseqüentemente ocorrerá uma maior concentração de polifenóis no extrato (GONZÁLES-MONTELONGO *et al.*, 2010).

A determinação dos compostos fenólicos totais é realizada por diversos métodos, porém o método espectrofotométrico que utiliza o reagente de Folin Ciocalteu é o mais utilizado (PEREZ, DOMÍNGUEZ & LAMUELA-RAVENTÓS, 2023).

Trata-se de reação de substâncias redutoras/fenólicas com o reagente Folin-Ciocalteu (ácido fosfomolibdicofosfotúngstico) 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 (JACOBO *et al.*, 2013).

3.10. Bioacessibilidade *in vitro* das farinhas

A busca por uma compreensão mais aprofundada do impacto da estrutura e composição dos alimentos na saúde humana tem levado a um aumento na simulação da digestão no trato gastrointestinal. Essas simulações frequentemente empregaram uma variedade extensa de condições (LI & KONG, 2022).

Os alimentos em sua grande maioria são absorvidos apenas em uma pequena fração dos compostos bioativos que possuem impacto benéfico no organismo (BAO *et al.*, 2019).

Portanto, a identificação dos metabólitos secundários e a compreensão de suas propriedades biológicas não devem ser interpretadas como uma garantia de seus impactos na saúde humana. Para uma avaliação mais precisa, é fundamental levar em consideração a bioacessibilidade e a biodisponibilidade desses compostos (DIMA *et al.*, 2020).

A bioacessibilidade refere-se à porção de um composto que é liberado da matriz alimentar durante ou após o processo da digestão, tornando-se assim acessível para a absorção intestinal (MINEKUS *et al.*, 2014)

Por outro lado, a biodisponibilidade se relaciona com a utilização eficaz dos nutrientes e compostos bioativos pelo corpo, representando a porção do composto que é totalmente absorvida, ou seja, aquela que entra na corrente sanguínea e fica pronta para ser utilizada em processos metabólicos e exercer seus efeitos no local de ação (DIMA *et al.*, 2023).

A biodisponibilidade é um processo complexo que abrange a digestão gastrointestinal, absorção, metabolismo, distribuição nos tecidos e a bioatividade do composto. Desta forma, pode ser influenciada por uma vasta variedade de fatores, que estão relacionados tanto ao alimento quanto ao indivíduo (BOONSTRA, 2020).

Durante o processo de digestão, os compostos bioativos sofrem degradação, resultando na formação de metabólitos que derivam dos anéis fenólicos (LOO *et al.*, 2020).

Quando esses compostos bioativos alcançam o intestino delgado, sofrem por uma extensa gama de metabólitos, influenciados pela ação de enzimas. A microbiota intestinal desempenha um papel fundamental no metabolismo dos compostos fenólicos, alterando sua estrutura e modificando a presença de grupos hidroxila e metoxila (COSTABILE *et al.*, 2022).

A digestão *in vitro* é uma técnica que visa simular a digestão *in vivo*, fornecendo alternativas para o monitoramento de alguns ingredientes, composições e suas estruturas antes e após a sua digestão (LI & KONG, 2022).

O processo digestivo pode apresentar variações conforme o tipo e a quantidade de alimentos ingeridos, além de ser influenciado pelas características individuais de cada organismo (LI *et al.*, 2020).

A realização da simulação d digestão *in vitro*, são realizadas com diversas etapas, das enzimas digestivas, concentrações de sais, de pH, o tempo de digestão (MINEKUS *et al.*, 2014).

Há diversas metodologias para realizar a digestibilidade *in vitro* dos alimentos, essa não uniformização impossibilita a comparação de dados de forma precisa (CAPUANO& JANSSEN 2021).

A digestibilidade *in vitro* do amido resistente tem sido um tema abordado no atual momento pelos seus efeitos benéficos para a saúde do cólon intestinal. O amido resistente refere-se à fração de amido que escapa da digestão no intestino delgado e é fermentado no intestino grosso, levando o aumento de ácidos graxos de cadeia curta (CHANG *et al.*, 2021).

Os ácidos graxos de cadeia curta, em especial o butirato, desempenham um papel vital na saúde intestinal, ele atua como substratos energéticos para as células intestinais, exercendo assim efeitos anti-inflamatórios (GAO *et al.*, 2020).

O modelo para realizar a digestão *in vitro*, tanto gástrica e intestinal do amido resistente, consiste em utilizar condições ácidas quanto enzimáticas. Durante esses processos, o amido é submetido a diferentes graus de hidrólise, considerando a quantidade de amido que permanece indigestível (CHANG *et al.*, 2021).

Pesquisas recentes estão se dedicando em não apenas realizar a determinação da quantidade de amido resistente absorvido, mas também em compreender suas propriedades físico-químicas e seus efeitos fisiológicos (HALAJZADEH *et al.*, 2020).

Por exemplo, a estrutura cristalina e a organização dos grânulos do amido podem influenciar sua digestibilidade, assim como a presença de outros componentes alimentares presentes, tais como as fibras dietéticas e os polifenóis (CHEN *et al.*, 2019; NGO *et al.*, 2022, SUN *et al.*, 2020).

4. MATERIAS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida 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. E no Laboratório de Pesquisa da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Bahia (BA).

Foram utilizadas bananas da espécie *Musa acuminata* (AAA), da variedade Prata Anã, adquiridas nos genótipos de banana da coleção de germoplasma de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Mandioca e Fruticultura).

As farinhas integrais (contendo a polpa e a casca) e as farinhas utilizando apenas a polpa, foram elaboradas no campo experimental localizado no município de Cruz das Almas, no estado da Bahia, Brasil (12°40'19"S, 39°06'22"W", a 220 m acima do nível do mar), entre março de 2023 e agosto de 2023, totalizando 3 lotes de cada farinha.

Além disso, foram utilizadas 2 tipos de farinhas de banana verde comerciais para a comparação dos teores de compostos fenólicos totais e de amido resistente. As mesmas, foram adquiridas no comércio local de Belo Horizonte, Minas Gerais, nomeadas como: farinha comercial 1 e farinha comercial 2. As farinhas foram compradas em 3 lotes diferentes entre Agosto de 2023 e Outubro de 2023. Em relação a lista de ingredientes das farinhas comerciais, não estava informado o tipo da variedade da banana utilizada e se continha apenas a polpa da fruta ou a fruta integral.

4.1. Material

4.1.1. Equipamentos

- Agitador tipo Vortex (Nova Instruments, NI 1036)
- Balança analítica (Shimadzu, AY 220)
- Banho maria (Quimis, 226.1)
- Balão Volumétrico
- Bastão de Vidro
- Béquer
- Centrífuga (Daiki, DT4500)
- Cubeta de Vidro
- Estante para tubos falcon
- Espectrofotômetro (Femto Instrumentos Ltda, Cirrus 80)

- Estufa (Quimis Q-314M242 série 020)
- Espectrômetro de massas
- Papel Alumínio
- Pipeta de Pasteur
- Ponteira descartável
- Proveta
- pHmetro
- Ultra-turrax

4.1.2. Reagentes

- Ácido Clorídrico 37%
- Ácido Gálico (Neon)
- Acetona (Êxodo Científica)
- Alfa amilase (Sigma – Aldrich A3176-500KU)
- Éter Etílico (Êxodo Científica)
- Folin & Ciocalteu phenol reagent (Dinâmica)
- Bicarbonato de sódio
- Bicarbonato de amônio
- Cloreto de cálcio
- Cloreto de sódio
- Cloreto de magnésio
- Carbonato de sódio anidro P.A (Synth e Dinâmica)
- Extrato de Bile (Sigma-Aldrich B8631)
- Hidróxido de Sódio
- Pancreatina (Sigma – Aldrich P1750)
- Pepsina (Sigma – Aldrich P7000)
- Moinho de faca
- Peneira 30 mesh

4.1.3. Processamento das farinhas

4.1.3.1. Separação, lavagem, corte

Os cachos foram colhidos e processados na fase de maturação 1, de acordo com a escala de Van Loescke (1950), quando a casca estava completamente verde. As bananas foram descascadas e cortados em fatias de 4 a 5 mm de espessura e imerso em solução aquosa de 100 mg L⁻¹ de ácido cítrico e 300 mg L⁻¹ de ácido ascórbico por 10 a 15 min para evitar o escurecimento da polpa.

4.1.3.2. Secagem e trituração

O processo de secagem foi realizado com secador por convecção, a 50°C e ar velocidade de 1,5 m s⁻¹, até que o teor de umidade fosse entre 5 e 10% de peso úmido. As fatias desidratadas foram moídas em moinho de facas com peneira de malha 30, embalados em sacos de polietileno selados a vácuo e armazenado congelado até o momento das posteriores análises.

Figura 3: Farinhas de polpa (esquerda) e Farinha integral (direita)



4.2. MÉTODOS

4.2.1. Composição Centesimal

4.2.1.1. Umidade (U)

A umidade foi determinada em estufa com circulação de ar, a 105 °C até peso constante, de acordo com a metodologia da (AOAC, 2012).

4.2.1.2. Cinzas Totais (CT)

O conteúdo de cinzas totais foi determinado em forno mufla a 550 °C, de acordo com metodologia Association of Official Analytical Chemists (AOAC,2012).

4.2.1.3. Proteína Total (PT)

Os teores de proteínas foram determinados de acordo com o método de micro Kjeldahl, utilizando o fator de conversão de 6,25. Seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz, 2008.

4.2.1.4. Gordura Total (GT)

O teor lipídico foi determinado por extração contínua no Soxhlet, empregando-se o éter etílico como solvente extrator, seguida da remoção por destilação do solvente, de acordo com a metodologia de Association of Official Analytical Chemists. (AOAC,2012).

4.2.1.5. Carboidratos Totais (CT)

O teor de carboidratos foi determinado pela diferença entre a massa seca total (100%) e a soma das porcentagens determinadas de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos de acordo com a metodologia de Association of Official Analytical Chemists. (AOAC,2012). Seguindo a seguinte fórmula:

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100\% - (\text{Proteínas} + \text{Gorduras} + \text{Umidade} + \text{Cinzas})$$

4.2.2. Amido Resistente (AR)

O amido resistente foi obtido de acordo com a metodologia de Goñi *et al.* (1996). Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

O método possui quatro etapas. Na primeira etapa, as farinhas foram (moídas, homogeneizadas) para garantir uma distribuição uniforme do amido e tratada com pepsina a pH 1,5 (HCl) a 37°C por 1 hora para simular a digestão proteica que ocorre no estômago.

Na segunda etapa, a amostra é incubada com a enzima α -amilase a 37°C por 16 horas simulando a digestão do amido que ocorre no intestino delgado. A α -amilase quebra o amido em oligossacarídeos menores. O amido resistente, que não foi hidrolisado pelas enzimas, é precipitado e separado por centrifugação. O sobrenadante contendo os açúcares solúveis é removido, e o resíduo (amido resistente) é lavado três vezes com água para remover açúcares livres e outras impurezas. A função principal da alfa amilase é digerir o amido não resistente (amido digerível), deixando apenas o amido resistente para quantificação.

Na terceira etapa, após a digestão inicial, adiciona-se 3 mL de KOH 2 M, sendo sua função principal solubilizar e desnaturalizar o amido resistente após a digestão enzimática. Em seguida, a neutralização adiciona-se a solução tampão acetato de sódio e a digestão adicional com a enzima amiloglucosidase a 60°C por 45 minutos convertendo o amido resistente em glicose.

Na última etapa, a quantidade de glicose liberada pelo tratamento enzimático é medida utilizando um espectrofotômetro. O fator de correção de 0,9 é usado para converter a quantidade de glicose medida em uma quantidade equivalente de amido.

4.2.3. Bioacessibilidade *in vitro* das farinhas de banana verde

A bioacessibilidade *in vitro* foi realizada de acordo com o protocolo delineado por Minekus *et al.* (2014). Esse processo consiste em três etapas distintas: a fase oral, a fase gástrica e a fase intestinal. Para cada uma dessas etapas, é empregado um líquido de solução eletrolítica específica, nomeadamente o fluido oral simulado (FOS),

o fluido gástrico simulado (FGS) e o fluido intestinal simulado (FIS). Todas as etapas foram realizadas em triplicatas.

Na etapa da fase oral, 2 gramas de farinha de polpa e farinha integral foram misturadas com 4 ml/ 5ml de fluido salivar simulado (FSS). As farinhas foram mantidas em contato com o FSS por um período de 15 a 20 minutos.

Em seguida, a enzima alfa-amilase foi adicionada, seguida de agitação no vórtex por 30 segundos. Posteriormente, as amostras foram incubadas no banho-maria a 37°C sob agitação por 2 minutos.

Na fase gástrica, 5 ml da enzima pepsina foram adicionados, seguidos de agitação no vórtex por 30 segundos. O pH foi ajustado para $3,0 \pm 0,1$ com solução de HCL/NaOH a 1 mol/L. Posteriormente, as amostras foram incubadas em banho-maria a 37°C sob agitação por 2 horas. Após aproximadamente 1 hora, o pH dos tubos foi reajustado para $3,0 \pm 0,1$.

Na fase intestinal, 5 ml de bile bovina foram adicionados, seguidos de agitação no vórtex até o momento da sua adição aos tubos. Em seguida, a enzima pancreatina foi adicionada e agitadas por 30 segundos no vórtex. Posteriormente, o pH das amostras foi ajustado para $7,0 \pm 0,1$ com solução de HCL/NaOH a 1 mol/L e as amostras foram incubadas em banho-maria a 37°C sob agitação por 2 horas. Após aproximadamente 1 hora, o pH dos tubos foi reajustado.

Na etapa final, os tubos foram pesados e submetidos à centrifugação a 2810X g por 30 minutos. O sobrenadante foi coletado e armazenado a -20°C até o momento das análises de amido resistente e perfil químico.

4.2.4. Compostos Fenólicos

No atual estudo para a obtenção dos extratos, foi utilizado o método proposto por Gonzáles- Montelongo *et al.* (2010) com adaptações.

Em vez de utilizar o liquidificador de alta velocidade Politron PT-6000 (Kinematica AG, Lucerne, Suíça) a 12.000 g por 1 min, foi utilizado o equipamento Ultra-turrax 8000 rpm por 1 minuto.

Substituindo a centrifugação a 5.000 x g por 20 minutos na centrífuga Jouan CR-312 (Thermo Electron Corporation, Madrid, Espanha), utilizou-se a centrífuga disponível no laboratório que alcançava a força máxima 2.650 x g por 40 minutos

As adaptações nos equipamentos utilizados no método de extração foram necessárias devido à indisponibilidade dos aparelhos recomendados por Gonzáles-Montelongo *et al.* (2010) no laboratório. Assim, a escolha de utilizar o Ultra-turrax e a centrifugação a 2.650 x g por 40 minutos foi determinada pela disponibilidade dos equipamentos no laboratório, dessa forma foi garantido a continuidade do atual estudo sem comprometer a qualidade dos resultados.

Foram pesados 1,5 gramas das amostras (farinha integral, farinha da polpa e farinhas comerciais 1 e 2) com adição de 30 ml de acetona a 50%.

As amostras foram agitadas a 8000 rpm no equipamento Ultra-turrax por 1 minuto. Posteriormente colocadas em banho maria na temperatura de 55 °C por 120 minutos e centrifugadas a 2650 x g por 40 minutos. Os sobrenadantes foram coletados e congelados à -18 °C para posteriores análises.

A determinação dos compostos fenólicos totais foi obtida em triplicata em cada lote, acordo com o método espectrofotométrico de Folin-Ciocateau descrito por Rufino *et al.* (2010). Cada extrato foi diluído em tubos de ensaio revestidos com papel alumínio.

Tabela 2: Diluição dos extratos

Amostras	Diluições (µL)		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Farinha comercial 1	200 µL	300 µL	300µL
Farinha comercial 2	300 µL	300 µL	300 µL
Farinha Integral	300 µL	200 µL	100 µL
Farinha da Polpa	500 µL	400µL	400µL

Em seguida foram adicionados 5 mL da solução reagente Folin- Ciocalteau a 10% e agitados por 5 segundos no agitador tipo Vortex (Nova Instruments, NI 1036, Brasil). Após 8 minutos, 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 absorbâncias foi realizada no espectrofotômetro a 760 nm.

A curva padrão de ácido gálico foi realizada em 7 pontos, das quais as concentrações variaram de (150 a 900 µL/mL) nas mesmas condições da amostra e o resultado foi expresso em equivalente de ácido gálico (mg EAG.100g⁻¹ de amostra/base seca).

4.2.5. Análise estatística

Para a análise dos resultados, foi utilizado o programa Jamovi, Computer Software. Os resultados de todas as análises realizadas foram expressos utilizando ANOVA, média e desvio padrão e as diferenças foram determinadas pelo teste post hoc Tukey ($p < 0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Composição Centesimal

A Tabela 3, apresenta os valores de composição centesimal de forma descritiva, utilizando ANOVA (Análise de Variância). Essa estatística é uma parte fundamental para resumir e descrever todos os dados relevantes encontrados. Consiste em realizar o primeiro passo na análise dos dados fornecendo uma visão geral e simples. Demonstrando o quanto os valores do conjunto de dados variam ou se desviam da sua média.

Tabela 3: Composição Centesimal das farinhas de polpa e integral (100g)

Parâmetros	Amostras	Média	Desvio padrão
Umidade	FI	5,55	0,49
	FP	6,23	0,84
Cinzas	FI	4,33	0,30
	FP	2,53	0,19
Proteínas	FI	3,30	0,21
	FP	3,90	0,84
Lipídeos	FI	1,48	0,21
	FP	0,58	0,08

Carboidratos	FI	85,34	-
Totais	FP	86,76	-

Os resultados do teste ANOVA indicam uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, sendo (p <0,05)

*FI: Farinha integral (casca e polpa)

*FP: Farinha utilizando apenas a polpa

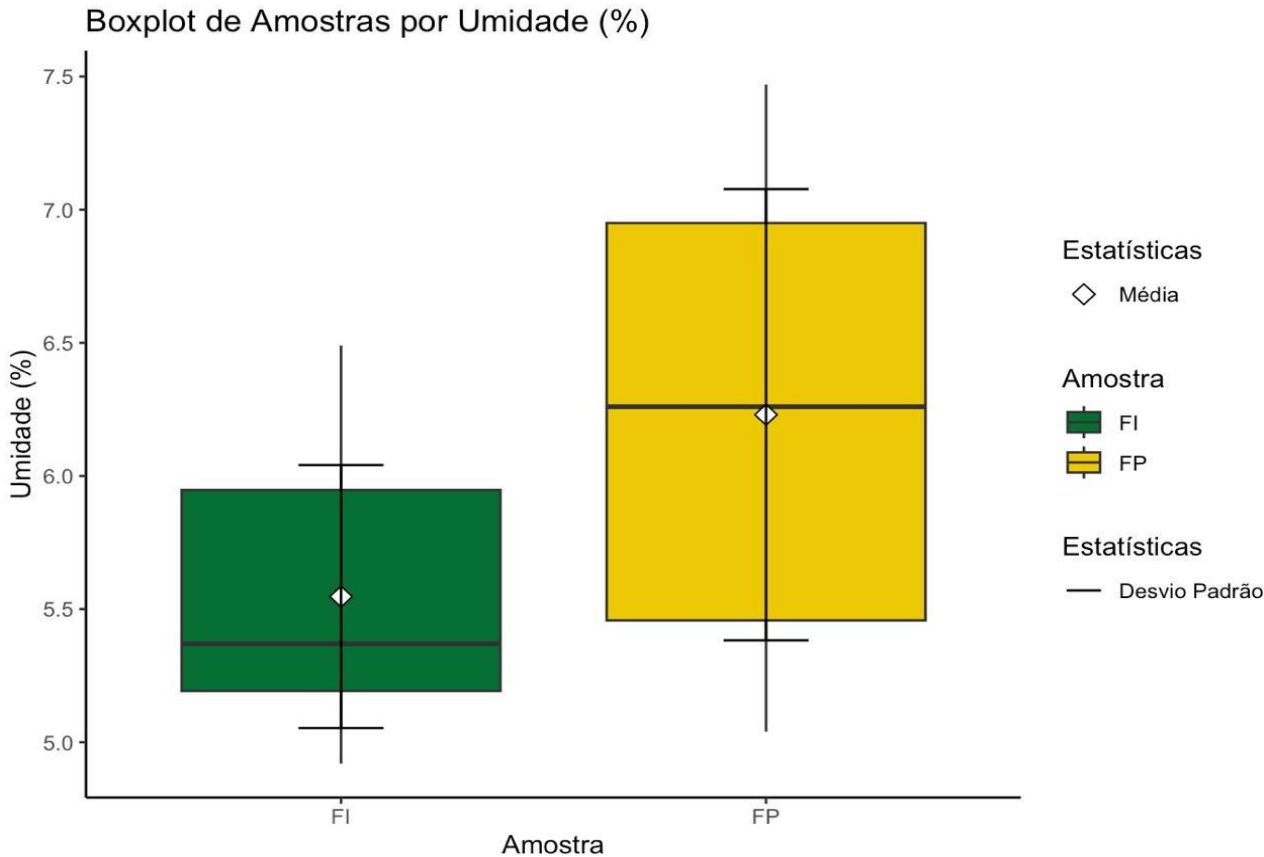
Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

5.2. Umidade

De acordo com o gráfico 1, a distribuição de percentual da umidade nas duas farinhas: integral e somente farinha com polpa. No eixo vertical (Y), temos a umidade expressa em percentagem, e no eixo horizontal (X), as duas amostras sendo comparadas. Esta representação gráfica permite uma comparação visual direta da umidade entre as duas amostras de farinha.

A farinha de banana integral demonstra uma mediana de umidade em torno de 5,8%. O quartil inferior e superior são aproximadamente 5,5% e 5,9% respectivamente. A variação é relativamente limitada, indicando uniformidade na umidade desta amostra. Essa uniformidade pode ser um indicativo de um processo de produção controlado e consistente. A farinha de banana da polpa, demonstra uma mediana de umidade mais alta, em torno de 6,5%, com o quartil inferior perto de 6,3% e o quartil superior aproximadamente 6,8%. A amplitude da umidade é ligeiramente mais extensa em comparação à farinha integral, indicando uma maior variação nos valores de umidade. Esta observação pode ser relevante para estudos futuros.

Gráfico 1: Gráfico de distribuição do teor de umidade



*FI: Farinha integral (casca e polpa)

*FP: Farinha utilizando apenas a polpa

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

Essas observações, indicam que a presença da casca na farinha de banana integral influencia o conteúdo de umidade, sendo que a farinha contendo apenas a polpa retém mais umidade.

Os valores obtidos encontram-se dentro do padrão estabelecido pela ANVISA (2023), que estipula um máximo de 15g de umidade por 100g de farinhas.

No estudo conduzido por Liao e Hung (2015), realizaram a análise de composição centesimal na farinha de banana verde, sendo que os teores de umidade encontrados foram distintos do atual estudo. Os valores encontrados no estudo foram $8,92 \pm 0,22\%$ e do presente estudo variou entre $5,55 \pm 0,49$ da farinha integral e $6,23 \pm 0,84$ da farinha da polpa.

Bezerra (2010), trabalhou com farinhas de banana verde com casca e sem casca que foram obtidas pelo processo de secagem de leito de jorro. A umidade encontrada na farinha com casca foi de $8,4 \pm 0,2$ e sem casca foi $6,9 \pm 0,18$. Demonstrando que a diferença nos teores de umidade pode ocorrer pela presença da casca da fruta. Os valores encontrados na farinha sem casca foram semelhantes do atual estudo na farinha de polpa ($6,9$

A espécie da banana e a produção da farinha, pode interferir no teor total de umidade (RODRIGUEZ-AMAYA,2001). Fasolin *et al.* (2007) trabalharam com a produção de biscoitos enriquecidos com farinha de banana verde da variedade “nanica”, obtendo o valor de $7,55 \pm 0,13$ de umidade por 100g de farinha da banana verde, valores mais altos do atual estudo.

Andrade *et al.* (2017), utilizaram a farinha de banana verde das variedades “Prata” e “Caturra”, para a produção de pães integrais. Os valores obtidos do teor de umidade na farinha de banana verde do cultivar “Prata” foram de 6,3% e no cultivar “Caturra” 6%, valores semelhantes do atual estudo, que utilizou a variedade “Prata Anã”.

No atual estudo, as bananas verdes foram utilizadas no estágio 1, de acordo com a escala de Von Loescke. Os valores encontrados foram $5,55 \pm 0,49$ na farinha de banana verde integral e $6,23 \pm 0,84$ na farinha da polpa. Contudo, Campuzano *et al.* (2018), encontraram valores mais altos e demonstraram que os teores de umidade podem se alterar durante as fases de amadurecimento da banana, variando entre $10,88 \pm 0,17$ no estágio 1 e $8,63 \pm 0,45$ no estágio 4 (estágio mais amadurecido), de acordo com a escala de Von Loescke.

Outro aspecto importante a se ressaltar, são as variedades da banana, que podem ser influenciados nos teores de umidade. Kumar *et al.* (2019), trabalharam com três variedades de banana, notando que entre elas a variação de umidade foi distinta, a variedade “Grand Naine” atingiu valores mais altos de umidade $8,59 \pm 0,71$ em comparação com a variedade “Monthan” $6,54 \pm 0,89$ que obteve valor semelhante da farinha de polpa do atual estudo $6,23 \pm 0,84$.

Khoza *et al.* (2021), estudaram diversas variedades de banana da África do Sul. Os teores de umidade foram determinados utilizando um forno a vácuo a 60°C por 16 horas. Os valores de umidade entre as variedades foram bem parecidos e mais altos

do atual estudo, variando entre $10,50 \pm 0,71$ da variedade “Grand Naine” e $9,40 \pm 1,34$ da variedade “FHIA-01” $9,40 \pm 1,34$.

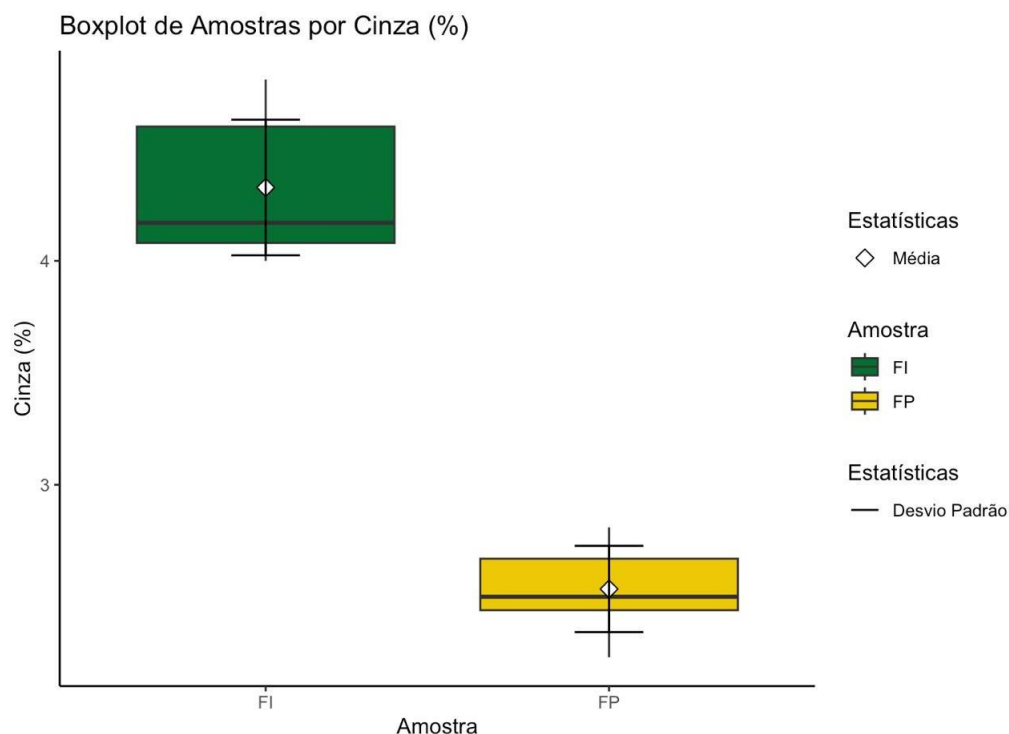
Sá *et al.* (2021) avaliaram a composição nutricional de farinhas de banana verde com casca de diversas variedades. Para a quantificação dos teores de umidade, foi realizada a secagem em estufa à 105°C , por 12 horas. O cultivar “Prata” obteve $6,01 \pm 1,32/100\text{g}$, reforçando os valores semelhantes do atual estudo $5,55 \pm 0,49/100\text{g}$.

A umidade é um aspecto importante para determinar a vida de prateleira de farinhas, se o limite ultrapassar $15\text{g}/100\text{g}$ pode ocorrer deterioração e crescimento de microrganismos (KUMAR *et al.*, 2019). Essas diferenças podem ser atribuídas a vários fatores, incluindo as diferenças no processo de secagem e na composição da farinha. Esses resultados reforçam a complexidade dos fatores que influenciam o conteúdo de umidade nas farinhas de banana.

5.3. Cinzas

O gráfico 2, apresenta a porcentagem de cinzas da amostra FI, demonstrando ter uma média de cinzas maior, em comparação com a amostra FP (cerca de 3%).

Ambas as amostras mostram pouca dispersão, indicando consistência nos dados de cinzas dentro de cada grupo.

Gráfico 2: Gráfico de distribuição do teor de cinzas

*FI: Farinha integral (casca e polpa)

*FP: Farinha utilizando apenas a polpa

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

A menor variação e desvio padrão na amostra FP sugere que essa amostra demonstra uniformidade em relação ao conteúdo de cinzas da amostra FI. A variação e uniformidade é justificada, pois a análise estatística foi realizada para cada repetição de lote em triplicata.

Essas observações visam entender melhor a composição de cinzas de cada amostra e fazer comparações qualitativas entre elas, o que é essencial para quantificação e qualidade na composição nutricional em análises de alimentos.

Fasolin *et al.* (2007) encontraram $2,06 \pm 0,06$ /100 g de cinzas na farinha de banana verde da variedade “Nanica”, por outro lado, o estudo atual a farinha de banana verde integral obteve valores mais altos $4,33 \pm 0,30$ na variedade “Prata Anã”.

Andrade *et al.* (2017) estudaram as variedades da banana “Caturra” e “Prata”. Os valores de cinzas das duas variedades distinguiram-se, obtendo $2,20 \pm 0,02$ de cinzas na variedade “Prata” e $3,00 \pm 0,14$ de cinzas na variedade “Caturra”. No atual

estudou, utilizando a banana da variedade “Prata Anã”, a farinha de banana verde contendo apenas a polpa obteve $2,53 \pm 0,19$, valor semelhante da variedade “Prata” do estudo conduzido por Andrade *et al.* (2017).

Outro aspecto interessante de se notar, é que o conteúdo de cinzas pode se alterar de acordo com sua fase de maturação, Campuzano *et al.* (2018), observaram que as bananas verdes no estágio 1 de acordo com a escala de Von Loescke obteve $2,10 \pm 0,03$ e no estágio 4, obteve $2,27 \pm 0,01$. Valores semelhantes na farinha de banana verde contendo apenas a polpa do atual estudo $2,53 \pm 0,193$.

Outro estudo que encontrou valores semelhantes em relação a farinha da polpa $2,53 \pm 0,19$ do atual estudo foi a pesquisa conduzida por Khoza *et al.* (2021), encontrando $2,46 \pm 0,32$ na variedade de banana “Du Roi”.

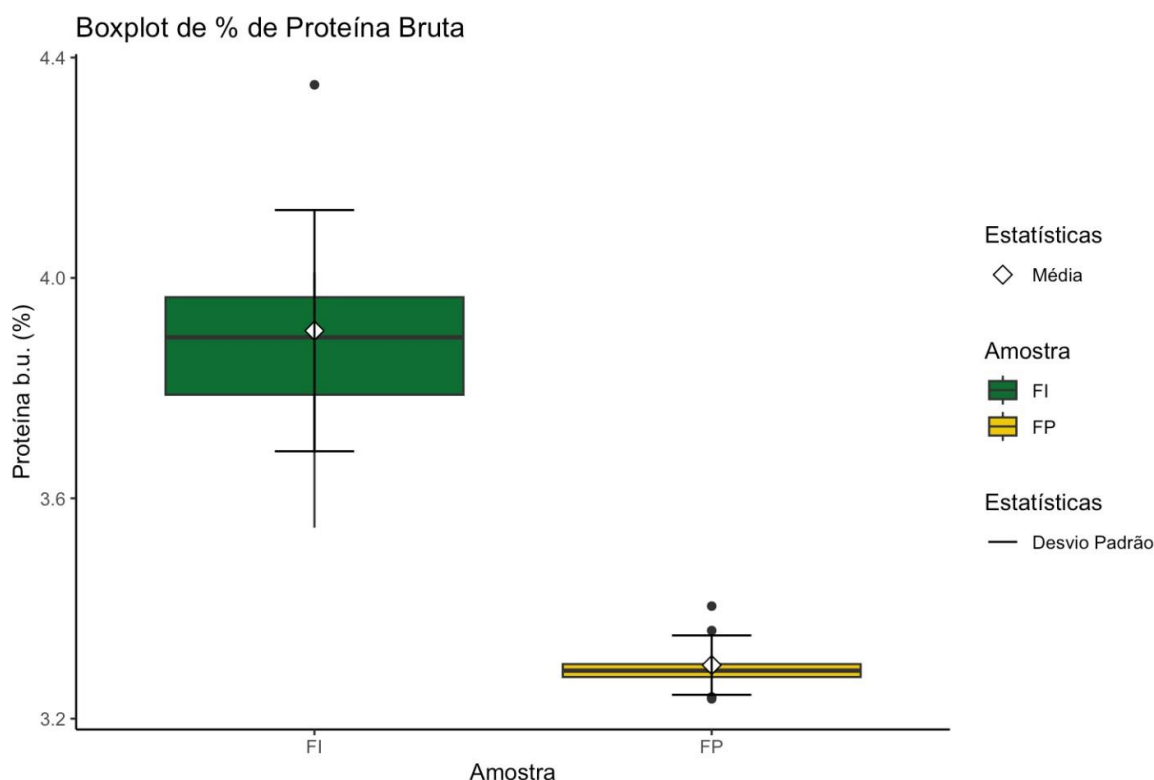
A pesquisa conduzida por Kumar *et al.* (2019), encontraram 1.89 ± 0.07 de cinzas na variedade de banana “Popolou”. Valores menores encontrados em comparação com o estudo atual na farinha de polpa $2,53 \pm 0,19$ e na farinha integral $4,33 \pm 0,30$ na variedade “Prata Anã”.

Sá *et al.* (2021) avaliaram a composição nutricional de farinhas de banana verde com casca de diversas variedades. A variedade “Prata” obteve $4,19 \pm 0,11$, valores semelhantes da atual pesquisa, utilizando a casca na farinha integral $4,33 \pm 0,30$.

Diante dos estudos apresentados, as variedades de banana podem se diferir no conteúdo de cinzas. Isso demonstra a importância de analisar o conteúdo de cinzas nas variedades existentes de banana por conta do seu conteúdo de minerais.

5.4. Proteínas

O gráfico 3 apresenta a variação da proteína bruta nas farinhas de banana verde. A amostra FI tem uma maior variação nos valores de proteína bruta e uma média mais alta comparada à amostra FP. A amostra FP mostra menos variabilidade, com valores mais concentrados em torno da mediana.

Gráfico 3: Gráfico de distribuição do teor de proteínas

*FI: Farinha integral (casca e polpa)

*FP: Farinha utilizando apenas a polpa

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

Os valores obtidos de proteínas no estudo atual foram de $3,30 \pm 0,21$ na farinha integral e $3,90 \pm 0,05$ na farinha da polpa.

No presente estudo as farinhas comerciais 1 e 2 foram comparadas quanto ao seu teor de proteínas.

De acordo com a tabela nutricional da farinha comercial 1, contém 1,5g/100g de proteínas, valor menor do atual estudo. Em contra partida a farinha comercial 2 apresentou 4,5g/100g de proteínas em sua composição, valor mais alto do atual estudo.

Fasolin *et al.* (2007) encontraram $4,54 \pm 0,20/100g$ na farinha de banana verde, valor semelhante encontrado no atual estudo.

Andrade *et al.* (2017) em seu estudo encontraram valores de $3,0 \pm 0,99$ na farinha de banana verde da variedade “Prata” e no atual estudo os valores

encontrados nas farinhas utilizando o cultivar “Prata Anã”, foram semelhantes, $3,90 \pm 0,05$ na farinha integral e $3,30 \pm 0,22$ na farinha da polpa.

Andrade *et al.* (2017) também pesquisaram os teores de proteínas da banana verde na variedade “Caturra”, obtendo o valor de $5,20 \pm 0,03$ de proteínas, sendo superior ao estudo atual. Demonstrando que as variedades podem se diferir nos teores de proteínas.

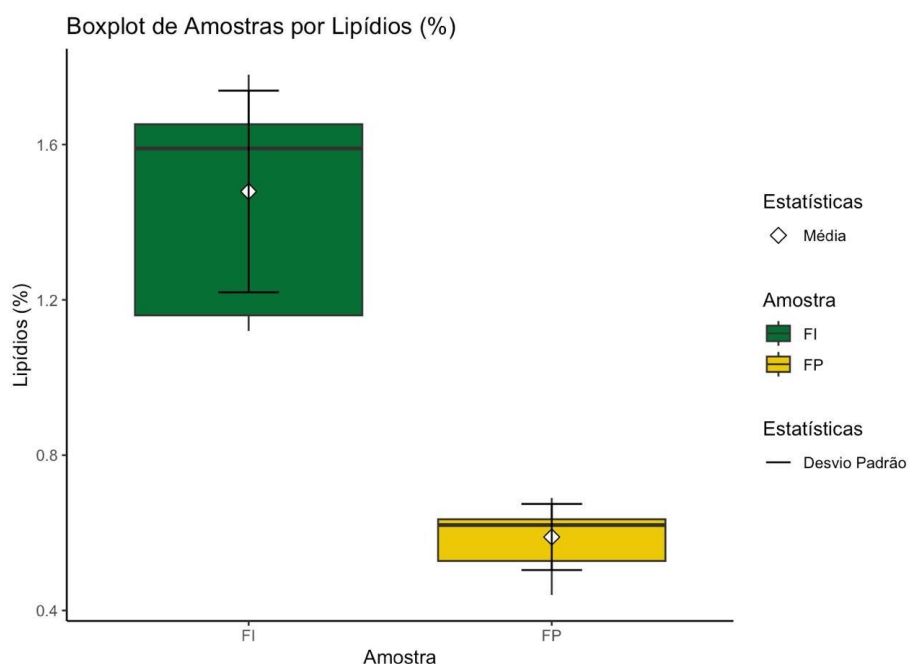
As bananas amadurecidas podem conter teores maiores de proteínas do que as bananas na sua fase totalmente verde. Campuzano *et al.* (2018), notaram isso em seu estudo, utilizando a banana da espécie *Musa acuminata*, obtendo $3,69 \pm 0,07$ na fase imatura(verde) e $5,52 \pm 0,16$ na banana amadurecida. O valor encontrado na fase imatura foi semelhante do atual estudo na farinha da polpa $3,90 \pm 0,53$.

Sá *et al.* (2021) trabalhou com três variedades de banana verde para a produção de farinhas utilizando o fruto integral. O cultivar “Prata” $5,40 \pm 0,24$ obteve valores maiores em comparação com os outros cultivares “Terra” $2,40 \pm 0,27$, “Maça” $3,40 \pm 0,22$. O estudo demonstrou que o cultivar “Prata” possui mais proteínas em comparação com as outras variedades.

Estudos demonstram que os cultivares, clima, solo podem interferir nos teores de proteínas (TOLEDO *et al.*, 2012).

5.5. Lipídeos

O gráfico 4 demonstra que a porcentagem da amostra FI de lipídios é maior (cerca de 1,4%) em comparação com a amostra FP (cerca de 0,6%). A FI apresenta maior variação e dispersão nos dados de lipídios, enquanto a FP mostra maior consistência e homogeneidade.

Gráfico 4: Gráfico de distribuição do teor de lipídios

*FI: Farinha integral (casca e polpa)

*FP: Farinha utilizando apenas a polpa

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

Os valores obtidos no estudo atual foram $1,48 \pm 0,26$ na farinha integral e $0,58 \pm 0,08$ na farinha da polpa.

Os valores distintos podem ser explicados pela presença da casca que podem contribuir para os teores de lipídeos serem mais elevados.

Nesse estudo as farinhas comerciais 1 e 2 foram comparadas quanto ao teor de lipídeos.

De acordo com a tabela nutricional da farinha comercial 1, contém 3,5g/100g de lipídeos em sua composição, valor maior em comparação com as farinhas integrais e de polpa do atual estudo. Em contra partida a farinha comercial 2 apresentou isento de lipídeos em sua composição.

Fasolin *et al.* (2007) obtiveram $1,89 \pm 0,11$ de lipídeos na farinha de banana verde, valor semelhante da farinha de banana verde integral $1,48 \pm 0,26$ do atual estudo.

Andrade *et al.* (2017) encontraram valores inferiores de lipídeos nas farinhas de banana verde das variedades “Prata” $0,3 \pm 0,4$ e “Caturra” $0,4 \pm 0,15$ comparando

com os valores do presente estudo, $1,48 \pm 0,26$ na farinha integral e $0,58 \pm 0,08$ na farinha utilizando apenas a polpa.

Os teores de lipídeos podem ser menores nas bananas verdes. Campuzano *et al.* (2018), notaram que o conteúdo lipídico da banana da espécie *Musa acuminata*, se diferenciou durante sua fase de amadurecimento, sendo o estágio totalmente verde, obteve valores menores de lipídios $1,33 \pm 0,01$, em comparação ao estágio amadurecido $3,67 \pm 0,01$. Os valores dos lipídeos no estágio 1 foram bem semelhantes do estudo atual, sendo $1,48 \pm 0,26$ de lipídeos na farinha integral.

As variedades também podem influenciar nos teores lipídicos. Como demonstrado no estudo de Khoza *et al.* (2021) que estudaram farinhas de banana verde de diversas variedades da África do Sul. A variedade “Pisang acordado” obteve $0,85 \pm 0,02$ de lipídeos, valor superior as demais variedades estudadas. Entretanto no atual estudo, o cultivar “Prata Anã” utilizando a farinha integral (polpa e casca) obteve valores mais altos $1,48 \pm 0,26$.

A farinha da polpa do atual estudo obteve $0,58 \pm 0,08$, valor semelhante da pesquisa conduzida por Kumar *et al.* (2019), que encontraram $0,61 \pm 0,20$ na variedade “Nendran”, sendo superior as outras variedades de banana estudadas.

Variações na composição de lipídeos das variedades de banana estão associadas a diversos fatores, tais como o clima regional, agrotóxicos, condições de colheita, entre outros (KHNOOZANI *et al.*, 2019).

5.6. Amido Resistente

A tabela 4 e o gráfico 5 mostram que as amostras FP possuem a maior quantidade de amido resistente, enquanto a comercial 2 tem a maior variabilidade nos dados. As amostras FI e FP têm dados mais concisos em torno da mediana e média, indicando menor variabilidade. Todos os dados apresentados foram analisados em três lotes e em triplicata.

Tabela 4: Tabela Descritiva dos teores de amido resistente das amostras de farinha Integral, polpa e comerciais

AMIDO RESISTENTE/ 100g		
Amostra	Média	Desvio Padrão
FI ¹	41,5	1,66
FP ²	57,6	2,90
FC1 ³	27,2	4,11
FC2 ⁴	26,2	8,63

Os resultados do teste ANOVA $p < 0.001$: Há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, ou seja, as amostras têm quantidades diferentes de amido resistente.

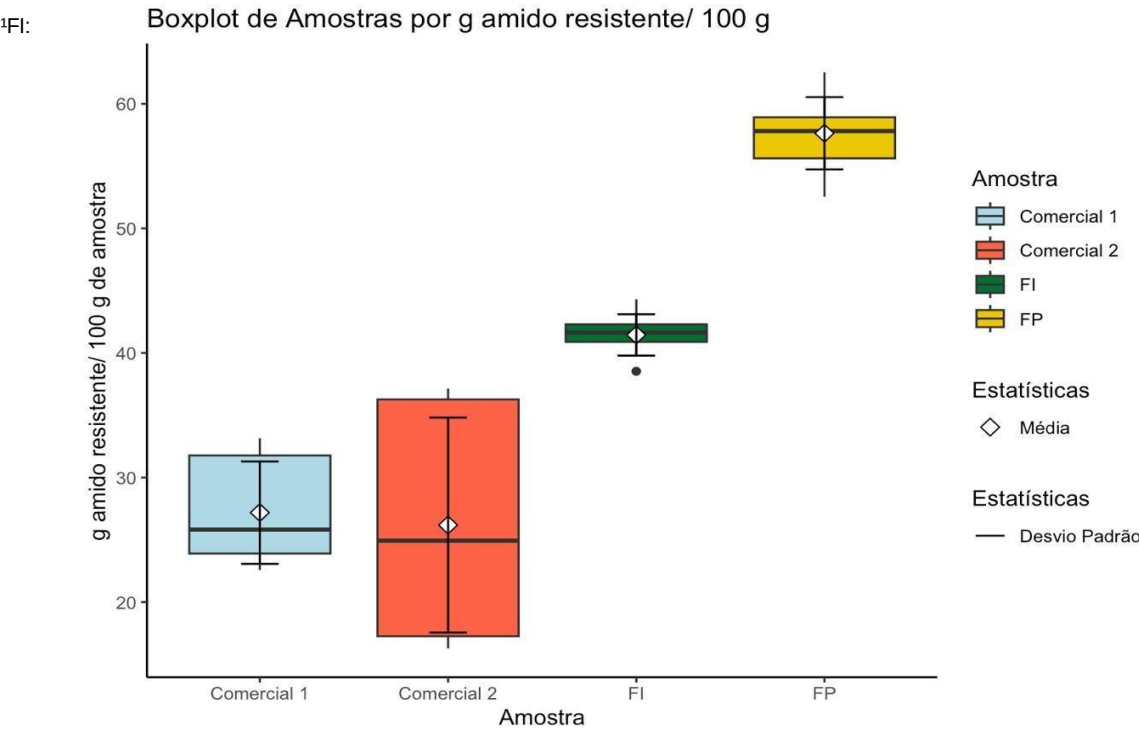
¹FI: Farinha integral (casca e polpa)

²FP: Farinha utilizando apenas a polpa

³FC1: Farinha Comercial 1 de banana verde

⁴FC 2: Farinha Comercial 2 de banana verde Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

Gráfico 5: Gráfico de distribuição dos teores de amido resistente



Farinha integral (casca e polpa)

²FP: Farinha utilizando apenas a polpa

³FC1: Farinha Comercial 1 de banana verde

⁴FC 2: Farinha Comercial 2 de banana verde

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

Nota-se que o amido resistente na farinha de banana verde contendo apenas a polpa da fruta 57,6g/100g, foi superior às demais farinhas de banana verde. A farinha integral atingiu o valor de 41,5g/100g e as farinhas comerciais obtiveram valores próximos entre 27,2g/100g na farinha comercial 1 e 26,2g/100g na farinha comercial 2.

Kumar *et al.* (2019), observaram que em diferentes variedades de banana, os valores de amido resistente podem se diferir. A variedade “Saba” foi a que obteve o maior conteúdo de amido resistente 46,50g/100g em seu estudo. Em contra partida, o atual estudo obteve valores mais altos 57,6g/100g na variedade “Prata Anã”.

Em um estudo conduzido por Ramos, Leonel e Leonel (2009), utilizando farinha de banana verde, observaram que os teores de amido resistente (AR), podem variar entre 10 a 40,25 /100 g. Isso pode ser observado na pesquisa atual nas farinhas comerciais que obteve valores entre 27,2/100g e 26,2/100g.

Os altos teores de amido resistente encontrados na banana verde, pode ser explicado pela elevada presença de taninos, devido a interação desses compostos com a amilose por meio de ligações hidrofóbicas e de hidrogênio, reduzindo a atividade da α -amilase. Como resultado, a degradação do amido é diminuída, aumentando o teor de amido resistente. (BARROS; AWIKA; ROONEY, 2012; MORAES *et al.*, 2015).

Liao e Hung. (2015) trabalharam com a variedade “Giant Cavendish”, encontradas na região de Tawai, obtendo 30,30g/100g de amido resistente, valor semelhante das farinhas comerciais do atual estudo.

Tribess *et al.* (2009) investigaram como as diferentes condições de secagem influenciam o conteúdo de amido resistente (AR) presente na farinha de banana verde da espécie *Musa cavendishi*. Foram testadas três temperaturas de secagem: 52 °C, 55 °C e 58 °C. E três velocidades de ar foram utilizadas: 0.6 m/s, 1.0 m/s e 1.4 m/s. A combinação específica de 55 °C e 1.4 m/s ou 55 °C e 1.0 m/s resultou em maiores conteúdos de amido resistente nas farinhas, obtendo $58,5 \pm 5,4$ g/100 g, valor próximo encontrado na farinha da polpa do atual estudo 57,6/100g.

Izidoro *et al.* (2011) investigaram os teores de amido resistente da banana verde na variedade de banana “Nanica”, aplicando secagem de forno convencional e secador de spray combinado com tratamento de pressão sonora cíclica (ultrassom). Os valores obtidos, oscilaram entre 60 e 79 g/100 g. Demonstrando que o uso do forno convencional para a secagem das bananas, obteve valores mais altos 79,89g/100g em comparação utilizando secador de ultrassom/ spray 56,95g/100g. Propondo uma alternativa melhor para preservar o conteúdo de amido resistente presente nas bananas verdes.

As condições de secagem na farinha de banana verde, pode impactar no conteúdo do amido resistente. No estudo conduzido por Khoozani & Birch 2019, demonstraram que a melhor temperatura seria 50 graus em estufa com ar quente, que pode ser aplicada para não ocorrer a diminuição nos teores do AR presentes na farinha de banana verde integral.

Durante a produção da farinha de banana verde, a quantidade de amido resistente pode diminuir devido à gelatinização. A perda ocorre com mais facilidade em altas temperaturas e tempo extenso. Isso demonstra a importância de escolher a melhor condição de processamento, juntamente com os pré-tratamentos adequados (KAR *et al.*, 2003).

Mohas *et al.* (2022), utilizaram as enzimas amilopululanase (uma enzima bifuncional) e amiloglucosidase para aumentar o teor de AR da farinha de banana verde. Os resultados demonstraram que as enzimas auxiliaram efetivamente no aumento do teor de amido resistente de 38,5% para 68,99%.

No estudo atual, a farinha de polpa apresentou 57,6g/100g, valor semelhante encontrado na pesquisa conduzida por Li *et al.* (2022), que estudaram o efeito da farinha de banana verde na integridade da barreira intestinal em ratos após a administração de antibióticos. O teor de amido resistente da farinha de banana verde utilizada no estudo foi de 56,09g /100g.

Estudos demonstram que o uso de farinha de banana verde pode ser benéfico para o cólon intestinal. Li *et al.* (2022), trabalharam com a farinha de banana verde em um ensaio animal, demonstrando que a farinha acelerou significativamente a restauração da microbiota intestinal e crescimento múltiplos de bactérias benéficas

após 2 semanas de administração. Demonstrando que a farinha do atual estudo pode trazer essa funcionalidade no aumento de bactérias benéficas no intestino.

Kumar *et al.* (2019), estudaram as propriedades estruturais, funcionais e físico-químicas de diversos tipos de farinhas de banana verde comparando com a farinha de trigo, demonstrando que os teores de amido resistente variaram, sendo a farinha de banana verde da variedade “Saba” contém o maior conteúdo de amido resistente $46,50 \pm 1,21$, valor semelhante dos teores da farinha integral da variedade “Prata Anã” do presente estudo $41,5 \pm 1,66$.

Khoza *et al.* (2021) trabalharam com variedades de banana da África do Sul, e encontraram valores mais altos 86.50 ± 0.21 na variedade “FHIA-01”. Jiang *et al.* (2020) estudou a digestibilidade e alterações nas características do amido da banana verde na espécie *Musa coccínea*, espécie encontrada na China, encontrando teores de $77,97 \pm 0,42$.

Diversos estudos demonstram que pode ocorrer diferença nos cultivares de banana no conteúdo de amido resistente, isso influencia suas propriedades funcionais e nutricionais. Essas variações são importantes para aplicação em indústrias para alimentos funcionais e também como um suplemento nutracêutico (FAISANT *et al.*, 1995).

Campuzano *et al.* (2018), estudaram as características físico-química e nutricionais da farinha de banana verde Cavendish *Musa acuminata* (AAA), durante sua fase de amadurecimento, utilizando a escala de Von Loescke. Os valores de amido resistente diminuíram diante seus estágios de amadurecimento, sendo que no estágio totalmente verde (1), o valor encontrado de amido resistente foi $38,28 \pm 2,71\text{g}/100\text{g}$ e no estágio da banana mais amarelada (amadurecida, 4) obteve o valor de $12.99 \pm 0.45\text{g}/100\text{g}$. Demonstrando que os estágios impactam na quantidade de amido resistente presente na banana.

Os valores encontrados nas farinhas comerciais no atual estudo foram menores (entre $27,2\text{g}/100\text{g}$ na comercial 1 e $26,2\text{g}/100\text{g}$ na comercial 2, em relação as farinhas de polpa e integral. Entretanto, como demonstrado nos estudos anteriores, o conteúdo de amido resistente pode ser afetado por uma série de fatores. Dentre delas podemos citar a temperatura adequada para a secagem das bananas, a variedade e espécie

da banana utilizada e o estágio de amadurecimento. Esses fatores podem levar o produto final, no caso a farinha de banana verde, ter o conteúdo menor de amido resistente (TRIBESS *et al.*, 2009; AHMED *et al.*, 2020, CAMPUZANO *et al.*, 2018).

No estudo conduzido por Bashmil *et al.* (2024), a variedade “Ladyfinger” apresentou maiores valores de amido resistente $35.22 \pm 0.08\text{g} / 100\text{g}$ em comparação com as outras variedades, tais como a “Cavendish” $31.46 \pm 0.17/100\text{g}$, “Ducasse” $35.22 \pm 0.08/100\text{g}$, contudo esses valores foram menores em comparação a investigação atual, $57,6 \pm 2,90\text{g}/100\text{g}$ na farinha da polpa da variedade “Prata Anã”.

Diversos estudos demonstram encontrar valores diferentes no conteúdo de amido resistente em bananas verdes, isso ocorre pelo cultivar, solo, clima e temperatura de secagem (SAMANROS & LIN, 2021; BUGAUD *et al.*, 2007; PHOTHISOOT *et al.*, 2023).

5.7. Bioacessibilidade *in vitro* das farinhas de banana verde

Até o momento, não houve estudos que investigaram as transformações estruturais do amido resistente da banana verde e a sua a bioacessibilidade *in vitro*, da qual se refere a fração que é liberada do amido no trato gastrointestinal, tornando-se acessível para absorção intestinal (CHAMP *et al.*, 2003; PERERA *et al.*, 2010).

A bioacessibilidade geralmente é expressa como uma porcentagem ou uma fração, representando a proporção do nutriente ou composto bioativo que se torna disponível para absorção no trato gastrointestinal após a digestão. No presente estudo, os valores encontrados da fração bioacessível da farinha de banana verde integral foram 1,19% e da farinha da polpa 1,62%. Esses valores reforçam que a fração de amido resistente do tipo 2 encontrada na banana verde é muito resistente às enzimas digestivas incluindo as amilases (SAJILATA *et al.*, 2006).

O amido resistente do tipo 2 é composto por cadeias de açúcares que são denominadas glicose. Essas cadeias são lineares do tipo alfa (1→4) que são denominados glucanos, eles se organizam com uma estrutura cristalina do tipo A e B, por isso são rígidas e resistente a quebra (EERLINGEN & DELCOUR, 1995).

Essa análise foi realizada para reafirmar os conceitos existentes da literatura, e pela sua estrutura química do amido resistente do tipo 2, resiste as ações das enzimas no trato digestivo, sendo fermentado no cólon intestinal (ZHANG *et al.*, 2020).

O amido resistente do tipo 2 não é totalmente digerido no trato digestivo superior e, portanto, fornece um substrato fermentativo para o metabolismo bacteriano no intestino grosso. A fermentação bacteriana resulta na produção de metabólitos, principalmente ácidos graxos de cadeia curta, incluindo acetato, propionato e butirato (DEMARTINO *et al.*, 2020; LOCKYER & NUGENT, 2017).

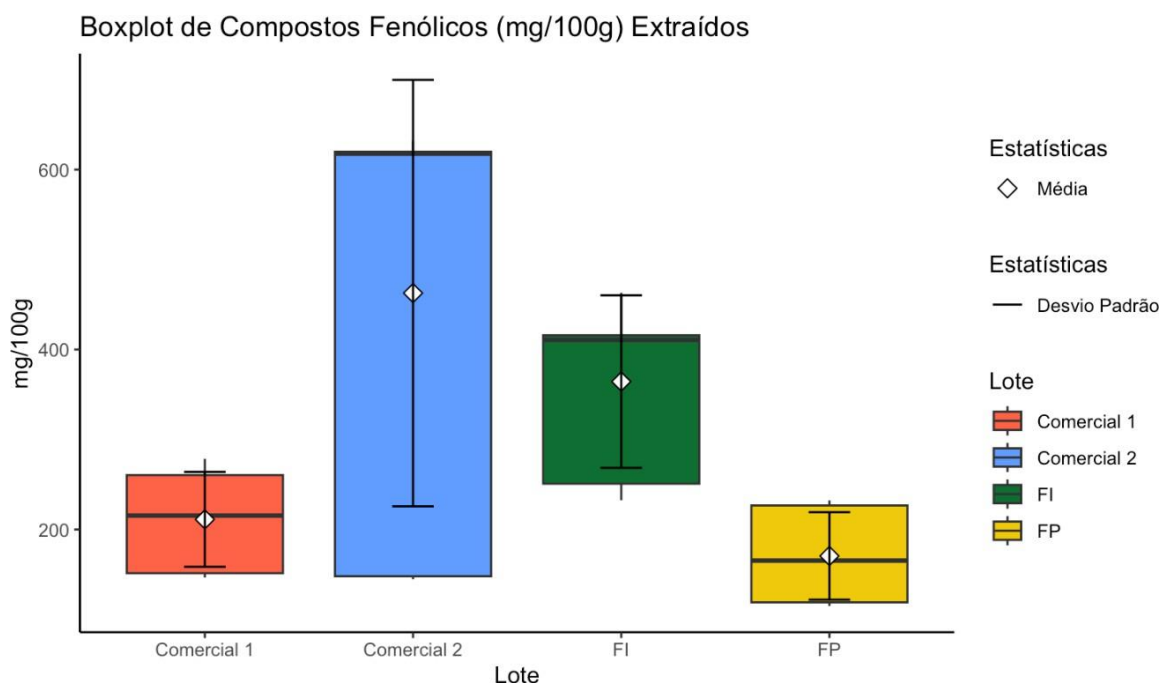
Os ácidos graxos de cadeia curta são os metabólitos microbianos com maior abundância no intestino grosso e age no organismo com diversas funções, tais como a homeostase da glicose, diminuindo a inflamação e aumento saciedade (JANSSEN & KERSTEN, 2017).

Portanto, o consumo de amido resistente do tipo 2, pode ser uma estratégia eficaz para promover a saúde do cólon intestinal. No entanto, mais pesquisas são necessárias para entender completamente os mecanismos subjacentes e para desenvolver intervenções dietéticas e de doses eficazes.

5.8. Compostos fenólicos

O gráfico 6 demonstra os teores de compostos fenólicos presentes nas farinhas. Nota-se que a farinha comercial 2, contém teores de compostos fenólicos superiores das demais farinhas. Essa farinha também apresentou o maior desvio padrão, mostrando que dentro dos lotes analisados em triplicata, ocorreu uma variabilidade.

Gráfico 6: Gráfico de dispersão dos compostos fenólicos da farinha integral, somente polpa e comerciais



¹FI: Farinha integral (casca e polpa)

²FP: Farinha utilizando apenas a polpa

³FC1: Farinha Comercial 1 de banana verde

⁴FC 2: Farinha Comercial 2 de banana verde

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

A Tabela 5 demonstra a análise descritiva das farinhas. O teste ANOVA foi aplicado para determinar se essas diferenças nas médias de fenólicos eram estatisticamente significativas. Os resultados indicaram que houve há uma diferença significativa entre as médias das farinhas analisadas ($p < 0,001$).

Tabela 5: Tabela Descritiva dos compostos fenólicos das amostras de farinha integral, polpa e comerciais

COMPOSTOS FENÓLICOS/ 100g		
Amostra	Média	Desvio Padrão
FI	364	95.9
FP	171	48.6
FC1	211	52.8
FC2	463	237

Os resultados do teste ANOVA $p < 0,05$. Há uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, ou seja, as amostras têm quantidades diferentes de fenólicos.

FI: Farinha integral (casca e polpa)

²FP: Farinha utilizando apenas a polpa

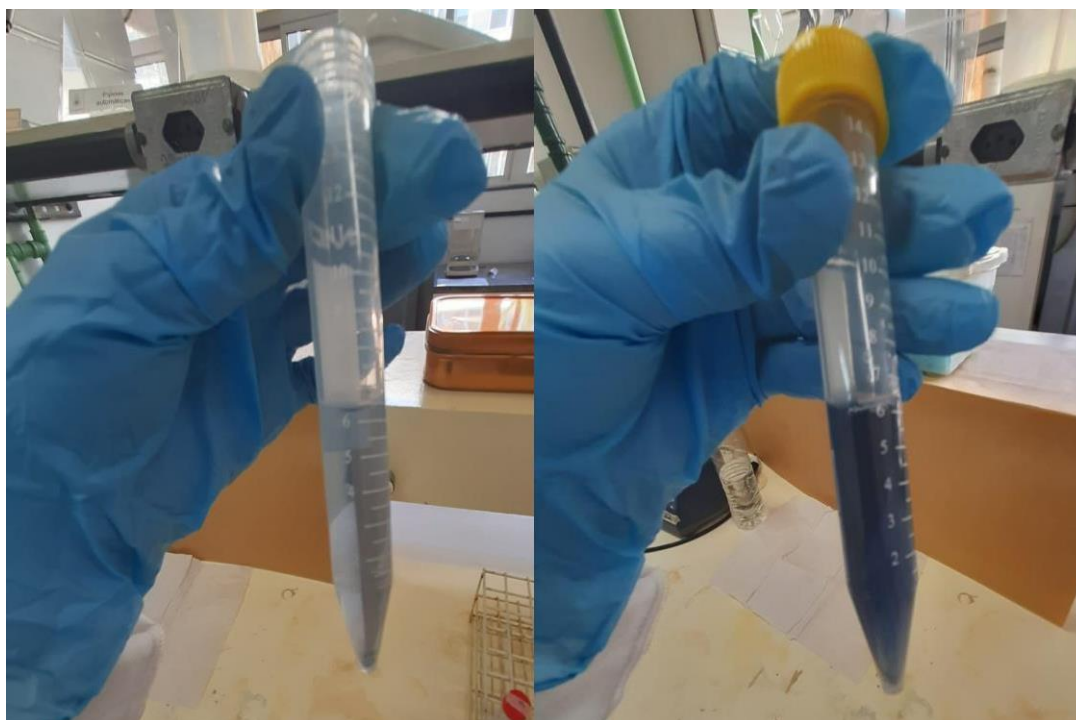
³FC1: Farinha Comercial 1 de banana verde

⁴FC 2: Farinha Comercial 2 de banana verde

Fonte: R Core Team (2023). R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

De acordo com a tabela 5 a farinha comercial 2 obteve maior valor de compostos fenólicos, porém a mesma teve um maior desvio padrão. Todas as farinhas analisadas foram compostas por 3 lotes, o que justifica o desvio padrão maior da farinha comercial 2, pois pode ocorrer variação entre os lotes.

Figura 4: Análise de compostos fenólicos das farinhas integrais e de polpa



A cor azul mais intensa se dá pela oxidação dos polifenóis e na consequente redução do reagente de Folin Ciocalteu. A primeira imagem foi a extração da farinha de polpa e na segunda imagem a farinha integral. Nota-se que a farinha integral ficou com a cor azul intensa em relação a farinha da polpa, também teve a absorbância mais alta, isso demonstra que as cascas apresentaram maior conteúdo fenólico total em comparação com as polpas.

Em seguida da farinha comercial 2, a farinha integral foi a segunda que obteve valores mais altos de compostos fenólicos. Estudos recentes demonstram que a casca

de banana verde tem um conteúdo significativamente maior de fenólicos em comparação com a polpa da banana (Zhang *et al.*, 2022).

Outro fator importante é a questão da variedade e espécie da banana que pode diferir nos teores de compostos fenólicos. No estudo conduzido por Kumar *et al.* (2019), observaram que os teores de compostos fenólicos na variedade “Nendran” da espécie *Musa paradisiaca* foi a que obteve maior teor de compostos fenólicos $144,9 \pm 1,41$ mg GAE/100g, em comparação com as demais bananas estudadas. Contudo, os valores foram semelhantes em comparação com a farinha da polpa da variedade “Prata Anã”, espécie *Musa spp.* do atual estudo $165 \pm 4,0$ mg GAE/100g

Khoza *et al.* (2021), trabalharam com cinco variedades de banana da África do Sul da espécie *Musa acuminata*, e a variedade “Grand Naine” se destacou por conter maior conteúdo de fenólicos ($524,87 \pm 1,6$ GAE/100g), em contra partida, a variedade “Du Roi” obteve $298.73 \pm 1,1$ mg GAE/100g, valor semelhante encontrado na farinha comercial 1 do presente estudo $211 \pm 52,8$ GAE mg/100g. As farinhas comerciais não continham a informação de qual espécie e variedade de banana que utilizaram.

Campuzano *et al.* (2018), estudaram as características físico-química e nutricionais da farinha de banana verde Cavendish *Musa acuminata* (AAA), colhida em Los Ríos, Equador durante sua fase de amadurecimento pela escala de Von Loeske (baseada na cor da casca 1 a 7), porém utilizaram até a escala 4, pois a partir das etapas 5 e 7 as bananas estão em sua fase mais madura, possuindo mais açúcares presentes.

Nesse contexto, Campuzano *et al.* (2018), observaram que a quantidade de fenólicos presentes na banana se difere de acordo com seus estágios. Na fase 1, os fenólicos presentes foram $16.54 \pm 0,04$ mg GAE/100g, na fase 2 apresentaram $29,68 \pm 1,14$ mg GAE/100g, na fase 3 apresentaram 103.98 ± 6.53 mg GAE/100g e na fase 4 apresentaram $160.80 \pm 1,66$ mg GAE/100g. Os valores obtidos no presente estudo no estágio 1 na farinha da polpa, apresentaram $171 \pm 48,6$ mg GAE/100g, valor semelhante do estágio 4 do estudo conduzido por Campuzano *et al.* (2018).

Diante desse contexto, nota-se que os compostos fenólicos provenientes das frutas são altamente influenciados pelo o estágio de maturação dos frutos pós

colheita, por fatores genéticos, ambientais, práticas agrícolas, manuseio e condições de armazenamento (PATINO-RODRIGUEZ *et al.*, 2019).

O processamento térmico, como secagem em forno e extrusão, pode impactar na extração dos compostos fenólicos presentes nas bananas verdes. Na pesquisa atual as bananas verdes foram secadas por convecção à 50 graus, na qual a farinha de banana verde integral obteve $364 \pm 95,9$ mg GAE/100g, valor semelhante obtido com a secagem em forno no estudo conduzido por Pico *et al.* (2019), que apresentou valor de $337,79 \pm 9,79$ mg GAE/100g.

Em contra partida, o estudo de Pico *et al.* (2019) e Sarawong *et al.* (2014) demonstraram que o cozimento por extrusão afetou o conteúdo fenólico das farinhas de banana verde, diminuindo o conteúdo fenólico total, obtendo $99,09 \pm 2,30$ mg GAE/100g em comparação com as amostras nativas, obtendo $220,30 \pm 0,59$ mg GAE/100g, especialmente quando processadas a temperaturas mais altas e com menor velocidade.

A maior parte das substâncias fenólicas, degradam em torno de 34,3% após a sua fervura. (TSAMO *et al.*, 2015).

O estudo conduzido por Bilgin, Nogay & Kafkas (2022), encontraram valores menores de compostos fenólicos do atual estudo. Os pesquisadores estudaram as mudanças que podem ocorrer no conteúdo fenólico na variedade de banana “Grand Naine” durante seus estágios de amadurecimento. O conteúdo fenólico total encontrado variou entre 10,54 mg GAE/100g na banana verde em seu primeiro estágio e 9,03 mg GAE/100g na banana média madura, no seu quarto estágio e 13,46 mg GAE/100g na banana totalmente madura (sétimo estágio). Contudo os valores encontrados foram menores em relação a do atual estudo.

Vários estudos utilizam a solução de metanol a 50% para extração dos compostos fenólicos para sua quantificação. Diferente da extração do atual estudo que utilizou acetona à 50%. Isso demonstra que a extração pode alterar a quantificação de compostos fenólicos presentes (GONZÁLES- MONTELOGO *et al.*, 2010).

Outro estudo que estudaram a composição fenólica das bananas verdes durante as suas fases de amadurecimento, foi a pesquisa conduzida por Reginio *et al.* (2020), que trabalharam com a variedade de banana “Saba”. Os valores encontrados demonstraram que os teores de compostos fenólicos variaram significativamente durante as fases de maturação do fruto. O teor total de fenólicos na polpa de bananas verdes foi de cerca de 45 mg GAE/100g, contudo os valores encontrados apresentaram menores da atual pesquisa que utilizou a variedade “Prata Anã”.

Diante do exposto por essa pesquisa, nota-se que a composição fenólica das bananas verdes é um tópico complexo e é influenciado por uma variedade de fatores. Mais pesquisas são necessárias para entender completamente essas interações e para desenvolver métodos de processamento que maximizem o conteúdo fenólico e, portanto, os benefícios à saúde ao consumir esses produtos.

6. CONCLUSÃO

Neste estudo, foi analisado a composição centesimal, o amido resistente, os compostos fenólicos e a bioacessibilidade *in vitro* das farinhas de banana verde da polpa e integral. As farinhas analisadas apresentaram teor de umidade em consonância com a legislação, estipulado 15g/100g em farinhas. Os teores de proteínas encontradas nas farinhas de polpa e integral não se diferiram, em contraste as farinhas comerciais apresentaram o teor de proteína mais elevado e o teor de gordura mais baixo. A farinha da polpa apresentou maior conteúdo de amido resistente $57,6 \pm 2,90\text{g}/100\text{g}$ em relação a farinha integral $41,5 \pm 1,66\text{g}/100\text{g}$. As farinhas comerciais 1 e 2 apresentaram valores mais baixos, entre $27,2 \pm 4,11/100\text{g}$ e $26,2 \pm 8,63/100\text{g}$ de amido resistente. Em relação aos teores de fenólicos, a farinha comercial 2 (463g GAEmg /100g) e a farinha integral (364g GAE/100g) apresentaram maiores teores.

Os teores de amido resistente obtidos utilizando o ensaio *in vitro* de bioacessibilidade, apresentaram valores baixos, encontrando (1,19%) na farinha integral e (1,62%) na farinha da polpa. Diante dos valores encontrados e de acordo com a literatura, a estrutura do amido resistente não é digerido no estômago e é fermentado no cólon intestinal. Esses achados destacam a importância de avaliar as

farinhas de banana verde, não somente a composição centesimal, mas a presença de compostos bioativos e amido resistente, devido seu alto teor desses componentes presente nas farinhas, podendo ser utilizado como um alimento funcional, pela sua ação benéfica no organismo e ser incorporado em receitas, especialmente para indivíduos celíacos, por ser uma alternativa de farinha que não contém glúten e em indivíduos com desordens intestinais, diabéticos e dislipidêmicos.

REFERÊNCIAS

- AHMED, J.; THOMAS, L.; KHASHAWI, R. **Influence of hot-air drying and freeze-drying on functional rheological structural and dielectric properties of green banana flour and dispersions.** Food Hydrocolloids, v. 99, 105331, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.105331>. Acesso em: 2 jul. 2024.
- ALARA, O.; ABDURAHMAN, N.; UKAEGBU, C. **Extraction of phenolic compounds: A review.** Current Research in Food Science, v. 4, p. 200-214, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>. Acesso em: 2 jul. 2024.
- ALKARKHI, A. F. M. et al. **Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits.** Food Chemistry, v. 129, n. 2, p. 312-318, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.04.060.
- AOAC. **Official methods of analysis.** 17. ed. Washington D.C.: Gaithersburg Md.: AOAC International, 2012.
- ANDRADE, B. A.; PERIUS, D. B.; MATTOS, N. V. D.; LUVIELMO, M. D. M.; MELLADO, M. S. **Produção de farinha de banana verde (Musa spp.) para aplicação em pão de trigo integral.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 21, p. 2-10, 2018.
- ANDRADE, B. A. et al. **Produção de farinha de banana verde (Musa spp.) para aplicação em pão de trigo integral.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 21, 2017.
- ANYASI, T.; JIDEANI, A.; MCHAU, G. **Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour.** Food Research International, v. 104, p. 100-109, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.063>. Acesso em: 2 jul. 2024.
- ARVANITOYANNIS, I.; MAVROMATIS, A. **Banana cultivars cultivation practices and physicochemical properties.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 49, n. 2, p. 113-135, 2009. DOI: 10.1080/10408390701764344.
- ASP, N. G. **Resistant starch. Proceedings from the second plenary meeting of EURESTA: European Flair Concerned Action 11 on physiological implications of the consumption of resistant starch in man.** Creta 29/05 a 02/06/1991. European Journal of Clinical Nutrition, v. 46, supl. 2: S1-148, 1992.
- Amini Khoozani, A.; Bétula, J.; Bekhit, AEDA. **Produção aplicação e efeitos na saúde da polpa e farinha de casca de banana na indústria alimentícia.** Journal of Food Science and Technology, 2019, v. 56, p. 548–559.
- BAEK, G. H. et al. **Prebiotic potential of green banana flour: impact on gut microbiota modulation and microbial metabolic activity in a murine model.** Frontiers in Nutrition, v. 10, 2023. DOI: 10.3389/fnut.2023.1249358. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1249358>. Acesso em: 2 jul. 2024.

BAO, C. et al. **The delivery of sensitive food bioactive ingredients: Absorption mechanisms influencing factors encapsulation techniques and evaluation models.** Food Research International, v. 120, p. 130-140, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2019.02.024>. Acesso em: 2 jul. 2024.

BARROS, F.; AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. **Interaction of Tannins and Other Sorghum Phenolic Compounds with Starch and Effects on *in Vitro* Starch Digestibility.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 60, p. 11609–11617, 2012.

BASHMIL, Y. et al. **Screening and Characterization of Phenolic Compounds from Australian Grown Bananas and Their Antioxidant Capacity.** Antioxidants, v. 10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10101521>. Acesso em: 2 jul. 2024.

BASHMIL, Y. M. et al. **Bioaccessibility of Phenolic Compounds Resistant Starch and Dietary Fibers from Australian Green Banana during *In Vitro* Digestion and Colonic Fermentation.** Molecules, v. 29, n. 7, p. 1535, 2024. DOI: 10.3390/molecules29071535. PMID: 38611814; PMCID: PMC11013930.

BERRY, C. S. **Resistant starch: Formation and measurement of starch that survives exhaustive digestion with amylolytic enzymes during the determination of dietary fibre.** Journal of Cereal Science, v. 4, n. 4, p. 301-314, 1986.

BILGIN, Ö. F.; NOGAY, G.; KAFKAS, S. **Some fruit quality characteristics of ‘Grand Naine’ banana fruits during various ripening stages.** International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, v. 6, n. 1, p. 24-27, 2022. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2431022>. Acesso em: 2 jul. 2024.

BONNET, C. et al. **Effect of physiological harvest stages on the composition of bioactive compounds in Cavendish bananas.** Journal of Zhejiang University SCIENCE B, v. 14, p. 270-278, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1631/jzus.B1200177>. Acesso em: 2 jul. 2024.

BRODKORB, A. et al. **INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion.** Nature Protocols, v. 14, p. 991–1014, 2019.

BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; ARRIGONI, E. **Resistant starch and the butyrate revolution.** Trends in Food Science and Technology, v. 13, p. 251-261, 2002.

BEZERRA, Carolina. **Título da dissertação.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <https://www.ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2010/Carolina%20Bezerra.pdf>.

CAMPUZANO, A.; ROSELL, C.; CORNEJO, F. **Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening.** Food Chemistry, v. 256, p. 11-17, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.113. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.113>. Acesso em: 2 jul. 2024.

CAPUANO, E.; JANSSEN, A. **Food Matrix and Macronutrient Digestion**. Annual Review of Food Science and Technology, v. 12, p. 217-241, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051646>. Acesso em: 2 jul. 2024.

CHAMP, M.; LANGKILDE, A. M.; BROUNS, F. **Advances in dietary fiber characterization consumption chemistry physiology and measurement of resistant starch; implications for health and food labeling**. Nutrition Research Review, v. 16, p. 143-161, 2003.

CHANG, R. et al. **Type III Resistant Starch Prepared from Debranched Starch: Structural Changes under Simulated Saliva Gastric and Intestinal Conditions and the Impact on Short-Chain Fatty Acid Production**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 69, n. 11, p. 3354-3364, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07664>. Acesso em: 2 jul. 2024.

CHEN, K. et al. **Rapid screening and determination of pesticides on lemon surfaces using the paper-spray mass spectrometry integrated via thermal desorption probe**. Food Chemistry, v. 363, 130305, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130305>. Acesso em: 2 jul. 2024.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHOO, C. L.; AZIZ, N. A. A. **Effects of banana flour and β -glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles**. Food Chemistry, v. 119, p. 34-40, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.05.004.

COSTABILE, A. et al. **Wholegrain fermentation affects gut microbiota composition phenolic acid metabolism and pancreatic beta cell function in a rodent model of type 2 diabetes**. Frontiers in Microbiology, v. 13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1004679>. Acesso em: 2 jul. 2024.

DANTAS, J. L. L.; FILHO, W. D. S. S. **Banana Produção: aspectos técnicos/organizador; Embrapa**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 12-13 p. ISBN 85-7383-070-0.

DeMARTINO, P.; COCKBURN, D. W. **Amido resistente: impacto sobre o microbioma intestinal e a saúde**. Current Opinion in Biotechnology, v. 61, p. 66–71, 2020.

DIAS, J. do S. A.; BARRETO, M. C. (Ed.). **Aspectos agronômicos fitopatológicos e socioeconômicos da sigatoka-negra na cultura da bananeira no Estado do Amapá**. Embrapa Amapá, 2011.

DIMA, C. et al. **Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by *in vitro* methods**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 19, n. 6, p. 2862-2884, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12623>. Acesso em: 2 jul. 2024.

DIMA, C. et al. **Oral bioavailability of bioactive compounds; modulating factors *in vitro* analysis methods and enhancing strategies.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, p. 1-39, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2199861>. Acesso em: 2 jul. 2024.

DONATO, S. L. R. et al. **Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa spp.*) em dois ciclos de produção no Sudoeste da Bahia.** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 28, n. 1, p. 139-144, 2006.

EERLINGEN, R.; DELCOUR, J. **Formation analysis structure and properties of type III enzyme resistant starch.** Journal of Cereal Science, v. 22, p. 129-138, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0733-5210\(95\)90042-X](https://doi.org/10.1016/0733-5210(95)90042-X). Acesso em: 2 jul. 2024.

EMAGA, T. H. et al. **Composição da fibra dietética e características químicas da pectina em cascas durante o amadurecimento em variedades de banana e banana.** Tecnologia de Biorecursos, v. 99, 2008.

ESUA, O. et al. **Effects of simultaneous UV-C radiation and ultrasonic energy postharvest treatment on bioactive compounds and antioxidant activity of tomatoes during storage.** Food Chemistry, v. 270, p. 113-122, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.031>. Acesso em: 2 jul. 2024.

FALCOMER, A. L. et al. **Health Benefits of Green Banana Consumption: A Systematic Review.** Nutrients, v. 11, n. 6, 1222, 2019. DOI: 10.3390/nu11061222. PMID: 31146437; PMCID: PMC6627159.

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, 2007, v. 27, p. 524–529.

FAISANT, N.; BULÉON, A.; COLONNA, P.; MOLIS, C.; LARTIGUE, S.; GALMICHE, J.; CHAMP, M. **Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: structural features of resistant starch.** British Journal of Nutrition, v. 73, p. 111 - 123, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/BJN19950013>. Acesso em: 2 jul. 2024.

FERREIRA, M.; TARLEY, C. **Assessment of *in vitro* bioaccessibility of macrominerals and trace elements in green banana flour.** Journal of Food Composition and Analysis, v. 92, p. 103586, 2020. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103586. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103586>. Acesso em: 2 jul. 2024.

FORZATO, C.; VIDA, V.; BERTI, F. **Biosensors and Sensing Systems for Rapid Analysis of Phenolic Compounds from Plants: A Comprehensive Review.** Biosensors, v. 10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/bios10090105>. Acesso em: 2 jul. 2024.

FUENTES-ZARAGOZA, E. et al. **Resistant starch as functional ingredient: A review.** Food Research International, v. 43, p. 931-942, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.02.004>. Acesso em: 2 jul. 2024.

GAO, Y. et al. **Short chain fatty acid butyrate a breast milk metabolite enhances immature intestinal barrier function genes in response to inflammation *in vitro* and in vivo**. American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology, v. 318, n. 4, p. G649-G661, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00279.2020>. Acesso em: 2 jul. 2024.

GODLEWSKA, K. et al. **Methods for Rapid Screening of Biologically Active Compounds Present in Plant-Based Extracts**. Molecules, v. 27, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27207094>. Acesso em: 2 jul. 2024.

GOÑI, I.; GARCÍA-ALONSO, A.; SAURA-CALIXTO, F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, v. 17, n. 3, p. 427-437, 1996. DOI: 10.1016/0271-5317(96)00010-9.

GONZÁLEZ-MONTELONGO, R.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. **Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds**. Food Chemistry, v. 119, n. 3, p. 1030-1039, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.08.012.

HALAJZADEH, J. et al. **Effects of resistant starch on glycemic control serum lipoproteins and systemic inflammation in patients with metabolic syndrome and related disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 60, p. 3172-3184, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1680950>. Acesso em: 2 jul. 2024.

HASANUZZAMAN, M. et al. **Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses**. Agronomy, v. 8, p. 31, 2018. DOI: 10.3390/agronomy8030031. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>. Acesso em: 2 jul. 2024.

IBGE. **Produção agropecuária: banana**. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>. Acesso em: 25 jun. 2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Cap. 3, Análise de proteínas, p. 123-140. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br>. Acesso em: 30 ago. 2024.

IZIDORO, D. R. et al. **Physical and chemical properties of ultrasonically spray-dried green banana (*Musa cavendish*) starch**. Journal of food engineering, v. 104, n. 4, p. 639-648, 2011.

JACOBO-VELÁZQUEZ, D. et al. **The Folin–Ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination**. Analytical Methods, v. 5, p. 5990-5999, 2013.

JARA-PALACIOS, M. et al. **Extraction of Antioxidants from Winemaking Byproducts: Effect of the Solvent on Phenolic Composition Antioxidant and**

Anti-Cholinesterase Activities and Electrochemical Behaviour. Antioxidants, v. 9, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9080675>. Acesso em: 2 jul. 2024.

JANSSEN, A. W.; KERSTEN, S. **Mediadores potenciais ligando bactérias intestinais à saúde metabólica: uma visão crítica.** The Journal of Physiology, v. 595, p. 477–487, 2017.

JIANG, H. et al. **Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during *in vitro* digestion.** Food Hydrocolloids, v. 49, p. 192-199, 2015. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.03.023. Acesso em: 2 jul. 2024.

KAU, A. L.; AHERN, P. P.; GRIFFIN, N. W.; GOODMAN, A. L.; GORDON, J. I. **Nutrição humana o microbioma intestinal e o sistema imunológico.** Nature, v. 474, p. 327, 2011.

KHOZA, M.; KAYITESI, E.; DLAMINI, B. C. **Características físico-químicas microestrutura e propriedades promotoras de saúde da farinha de banana verde.** Alimentos, v. 10, p. 2894, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10122894>. Acesso em: 2 jul. 2024.

KHOOZANI, A.; BEKHIT, A.; BIRCH, J. **Effects of different drying conditions on the starch content thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour.** International journal of biological macromolecules, v. 130, p. 938-946, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.010>. Acesso em: 2 jul. 2024.

KOOZANI, A.; BÉTULA, J.; BEKHIT, A.EDA. **Produção aplicação e efeitos na saúde da polpa e farinha de casca de banana na indústria alimentícia.** Journal of Food Science and Technology, 2019, v. 56, p. 548–559.

KUMAR, P.; SARAVANAN, A.; SHEEBA, N.; UMA, S. **Structural functional characterization and physicochemical properties of green banana flour from dessert and plantain bananas (*Musa spp.*).** LWT - Food Science and Technology, v. 116, 108524, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108524>. Acesso em: 2 jul. 2024.

LAURIN, L.-P.; LEBLANC, M. **Disorders of Potassium and Magnesium.** In: Care Nephrology, 3. ed. v. 2, p. 339-344, 2018.

LEONARD, W. et al. **Fermentation transforms the phenolic profiles and bioactivities of plant-based foods.** Biotechnology Advances, v. 43, 107763, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107763>. Acesso em: 2 jul. 2024.

LI, C. et al. **Current *in vitro* digestion systems for understanding food digestion in human upper gastrointestinal tract.** Trends in Food Science and Technology, v. 96, p. 114-126, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.015>. Acesso em: 2 jul. 2024.

LI, P. et al. **Green Banana Flour Contributes to Gut Microbiota Recovery and Improves Colonic Barrier Integrity in Mice Following Antibiotic Perturbation.** *Frontiers in Nutrition*, v. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.832848>. Acesso em: 2 jul. 2024.

LI, Y.; KONG, F. **Simulating human gastrointestinal motility in dynamic *in vitro* models.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13007>. Acesso em: 2 jul. 2024.

LI, Z. et al. **Development of Green Banana Fruit Wines: Chemical Compositions and *In Vitro* Antioxidative Activities.** *Antioxidants*, v. 12, n. 1, p. 93, 2022.

LIAO, H.; HUNG, C. **Chemical composition and *in vitro* starch digestibility of green banana (cv. Giant Cavendish) flour and its derived autoclaved/debranched powder.** *Lwt - Food Science and Technology*, v. 64, p. 639-644, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2015.06.058>. Acesso em: 10 jul. 2024.

LING, J.; HADINOTO, K. **Deep Eutectic Solvent as Green Solvent in Extraction of Biological Macromolecules: A Review.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, p. 3619, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms23063381>. Acesso em: 2 jul. 2024.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O. e; FERREIRA, C. F. (Ed.). **Banana: o produtor pergunta a Embrapa responde.** 2. ed. rev. e ampl. Brasília DF: Embrapa, 2012. 214 p.

LOCKYER, S.; NUGENT, A. **Efeitos do amido resistente na saúde.** *Nutrition Bulletin*, v. 42, n. 1, p. 10-41, 2017.

MENEZES, E. W. et al. **Fermentação colônica *in vitro* e resposta glicêmica de diferentes tipos de farinha de banana verde.** *Plant Foods for Human Nutrition*, v. 65, p. 379-385, 2010.

MINEKUS, M. et al. **A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food—an international consensus.** *Food & Function*, v. 5, n. 6, p. 1113-1124, 2014.

MOHAN DAS, N. R. P.; BISWAS, R.; BANERJEE, R. **Dual enzyme treatment strategy for enhancing resistant starch content of green banana flour and *in vitro* evaluation of prebiotic effect.** *LWT*, v. 160, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113267>. Acesso em: 2 jul. 2024.

MORAES, É. A. et al. **Sorghum flour fractions: Correlations among polysaccharides phenolic compounds antioxidant activity and glycemic index.** *Food Chemistry*, v. 180, p. 116–123, 2015.

NICHOLSON, J. K.; HOLMES, E.; KINROSS, J.; BURCELIN, R.; GIBSON, G.; JIA, W.; PETTERSSON, S. **Interações metabólicas da microbiota do Enfiador.** *Science*, 2012, v. 336, p. 1262-1267.

NUGENT, A. P. **Propriedades de saúde do amido resistente**. Nutrition Bulletin, v. 30, n. 1, p. 27-54, 2005.

PANG, Y. et al. **Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white red and black rice**. Food Chemistry, v. 240, p. 212-221, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.095>. Acesso em: 2 jul. 2024.

PATINO-RODRIGUEZ, O. et al. **Análise físico-química microestrutural e de digestibilidade de espaguete sem glúten feito de farinha integral de banana verde**. Food Chemistry, v. 298, 125085, 2019.

PAVEZ-GUAJARDO, C. et al. **Influence of *In Vitro* Digestion on Antioxidant Activity of Enriched Apple Snacks with Grape Juice**. Foods, v. 9, n. 11, p. 1681, 2020. DOI: 10.3390/foods9111681. PMID: 33212925; PMCID: PMC7698461.

PÉREZ, M.; DOMINGUEZ-LÓPEZ, I.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. **The chemistry behind the Folin-Ciocalteu method for the estimation of (poly)phenol content in food: Total phenolic intake in a Mediterranean dietary pattern**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 71, n. 46, p. 17543-17553, 2023. DOI: 10.1021/acs.jafc.3c04022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37948650/>. Acesso em: 6 jun. 2024.

PENGELLY, A. **Phenols**. The constituents of medicinal plants, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781003117964-2>. Acesso em: 2 jul. 2024.

PERERA, A.; MEDA, V.; TYLER, R. T. **Resistant starch: A review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods**. Food Research International, v. 43, p. 1959-1974, 2010.

PICO, J. et al. **Manufacturing the ultimate green banana flour: Impact of drying and extrusion on phenolic profile and starch bioaccessibility**. Food Chemistry, v. 297, 124990, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.124990>. Acesso em: 2 jul. 2024.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. **Amido resistente em farinhas de banana verde**. Alimentos e Nutrição Araraquara, v. 20, n. 3, p. 479- 484, 2010.

REBELLO, G. L. P. et al. **Farinha de casca de banana (Musa AAA) como fonte de compostos fenólicos antioxidantes**. Food Research International, v. 55, p. 397-403, 2014.

REGINIO, F. C. et al. **Biopropriedades da banana Saba (Musa 'saba' Grupo ABB): Influência da maturidade e mudanças durante simulação da digestão gastrointestinal *in vitro***. Scientific Reports, v. 10, 6701, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63501-x>. Acesso em: 2 jul. 2024.

RINGER, T.; BLANKE, M. **Non-invasive real time in-situ techniques to determine the ripening stage of banana**. Food Measure, v. 15, p. 4426-4437, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01009-2>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ROSALES, F. E. et al. **Impacto positivo de um ingrediente funcional na fome e saciedade após ingestão de duas refeições com características diferentes.** Food Research International, v. 76, 2021.

ROSADO, C. et al. **Resistant starch from green banana (*Musa* sp.) attenuates non-alcoholic fat liver accumulation and increases short-chain fatty acids production in high-fat diet-induced obesity in mice.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 133, p. 901-911, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.199>. Acesso em: 2 jul. 2024.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. **Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil.** Food Chemistry, v. 21, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SÁ, Arianny Amorim de; GONÇALVES, Maria Isabel Almeida; VASCONCELOS, Thayris Rodrigues; MENDES, Marianne Louise Marinho; MESSIAS, Cristhiane Maria Bazílio de Omena. **Avaliação físico-química e nutricional de farinhas de banana verde com casca elaboradas a partir de variedades distintas.** Brazilian Journal of Food Technology, [online], 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/fZ55cRLLZRNxPYCjCNNM9KM/?format=pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. **Resistant starch – A review.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SALAZAR, D. et al. **Propriedades físico-químicas e aptidão filmogênica para embalagens comestíveis de farinhas de banana verde descartadas equatorianas (*Musa acuminata* AAA).** Food Hydrocolloids, v. 122, 107048, 2021.

SAMANROS, A.; LIN, J. **Physicochemical properties and *in vitro* digestibility of starches from different Taiwanese banana cultivars.** International Food Research Journal, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47836/ifrj.28.6.17>. Acesso em: 2 jul. 2024.

SANTOS-SILVA, M.; RAMOS, N. **Banana seeds as support for the development of new cultivars.** Novel Techniques in Nutrition & Food Science, v. 3, p. 145-151, 2019. DOI: 10.31031/NTNF.2019.04.000579. Disponível em: <https://doi.org/10.31031/NTNF.2019.04.000579>. Acesso em: 2 jul. 2024.

SARAWONG, C.; SCHOENLECHNER, R.; SEKIGUCHI, K.; BERGHOFER, E.; NG, P. **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. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.07.081.

SETYANINGSIH, W. et al. **Optimisation of an ultrasound-assisted extraction method for the simultaneous determination of phenolics in rice grains.** Food

Chemistry, v. 288, p. 221-227, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.107>. Acesso em: 2 jul. 2024.

SHINDE, T. et al. **Synbiotic supplementation with prebiotic green banana resistant starch and probiotic *Bacillus coagulans* spores ameliorates gut inflammation in mouse model of inflammatory bowel diseases.** European Journal of Nutrition, v. 59, n. 8, p. 3669-3689, 2020. DOI: 10.1007/s00394-020-02200-9. Epub 2020 Feb 17. PMID: 32067099; PMCID: PMC7669818.

SINGH, B. et al. **Compostos bioativos na banana e seus benefícios para a saúde associados – uma revisão.** Química Alimentar, v. 206, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.03.033.

SUN, L.; MIAO, M. **Dietary polyphenols modulate starch digestion and glycaemic level: a review.** Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 60, p. 541-555, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1544883>. Acesso em: 2 jul. 2024.

TABELA Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). 4.ed. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, 2011.

TOCK, J. et al. **Banana biomass as potential renewable energy resource: A Malaysian case study.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 14, p. 798-805, 2010. DOI: 10.1016/j.rser.2009.10.010.

TOLEDO, T. et al. **Proteomic analysis of banana fruit reveals proteins that are differentially accumulated during ripening.** Postharvest Biology and Technology, v. 70, p. 51-58, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.POSTHARVBIO.2012.04.005>. Acesso em: 2 jul. 2024.

TRIBESS, T. et al. **Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions.** LWT - Food Science and Technology, v. 42, p. 1022-1025, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2008.12.017>. Acesso em: 2 jul. 2024.

TRIPATHI, L.; NTUI, V. O.; TRIPATHI, J. N. **Controle de doenças bacterianas da banana usando edição genética baseada em CRISPR/Cas.** International Journal of Molecular Sciences, v. 23, p. 3619, 2022.

TSAMO, C. V. P. et al. **Effect of boiling on phenolic profiles determined using HPLC/ESI-LTQ-Orbitrap-MS physico-chemical parameters of six plantain banana cultivars (*Musa* sp).** Journal of Food Composition and Analysis, v. 44, p. 158-169, 2015. DOI: 10.1016/j.jfca.2015.08.012.

VÁSQUEZ-CASTILLO, W. et al. **Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banana orgánico *musa acuminata* en El Ecuador.** Enfoque UTE, v. 10, p. 57-66, 2019.

VIEIRA, F. et al. **Long-Term Effect on Bioactive Components and Antioxidant Activity of Thermal and High-Pressure Pasteurization of Orange Juice.**

Molecules, v. 23, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules23102706>. Acesso em: 2 jul. 2024.

VU, H.; SCARLETT, C.; VUONG, Q. **Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review.** Journal of Functional Foods, v. 40, p. 238-248, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2017.11.006>. Acesso em: 2 jul. 2024.

WALTER, M.; SILVA, L.; EMANUELLI, T. **Amido resistente: características físico-químicas propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação.** Ciência Rural, v. 35, n. 4, p. 974-980, 2005.

WANG, X. et al. **Recent progress in studies on polarity of ionic liquids.** Science China Chemistry, v. 59, p. 517-525, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11426-016-5579-y>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ZHANG, B. et al. **A review on insoluble-bound phenolics in plant-based food matrix and their contribution to human health with future perspectives.** Trends in Food Science and Technology, v. 105, p. 347-362, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.09.029>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ZHANG, J. et al. **Profiling of Phenolic Compounds of Fruit Peels of Different Ecotype Bananas Derived from Domestic and Imported Cultivars with Different Maturity.** Horticulturae, v. 8, n. 1, p. 70, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010070>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ZHANG, W.; JIANG, W. **UV treatment improved the quality of postharvest fruits and vegetables by inducing resistance.** Trends in Food Science & Technology, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.08.012>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ZHOU, J. et al. **Dietary resistant starch upregulates total GLP-1 and PYY in a sustained day-long manner through fermentation in rodents.** American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism, v. 295, n. 5, p. E1160-E1166, 2008. DOI: 10.1152/ajpendo.90637.2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.90637.2008>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ZHU, L.; ZHANG, Y.; HUANG, H.; LIN, J. Prospects for clinical applications of butyrate-producing bacteria. *World Journal of Clinical Pediatrics*, v. 10, p. 84-92, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5409/wjcp.v10.i5.84>.

ANEXO

ANEXO A – Estatísticas de Compostos Fenólicos

Resultados

Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

	Lote	mg/100g
Média	Comercial 1	211
	Comercial 2	463
	FI	364
	FP	171
Desvio-padrão	Comercial 1	52.8
	Comercial 2	237
	FI	95.9
	FP	48.6
W de Shapiro-Wilk	Comercial 1	0.869
	Comercial 2	0.636
	FI	0.785
	FP	0.851
p Shapiro-Wilk	Comercial 1	0.121
	Comercial 2	<.001
	FI	0.014
	FP	0.077

ANOVA a um fator

ANOVA a um fator (Welch)

	F	gl1	gl2	p
mg/100g	12.1	3	16.8	<.001

Descritivas de Grupo

	Lote	N	Média	Desvio-padrão	Erro-padrão
mg/100g	Comercial 1	9	211	52.8	17.6
	Comercial 2	9	463	237.0	79.0
	FI	9	364	95.9	32.0
	FP	9	171	48.6	16.2

Testes Post Hoc

Teste Post-Hoc de Tukey – mg/100g

		Comercial 1	Comercial 2	FI	FP
Comercial 1	Diferença média	—	-252**	-153,2	40,6
	p-value	—	0.002	0.088	0.915
Comercial 2	Diferença média		—	98,3	292,2***
	p-value		—	0.409	<.001
FI	Diferença média			—	193,8*
	p-value			—	0.020
FP	Diferença média				—
	p-value				—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Referências

[1] The jamovi project (2024). *jamovi*. (Version 2.5) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>.

[2] R Core Team (2023). *R: A Language and environment for statistical computing*. (Version 4.3) [Computer software]. Retrieved from <https://cran.r-project.org>. (R packages retrieved from CRAN snapshot 2024-01-09).

ANEXO B – Estatísticas de Proteínas

Resultados

Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

	Amostra	Proteína b.u. (%)
Média	FI	3.90
	FP	3.30
Desvio-padrão	FI	0.219
	FP	0.0539
W de Shapiro-Wilk	FI	0.941
	FP	0.878
p Shapiro-Wilk	FI	0.597
	FP	0.150

ANOVA a um fator

ANOVA a um fator (Welch)

	F	gl1	gl2	p
Proteína b.u. (%)	65.2	1	8.97	<.001

Descritivas de Grupo

	Amostra	N	Média	Desvio-padrão	Erro-padrão
Proteína b.u. (%)	FI	9	3.90	0.2190	0.0730
	FP	9	3.30	0.0539	0.0180

Testes Post Hoc

Teste Post-Hoc de Tukey – Proteína b.u. (%)

		FI	FP
FI	Diferença média	—	0.607 ***
	p-value	—	<.001
FP	Diferença média		—
	p-value		—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

ANEXO C – Estatísticas de Lipídeos

Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

	Amostra	Lipídios (%)
Média	Farinha de banana com casca	1.48
	Farinha de banana sem casca	0.589
Mediana	Farinha de banana com casca	1.59
	Farinha de banana sem casca	0.620
Desvio-padrão	Farinha de banana com casca	0.260
	Farinha de banana sem casca	0.0851
Mínimo	Farinha de banana com casca	1.12
	Farinha de banana sem casca	0.440
Máximo	Farinha de banana com casca	1.78
	Farinha de banana sem casca	0.690
W de Shapiro-Wilk	Farinha de banana com casca	0.798
	Farinha de banana sem casca	0.907
p Shapiro-Wilk	Farinha de banana com casca	0.009
	Farinha de banana sem casca	0.196

ANOVA a um fator

ANOVA a um fator (Welch)

	F	gl1	gl2	p
Lipídios (%)	127	1	13.3	< .001

Teste Post-Hoc de Tukey – Lipídios (%)

		Farinha de banana com casca	Farinha de banana sem casca
Farinha de banana com casca	Diferença média	—	0.890 ***
	p-value	—	< .001
Farinha de banana sem casca	Diferença média	—	—
	p-value	—	—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

ANEXO D – Estatística de Umidade

Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

	Amostra	Umidade (%)
Média	Farinha de banana com casca	5.55
	Farinha de banana sem casca	6.23
Desvio-padrão	Farinha de banana com casca	0.494
	Farinha de banana sem casca	0.847
Mínimo	Farinha de banana com casca	4.92
	Farinha de banana sem casca	5.04
Máximo	Farinha de banana com casca	6.49
	Farinha de banana sem casca	7.47
W de Shapiro-Wilk	Farinha de banana com casca	0.909
	Farinha de banana sem casca	0.930
p Shapiro-Wilk	Farinha de banana com casca	0.154
	Farinha de banana sem casca	0.303

ANOVA a um fator

ANOVA a um fator (Welch)

	F	gl1	gl2	p
Umidade (%)	6.79	1	20.9	0.017

Verificação de Pressupostos

Teste à Normalidade (Shapiro-Wilk)

	W	p
Umidade (%)	0.974	0.698

Nota. Um p-value pequeno sugere a violação do pressuposto da normalidade

Testes Post Hoc

Teste Post-Hoc de Tukey – Umidade (%)

		Farinha de banana com casca	Farinha de banana sem casca
Farinha de banana com casca	Diferença média	—	-0.683
	p-value	—	0.015
Farinha de banana sem casca	Diferença média		—
	p-value		—

ANEXO E – Estatística de Cinzas

Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

	Amostra	Cinza (%)
Média	Farinha de banana com casca	4.33
	Farinha de banana sem casca	2.53
Mediana	Farinha de banana com casca	4.17
	Farinha de banana sem casca	2.50
Desvio-padrão	Farinha de banana com casca	0.303
	Farinha de banana sem casca	0.193
Mínimo	Farinha de banana com casca	4.00
	Farinha de banana sem casca	2.23
Máximo	Farinha de banana com casca	4.81
	Farinha de banana sem casca	2.81
W de Shapiro-Wilk	Farinha de banana com casca	0.853
	Farinha de banana sem casca	0.947
p Shapiro-Wilk	Farinha de banana com casca	0.031
	Farinha de banana sem casca	0.558

ANOVA a um fator

ANOVA a um fator (Welch)

	F	gl1	gl2	p
Cinza (%)	325	1	20.3	< .001

Testes Post Hoc

Teste Post-Hoc de Tukey – Cinza (%)

		Farinha de banana com casca	Farinha de banana sem casca
Farinha de banana com casca	Diferença média	—	1.79***
	p-value	—	< .001
Farinha de banana sem casca	Diferença média	—	—
	p-value	—	—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

ANEXO F – Estatística do Amido Resistente

Estatística Descritiva

Estatística Descritiva

	Amostra	g amido resistente/ 100 g de amostra
Média	Farinha Comercial 1	27.2
	Farinha Comercial 2	26.2
	Prata Anã com casca	41.5
	Prata Anã sem casca	57.6
Mediana	Farinha Comercial 1	25.8
	Farinha Comercial 2	24.9
	Prata Anã com casca	41.6
	Prata Anã sem casca	57.8
Desvio-padrão	Farinha Comercial 1	4.11
	Farinha Comercial 2	8.63
	Prata Anã com casca	1.66
	Prata Anã sem casca	2.90
Mínimo	Farinha Comercial 1	22.6
	Farinha Comercial 2	16.3
	Prata Anã com casca	38.5
	Prata Anã sem casca	52.5
Máximo	Farinha Comercial 1	33.2
	Farinha Comercial 2	37.1
	Prata Anã com casca	44.3
	Prata Anã sem casca	62.5
W de Shapiro-Wilk	Farinha Comercial 1	0.847
	Farinha Comercial 2	0.851
	Prata Anã com casca	0.984
	Prata Anã sem casca	0.985
p Shapiro-Wilk	Farinha Comercial 1	0.069
	Farinha Comercial 2	0.076
	Prata Anã com casca	0.982
	Prata Anã sem casca	0.986

ANOVA a um fator

ANOVA a um fator (Welch)

	F	gl1	gl2	p
g amido resistente/ 100 g de amostra	124	3	16.1	< .001

Testes Post Hoc

Teste Post-Hoc de Tukey – g amido resistente/ 100 g de amostra

		Farinha Comercial 1	Farinha Comercial 2	Prata Anã com casca	Prata Anã sem casca
Farinha Comercial 1	Diferença média	—	0.998	-14.3 ***	-30.5 ***
	p-value	—	0.975	< .001	< .001
Farinha Comercial 2	Diferença média		—	-15.3 ***	-31.5 ***
	p-value		—	< .001	< .001
Prata Anã com casca	Diferença média			—	-16.2 ***
	p-value			—	< .001
Prata Anã sem casca	Diferença média				—
	p-value				—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

