



Faculdade de Veterinária
Departamento de Produção Animal e Tecnologia de Alimentos
Secção de Tecnologia de Alimentos
Curso de Licenciatura em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Trabalho de Culminação de Estudos

Tema: Aplicação da polpa de *malambe (Adansonia digitata L.)* na redução do escurecimento da banana durante a secagem em estufa.

Estudante:

José Bernardo Miomo Bunzula Jr.

Supervisores:

Prof. Doutor Borges Chambal

Mestre Charmila Mussagy

Maputo, Março de 2026

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **José Bernardo Momo Bunzula Júnior**, declaro por minha honra que o presente trabalho de licenciatura é resultado de minha pesquisa, produzido conforme a metodologia apresentada e nunca foi apresentado parcial ou integralmente nesta ou em qualquer outra instituição para obtenção de algum grau acadêmico. Todas as informações retiradas de fontes como (livros, artigos, dissertações) encontram-se devidamente citadas e referenciadas.

Maputo, Março de 2026

(José Bernardo Momo Bunzula Júnior)

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre lutaram para que eu possuísse conhecimento e habilidades para a minha própria subsistência; ao meu irmão mais novo, Telles, o qual a partir deste trabalho procuro ser um exemplo para ele.

"The dream is free, but the journey is not."

(O sonho é de graça, mas o caminho até ele tem um preço)

(John C. Maxwell)

AGRADECIMENTOS

A Deus, o dono de toda ciência e toda sabedoria; o qual nada acontece sem a sua permissão; o qual pude contar com ele de várias formas em todos os momentos desta jornada. Agradece-lo também pelas pessoas que colocou em meu caminho, que directa ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus supervisores, Prof^o. Doutor Borges Chambal e Mestre Charmila Mussagy, pela orientação, paciência e atenção que tiveram comigo; pelas vezes que notando alguma incoerência ou necessidade de melhoria sempre me reportavam, e, por tudo mais que fizeram que contribuiu não só para realização, mas também para qualidade do trabalho. Estendo o meu agradecimento ao Prof^o. Doutor Belisário Moiane, que mesmo não sendo meu supervisor, preocupava-se com o andamento do trabalho e sempre que podia, dava me algumas recomendações de carácter científico relevantes para o tema.

Aos técnicos do laboratório da Secção de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Veterinária, Lic. Joaquim Manguete e Sr^o. António Guambe, pelo apoio prestado durante o processamento e análise das amostras, bem como pelas contribuições em forma de pequenos debates e orientações sobre o tema.

Aos meus pais, José Bernardo Buzula e Ester Jenuína Muianga, que sempre quiseram o melhor pra mim e preocupavam-se muito com o progresso do trabalho, se disponibilizando em ajudar com todo recurso necessário à realização do mesmo.

A minha madrinha, Isabel Figueiredo, que tanto queria que eu terminasse o trabalho para cruzar o oceano e ir viver com ela. Isso me deu motivos para acelerar com o trabalho. E também ao tio Minguinho, também me motivou colocando a conclusão deste trabalho como condição para participar de alguns empreendimentos seus.

A todos amigos e colegas que estiveram ao meu lado, seja com conselhos, apoio emocional ou colaboração durante a pesquisa; meu muito obrigado. Em especial aos colegas que se encontravam na mesma onda de realização do TCC, com os quais pude partilhar apoio mútuo; foi mais fácil fazer isso com vocês.

Por fim, ao escritor e pastor, John C. Maxwell, e seus livros que colocavam a minha mente no estado que me dava ânimo para fazer esse trabalho andar.

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

a*: Coordenada cromática que varia do verde ao vermelho

b*: Coordenada cromática que varia do azul ao amarelo

b.s: Base seca

Aw: Actividade de água

BCM: Banana com *malambe*

BSM: Banana sem *malambe*

CIE: *Commission International de l'Eclairage*
Mondlhane

(Comissão Internacional de Iluminação)

Eq: Equação

EUA: Estados Unidos da América

FAVET: Faculdade de Veterinária

FDA: *Food and Drug Administration*

(Administração de Alimentos e Medicamentos)

FENG: Faculdade de Engenharia

g: gramas

GRAS: *Generally Recognized As Safe*
(Geralmente reconhecido como seguro)

IAI: Inquérito Agrário Integrado

IAL: Instituto Adolfo Lutz

L*: Coordenada cromática que representa a luminosidade/claridade

MAAP: Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas

MADER: Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

ml: mililitros

nm: nanómetros

PDO: Peroxidase

Pf: Peso final

pH: Potencial hidrogeniónico

Pi: Peso inicial

ppm: Partes por milhão

PPO: Polifenoloxidase

RM: Reacção de Maillard

TACO: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

UE: União Europeia

UEM: Universidade Eduardo Mondlane

UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas

LISTA DE TABELAS

Tabela I: Teor de humidade, actividade de água e pH da matéria-prima e das diferentes amostras após secagem	23
Tabela II: Resultados da medição instrumental da cor das diferentes amostras antes e após secagem	27
Tabela III: Resultados do teste de aceitação	33

LISTA DE FIGURAS

Figura I: Banana madura.....	17
Figura II: Malambe na casca	17
Figura III: Fluxograma de processamento da banana com malambe.	19
Figura IV: Fotografias das diferentes amostras da banana antes e após secagem, com os respectivos valores de Luminosidade (L), Cromo (C) e Angulo Hue (h°).....	28
Figura V: Gráfico de comportamento das coordenadas L, *a e *b das amostras BSM, BCM12 e BCM16 antes e após secagem.	32
Figura VI: Painel de análise sensorial	I
Figura VII: Malambe em pó	I

ÍNDICE

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJECTIVOS.....	4
2.1. Geral:.....	4
2.2. Específicos:	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Valor nutricional, produção e consumo da banana	5
3.3. Secagem de alimentos	8
3.4. Cor dos alimentos.....	9
3.4.1. Medição de cor em alimentos	9
3.5. Escurecimento enzimático	11
3.5.1. Velocidade do escurecimento enzimático e formas de controle	11
3.6. Reacção de Maillard	13
3.6.1. Velocidade da reacção de Maillard e formas de controlo	13
3.7. <i>Malambe</i>	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Tipo e Local de estudo.....	17
4.2. Matéria-prima	17
4.3. Delineamento experimental	17
4.4. Preparação da banana desidratada com <i>malambe</i>	18
4.5. Análises laboratoriais.....	20
4.5.1. Físico-químicas	20
4.5.2. Análise instrumental da cor.....	21
4.5.3. Análise sensorial.....	21
4.6. Análise dos dados	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Análises físico-químicas	23
5.2. Cor.....	27
5.3. Análise sensorial.....	33
6. CONCLUSÃO.....	35
7. RECOMENDAÇÕES	36
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXOS.....	I

RESUMO

A banana (*Musa spp.*) é uma das frutas mais cultivadas e consumidas no mundo e, ao mesmo tempo, uma das que apresenta maiores perdas por decomposição pós-colheita. Um dos principais problemas durante o processamento da banana para obtenção de derivados é o seu escurecimento. Diversas técnicas podem ser empregues para minimizar esse problema. Diante disso, considerando principalmente as propriedades ácidas e antioxidantes do *malambe*, este fruto foi testado como alternativa de pré-tratamento para reduzir o escurecimento da banana durante a secagem.

Por conseguinte, o presente trabalho teve como objectivo avaliar a aplicação da polpa de *malambe* (fruto da *Adansonia Digitata L.*) na redução do escurecimento da banana durante o processo de secagem em estufa. Para tal, foram definidas três formulações: BSM (banana controlo, sem *malambe*), BCM12 e BCM16, que consistiam em fatias de banana mergulhadas em uma mistura de água com *malambe* nas concentrações de 12.5 e 16.6% respectivamente; submetidas a temperaturas de 40, 50 e 60°C por 24 horas. Foram feitas análises físico-químicas (medição instrumental da cor – luminosidade (*L) e intensidade das tonalidades vermelha (*a) e amarela (*b) -, humidade, actividade de água e pH) e análise sensorial (teste de aceitação com escala de 9 pontos).

Os resultados revelaram menor redução da luminosidade (9-56%) e maior intensificação das tonalidades amarela e vermelha nas amostras tratadas com *malambe*, e; decréscimo mais acentuado de luminosidade (39-69%) e menor intensificação das tonalidades amarela e vermelha na amostra controlo (não tratada). De modo geral, a inclusão de *malambe* culminou em valores de humidade e actividade de água maiores nas amostras com *malambe*, com aumentos de até 38.5% na humidade e 4.6% na actividade de água. Verificou-se redução do pH nas amostras com *malambe* (BCM12 e BCM16), de 4.9 (*banana in natura*) para 4.54 e 4.31, respectivamente, e um aumento na banana não tratada (BSM) para 5.33, a 60°C. A análise sensorial apresentou diferença significativa para o atributo cor apenas, com uma pontuação de 7.16 para a formulação com *malambe* (BCM12) contra 4.86 na formulação controlo.

Conclui-se a partir dos resultados que, a adição de *malambe* minimizou o escurecimento da banana durante o processamento, reduziu o pH, aumentou a retenção de humidade e revelou boa aceitação por parte dos consumidores. A aplicação da polpa de *malambe* como tratamento prévio a secagem da banana mostrou-se eficaz e ter potencial para servir de aditivo para a redução do escurecimento.

Palavras chave: banana, escurecimento, secagem em estufa, *malambe*

1. INTRODUÇÃO

A banana (*Musa spp.*) faz parte dos vinte alimentos mais produzidos no planeta, e representa a fruta mais produzida no mundo (FAO, 2024). É cultivada na maioria dos países tropicais e constitui importante fonte de alimentação, não só pelo alto valor nutricional, mas também pelo baixo custo, podendo ser utilizada verde ou madura, crua ou processada - cozida, frita, assada e industrializada (Borges e Souza, 2004). A fruta é consumida em quase sua totalidade na forma *in natura*, por populações de alta e baixa renda e está disponível durante o ano inteiro (Pontes, 2009).

O Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER), aponta a banana como sendo de grande importância socioeconómica em Moçambique, contribuindo para o bem-estar geral da comunidade, para a segurança alimentar, geração de renda e criação de empregos, sendo a fruta comercial mais produzida no país (IAI, 2023).

O valor nutricional da banana é evidenciado pelo seu alto teor energético (85 a 100 Kcal /100g), quantidades consideráveis de hidratos de carbono, em torno de 23%, proteínas, 1,1% e lipídios, 0,3%. A banana também é fonte de flavonoides, β -caroteno e vitaminas C e E (Borges e Souza, 2004). Apesar disso, a banana é um dos frutos que apresenta uma das maiores perdas por decomposição pós-colheita, visto ser extremamente perecível, carecendo assim de formas de conservação, de modo a estender o seu tempo de prateleira (Pontes, 2009).

A secagem ou desidratação é uma das técnicas de conservação de alimentos mais antigas. Ela consiste na remoção parcial da água contida no alimento, geralmente por evaporação, para reduzir a actividade de água, impedindo assim o crescimento microbiano, reacções químicas e bioquímicas responsáveis pela deterioração do mesmo (Pontes, 2009). Além disso, esse processo resulta em menores custos de transporte, embalagem e armazenamento (Fellows, 2006). A secagem por ar quente embora seja a técnica mais empregada comercialmente, pode ser uma operação destrutiva por provocar mudanças desagradáveis na cor, textura, sabor e valor nutricional dos alimentos (Guiné, 2018).

Durante a secagem da banana na esufa, assim como de outras frutas e hortaliças, frequentemente observa-se um escurecimento das mesmas. Esse fenómeno pode ocorrer por dois tipos de reacções: uma é causada por enzimas presentes na própria fruta, e a outra ocorre pela combinação entre açúcares e proteínas. Estas reacções requerem condições propícias para a sua ocorrência; portanto, qualquer artifício que se empregue no sentido de interferir nessas condições, resultará numa redução ou paralisação das mesmas (Guiné, 2018).

Nesse sentido, surge a proposta do uso da polpa do *malambe* (fruto da *Adansonia Digitata L.*) como um pré-tratamento da banana, visando minimizar o escurecimento da mesma durante a secagem. Esta possui uma coloração branca-amarelada (não muito diferente da banana) e tem carácter ácido (pH 3,3), o que desacelera essas reacções. Diversos autores destacam o elevado potencial antioxidante da polpa, o que reforça a sua aplicação tecnológica em alimentos susceptíveis ao

escurecimento enzimático (Mussungu, 2022). A polpa possui ainda baixa concentração dos reagentes envolvidos na reacção não enzimática, e servirá de barreira contra o oxigénio, este que é um factor vital para a ocorrência do escurecimento enzimático.

2. OBJECTIVOS

2.1. Geral:

Avaliar a aplicação da polpa de *malambe* na redução do escurecimento da banana durante a secagem.

2.2. Específicos:

- Determinar os parâmetros físico-químicos (pH, humidade e actividade de água) da matéria prima e do produto final;
- Caracterizar a coloração das amostras de banana com diferentes concentrações de *malambe* (antes e após secagem);
- Realizar o teste de aceitação do produto final por parte dos consumidores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Valor nutricional, produção e consumo da banana

A banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, cultivada em muitos países, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (Pereira, 2012; De Moraes, 2017).

A banana é uma fruta de elevado valor nutricional, sendo boa fonte energética com alto teor de hidratos de carbono – amidos e açúcares –. Contém ainda teores consideráveis de vitaminas A, B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e C, e de sais minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, além de outros em menor quantidade (Borges e Souza, 2004). Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), a banana fornece, em média, 100 calorias por 100 gramas de polpa, e é classificada como um alimento com alto valor nutricional (UNICAMP, 2011). Outras pesquisas com a banana apontam que a fruta além de ser altamente nutritiva, contém em sua composição polifenóis, como por exemplo, flavonoides e ácidos fenólicos (Pereira, 2012). Esses compostos são conhecidos pela sua actividade biológica, dentre as principais funções nos seres humanos, a literatura actual os destaca como poderosos agentes antioxidantes.

A produção global de banana supera os 120 milhões de toneladas por ano, sendo os principais países produtores a Índia, a China, as Filipinas, o Brasil e a Indonésia. Segundo dados da FAO (2024), a Índia lidera a produção mundial, com mais de 30% da produção global, seguida pela China. Esses países produzem maioritariamente para o mercado interno, ao contrário de países da América Latina e Caribe, como Equador, Colômbia e Costa Rica, que têm forte vocação exportadora, sendo os maiores fornecedores para a Europa e América do Norte (FAO, 2024). Existem mais de 1.000 variedades de banana no mundo, sendo as bananas do subgrupo *Cavendish* as mais comercializadas, representando pouco menos da metade da produção global, com um volume de produção anual estimado em 50 milhões de toneladas. As bananas são particularmente importantes em alguns dos países menos desenvolvidos onde podem contribuir não apenas para a segurança alimentar das famílias como alimento básico, mas também para a geração de renda como cultura comercial (FAO, 2025).

A banana é a fruta mais cultivada em Moçambique, seguida pelo ananás, lichia e manga; constituindo uma importante fonte de renda para as comunidades rurais e suburbanas em todo país (IAI, 2023). A província de Maputo é um importante centro de produção da mesma. Até 2021, a província possuía 22 empresas privadas no ramo, com grande parte (80%) da produção destinada à exportação para outros países africanos (MAAP, 2021). O volume de produção no país cresceu de 258.599 para 371.398 toneladas de 2020 para 2023, representando um salto de quase 44% (IAI, 2023). No entanto, situações como eventos climáticos adversos (chuvas e ventos fortes) e doenças tem vindo a afetar a produção nos últimos anos (MAAP, 2021).

3.2. Conservação pós-colheita e processamento da banana

A banana é um fruto climatérico, e por isso, altamente perecível, o que acarreta um menor tempo de conservação (De Moraes, 2017). Esta perecibilidade elevada ocorre pela alta taxa respiratória e produção de etileno que o fruto possui, factores estes que aceleram o amadurecimento (Borges e Souza, 2004). Por ser um fruto altamente perecível, extremamente sensível a danos mecânicos e ao etileno, a acção de comercialização da banana deve ser rápida e feita com uma série de cuidados para não haver perdas expressivas e, garantir que o fruto chegue ao seu destino em boas condições (De Moraes, 2017).

Torna se também necessário prolongar o seu tempo de armazenamento na fase pré-climatérica, na qual os frutos apresentam-se ainda verdes, e conservam-se geralmente por apenas 4 a 7 dias a temperatura ambiente antes de iniciar o pico climatérico (Regmi *et al.*, 2024). Para prolongar sua vida útil podem ser aplicados métodos como a refrigeração, controlo da atmosfera, uso de revestimentos, dentre outros; cuja escolha depende dos requisitos do mercado e recursos disponíveis (Medina e Ruales, 2024).

Friço conservação

As bananas podem ser conservadas sob refrigeração pelo período de uma a três semanas, findo o qual, devem ser removidas para câmaras de maturação onde são tratadas com etileno (Borges e Souza, 2004). A faixa de temperatura adequada pode variar dependendo da variedade da banana, das condições climáticas, e dos padrões de qualidade exigidos pelo mercado (Medina e Ruales, 2024). Todavia, temperaturas inferiores a 13 °C causam danos fisiológicos, que geralmente se manifestam após o retorno do fruto a temperaturas mais elevadas (Regmi *et al.*, 2024). Esses danos podem incluir amolecimento da polpa, manchas sob a casca, alterações na cor como opacidade acinzentada em vez do amarelo vivo. (Borges e Souza, 2004).

Atmosfera controlada e modificada

A conservação de bananas pode ser aumentada significativamente com o uso de atmosfera controlada ou modificada. Em atmosfera controlada, com 7-10% de CO₂ e 1,5-2,5% de O₂, as bananas podem ser conservadas por até quatro meses a 20 °C, amadurecendo normalmente após transferência para câmara de maturação (Borges e Souza, 2004)). Contudo, concentrações extremas (O₂ < 1 % ou CO₂ > 10%) podem acarretar fermentação e alterações sensoriais (Medina e Ruales, 2024). A modificação da atmosfera, selando as bananas em sacos de polietileno também aumenta significativamente o tempo de conservação. Sendo conservadas por até 5 semanas a 13,6 ± 0,4 °C (Regmi *et al.*, 2024). A inclusão de permanganato de potássio, um absorvente de etileno, estende ainda mais o período de armazenamento. (Borges e Souza, 2004).

Aplicação de revestimentos

O uso de emulsão de cera e produtos à base de éster de sacarose permitem estender o período pré-climatérico de bananas por uma a duas semanas. Os revestimentos causam modificações na atmosfera interna do fruto, aumentando a concentração de CO₂ e reduzindo a de O₂, daí o prolongamento do período pré-climatérico, como ocorre em câmaras com atmosfera controlada e nas embalagens plásticas. (Borges e Souza, 2004).

Diversos são os produtos que podem ser obtidos da banana: polpa ou puré, néctar, fruta em calda, produtos desidratados (banana liofilizada, flocos, farinha e fruta na forma de passa), chips, doces diversos (geleias, doce de massa, fruta cristalizada, etc.), produtos fermentados (vinagre, cerveja, aguardente, etc.) (Lucas, 1996; Borges e Souza, 2004). Por meio de vários métodos de processamento.

Tecnologicamente, o principal problema no processamento da banana está relacionado com o escurecimento do produto. Quando a banana é descascada e exposta ao oxigênio, ocorrem reacções enzimáticas envolvendo compostos fenólicos e enzimas oxidativas, resultando em compostos acastanhados (Ferrari, 2014).

3.3. Secagem de alimentos

A secagem é uma das técnicas de conservação de alimentos mais antigas (Duarte, 2012). Acredita-se que ela remonta dos tempos do homem das cavernas, quando este enfrentava grandes problemas na busca pelo alimento, e sendo assim, precisava estocá-lo. Então percebeu que algumas frutas mesmo depois de secas ao sol ainda eram boas para o consumo, e as carnes deixadas ao sol demoravam mais a se deteriorar.

A secagem ou desidratação é definida como a aplicação do calor sob condições controladas, para remover por evaporação a maior parte da água presente em um alimento, ou no caso da liofilização, por sublimação (Fellows, 2006). A remoção de água de um alimento implica em inibição do crescimento microbiano, prevenção de reacções químicas e bioquímicas responsáveis pela deterioração, e em menores custos de transporte, embalagem e armazenamento, constituindo um método importante para prolongar a vida útil de diversos produtos (Pontes, 2009).

O uso de calor para remover líquidos distingue a secagem de outros métodos mecânicos de remoção de líquidos como a centrifugação, decantação e filtração, nos quais não existe mudança de fase de líquido para vapor (Duarte, 2012). A desidratação convencional envolve a aplicação artificial de calor para remover a água de materiais sólidos, por evaporação. A corrente de ar é o meio mais comum de transferir calor ao material, servindo também como veículo no transporte de vapor húmido, e a convecção é o mecanismo de transferência de calor maioritariamente envolvido (Lucas, 1996).

Na escolha do método de secagem ou tipo de secador a ser utilizado, é fundamental considerar as características intrínsecas do alimento. De modo geral as frutas são caracterizadas pelo elevado conteúdo de humidade inicial, elevada sensibilidade a altas temperaturas – o que pode comprometer atributos como cor, sabor, textura e valor nutricional-, elevada susceptibilidade ao ataque microbiológico, e, presença da pele em alguns frutos, o que confere fraca permeabilidade/ elevada resistência ao movimento da água (Duarte, 2012). Estes aspectos tornam o processo necessariamente lento e sob condições suaves, de modo a evitar mudanças indesejáveis no produto seco (De castro, 2013). As frutas em sua maioria devem ser tratadas antes da desidratação. Os pré-tratamentos aplicados têm como objetivo melhorar a qualidade do produto seco (minimizar a perda de cor, sabor, compostos de importância nutricional, o escurecimento e reduzir o tempo de secagem) (Chauca, 2000; Cruz, 2013).

3.4. Cor dos alimentos

A cor está relacionada com a propriedade dos corpos de absorver e refletir luz. É o aspecto gerado pelas percepções do órgão visual humano em radiação electromagnética visível de comprimento de onda entre ~380 a 750 nm (Ferreira e Spricigo, 2017). Ou seja, é a percepção visual que ocorre quando a luz interage com os objectos e é interpretada pelos nossos olhos (Ferreira, 2021).

Hoje e desde muito tempo atrás, a cor é um importante atributo nas decisões de escolha de produtos, principalmente para os alimentos (Camargos e Gonzalez, 2001). A cor, assim como a forma, tamanho, transparência, fazem parte dos atributos da aparência de um produto. E sabe-se que este parâmetro (aparência) é o que exerce maior influência sobre a decisão inicial de compra e consumo do mesmo. Uma vez que a apreciação visual é a primeira a ser feita (Ferreira, 2021).

A cor também é associada ao sabor nos alimentos. As associações entre cor e sabor se desenvolvem desde o nascimento e são moldadas por factores culturais e regionais, influenciando as preferências ao longo da vida (Nanjundappa *et al.*, 2023). As associações entre cor e sabor exercem grande influência nas expectativas sensoriais. Cores específicas são frequentemente relacionadas a determinados perfis de sabor. O vermelho por exemplo, é comumente associado a doçura, enquanto que o verde remete a acidez (Velasco *et al.*, 2023). Essas associações podem até afetar como o sabor de um alimento é percebido. Quando a cor não corresponde ao sabor esperado, o produto pode ser considerado menos saboroso ou atractivo, mesmo que sua composição seja a mesma (Nanjundappa *et al.*, 2023). A cor pode ainda prover informação relevante quanto a segurança e grau de frescura do alimento.

3.4.1. Medição de cor em alimentos

A percepção humana sobre as cores torna-se de carácter altamente subjectivo, fazendo com que a sensação da cor seja única após complexas operações de recebimento registrado pela retina, e processamento de estímulos recebidos pelo cérebro (Camargos e Gonzalez, 2001). Para além da indústria de alimentos, diversos outros segmentos industriais como têxtil, plástico, tintas, couro, papel, se beneficiam do controle de cores em seus processos pela necessidade de meios de diferenciar colorações muito semelhantes de forma prática e eficiente em busca de padronização (Ferreira e Spricigo, 2017). Nesse caso, é necessária uma linguagem universal para discutir a cor e as suas variações. Essa linguagem é fornecida pelos instrumentos de análise de cor, usando-se sistemas conhecidos e aceites internacionalmente (Chauca, 2000). Colorímetros e espectrofotômetros são dois tipos comuns de equipamentos apropriados para descrever numericamente elementos da composição de uma cor numa superfície. Colorímetros são instrumentos que realizam medições de cor com base na luz que passa por três filtros primários: vermelho, verde e azul, simulando a sensibilidade do olho humano a cor. A medição “*tristimular*”

fornece dados sobre a quantidade desses três componentes presentes na luz refletida ou transmitida por um produto. Os espectrofotômetros são instrumentos de medição de cor mais precisos. Eles medem a refletância ou transmitância espectral de um objecto em todo o espectro de comprimentos de onda visível, de 400 a 700 nm (Konica Minolta, 2007).

Para a representação objectiva e padronizada de cores tem-se os espaços de cor. Um espaço de cor pode ser descrito como um método para se expressar a cor de um objecto usando algum tipo de notação, como números por exemplo (Konica Minolta, 2007). A CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage* ou Comissão Internacional de Iluminação) é uma entidade internacional independente, sem fins lucrativos, considerada como a autoridade na ciência de luz e cor (Ferreira, 2021). Dos espaços de cor da CIE, o espaço CIE Lab é actualmente o mais popular e amplamente utilizado em praticamente todos os campos de aplicação, pois correlaciona consistentemente os valores de cor com a percepção visual. Este sistema de cores baseia-se numa representação cartesiana sequencial ou contínua de 3 eixos ortogonais: L^* , a^* e b^* . A coordenada L^* representa a luminosidade (ou claridade); a^* representa a intensidade do vermelho/verde; e b^* representa a intensidade do amarelo/azul (Konica Minolta, 2007).

A coordenada L^* varia entre preto (0) e branco (100). A coordenada a^* varia entre $-a^*$ (verde) e $+a^*$ (vermelho). A coordenada b^* varia entre $-b^*$ (azul) e $+b^*$ (amarelo) (Konica Minolta, 2007).

Além dessas coordenadas, é comum utilizar parâmetros derivados a partir de a^* e b^* , como o croma (C^*) e o ângulo Hue (h°). O croma representa a saturação da cor e é calculado pela relação $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$. Valores mais altos de croma indicam cores mais vivas e intensas, enquanto valores mais baixos correspondem a cores mais opacas ou acinzentadas. Já o ângulo Hue indica a tonalidade da cor, que pode ser definida tradicionalmente como avermelhada, esverdeada, etc. Graficamente considera-se o ângulo de 0° como a cor vermelha, o ângulo de 90° , amarelo, o ângulo de 180° , verde, e o ângulo de 270° , azul. Calculado pela relação $\tan^{-1} b^*/a^*$ (Ferreira e Spricigo, 2017).

3.5. Escurecimento enzimático

O escurecimento enzimático é uma das mais importantes reacções de cor que afeta as frutas, vegetais e alimentos do mar de uma forma positiva ou negativa. Estas reacções podem contribuir para a aceitação global de alimentos como chá, café, cacau e algumas frutas secas (passas, ameixas, tâmaras e figos) (Duarte, 2012). Mas também podem provocar alterações indesejáveis na cor, sabor, aroma e atributos nutricionais de certas frutas e vegetais (Oliveira, 2018). Ele inicia-se em resposta a danos físicos (corte, descasque, trituração) ou fisiológicos (excesso de CO₂) no alimento (Da Silva *et al.*, 2009). Essas lesões levam ao rompimento celular e a consequente descompartimentação dessas células, promovendo o contato dos compostos fenólicos localizados predominantemente nos vacúolos, com enzimas oxidativas associadas ao escurecimento situadas no citoplasma (Toivonen e Brummel, 2008).

Ele é causado principalmente pela acção das enzimas polifenoloxidase (PPO), que quando em contacto com o oxigénio atmosférico, reagem com os compostos fenólicos. Como produtos dessa reacção têm-se água e quinonas, que são compostos amarelados e altamente instáveis, que reagem quimicamente entre si e formam polímeros de alta massa molar e insolúveis, as melaninas (Oliveira, 2018; Prestes, 2019). Os compostos fenólicos, ou simplesmente polifenóis são produtos do metabolismo secundário das plantas e apresentam uma grande diversidade química que lhes confere distintas funções nos vegetais (Guerra, 2010). As plantas possuem uma ampla variedade de compostos fenólicos, entretanto, apenas uma parte relativamente pequena desses compostos serve como substrato das enzimas oxidativas (Guerra, 2010).

Além das PPO, a peroxidase (POD) também é uma enzima responsável pelo escurecimento enzimático, que utiliza os compostos fenólicos como substratos e são capazes de oxidar na presença de peróxidos, originando radicais livres. Também são obtidas quinonas instáveis como produto dessa reacção, as mesmas polimerizam-se formando as melaninas (Oliveira, 2018).

5.5.1. Velocidade do escurecimento enzimático e formas de controle

O escurecimento enzimático envolve a presença da enzima, substrato e oxigénio (ou peróxido de hidrogénio no caso da peroxidase). Se qualquer um deles estiver ausente, ou, se por alguma razão um deles for impedido de participar da reacção, não haverá oxidação, e portanto, não ocorrerá o escurecimento enzimático (Lira, 2022).

Os principais factores que afetam a velocidade dessa reacção são o pH e a temperatura. A maioria das polifenoloxidase de frutas e vegetais apresentam actividade óptima em pH levemente ácido ou próximo a neutralidade (Santos, 2001).

Nogueira e Silva (1983) ao estudarem o efeito de tratamentos térmicos na actividade da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças, constataram que, em termos gerais, nas frutas a PPO apresentou maior resistência a inactivação pelo calor que a POD, e no caso das hortaliças ocorreu o inverso. Eventualmente, esse estudo incluía a banana.

A temperatura óptima para a actividade da PPO varia em cada fruta, mas a maioria apresenta actividade óptima em temperaturas variando de 30 a 50 °C (Santos, 2001). Em temperaturas mais baixas a sua actividade reduz, e acima de 50 °C essas enzimas tendem a perder a sua função catalítica devido a desnaturação térmica. As PPO não pertencem ao grupo das enzimas estáveis ao calor, quando expostas a temperatura de 70 a 90°C por um curto período, são na maioria dos casos destruídas parcial ou totalmente em relação a sua função catalítica (De Souza e Leão, 2012).

Na banana em particular, o escurecimento enzimático é atribuído quase que exclusivamente a acção da polifenoloxidase, isso porque apenas vestígios da peroxidase costumam ser detectados nesse fruto (Da Silva, 1981). Entre os substratos fenólicos presentes, a 3,4-dihidroxifeniletamina (domanina) é considerada o principal composto envolvido nesse processo (Silva e Nogueira 1983). Estudos como de Perone *et al.*, 2007, demonstraram que a actividade óptima da PPO da banana ocorre em pH 6 - 6.5 a uma faixa de temperatura de 30 -35 °C. Podendo haver ligeiras diferenças entre as variedades.

O controle do escurecimento enzimático pode ser feito através de métodos físicos e/ou químicos. Métodos físicos incluem redução de temperatura ou inactivação térmica da enzima, protecção do produto contra oxigénio, desidratação, uso de atmosfera modificada, embalagens activas e outros. Métodos químicos envolvem o uso de inibidores. As classificações dos inibidores químicos mais comuns são: agentes antioxidantes, acidulantes, quelantes ou complexantes (Da Silva *et al.*, 2009). Sendo a viabilidade económica, possibilidade de interferir negativamente no sabor e toxicidade nos alimentos critérios decisivos na escolha do método (Lira, 2022).

3.6. Reacção de Maillard

A reacção de Maillard é considerada uma das mais importantes reacções de escurecimento não enzimático no processamento de alimentos (Figueiredo, 2021). Ela é uma cascata de reacções que se dá pela junção de compostos carbonílicos (especialmente açúcares redutores) com compostos com um grupo amino livre, tais como aminas, aminoácidos e proteínas (Patel *et al.*, 2013; Figueiredo, 2021).

A reacção de Maillard (RM) ocorre durante o processamento térmico dos alimentos em altas temperaturas e ou um armazenamento prolongado dos mesmos à temperatura ambiente. (Trevisan, 2015; Figueiredo, 2021).

Em produtos de panificação, à base de batata, café, cereais matinais, carne cozida, cacau, a RM é altamente desejável, uma vez que confere o sabor, aroma e cor característicos e determinantes na escolha pelo consumidor. Porém sua formação prejudica a qualidade de alimentos como leite em pó, ovo em pó, leite condensado, sucos de frutas, etc., nos quais esses atributos sensoriais não são desejáveis (Figueiredo, 2021).

3.6.1. Velocidade da reacção de Maillard e formas de controlo

A velocidade da reacção depende de vários factores: tempo e temperatura de processamento, actividade de água, pH, tipo e concentração dos reagentes envolvidos na reacção, presença de iões metálicos de transição como Cu^{2+} e Fe^{2+} que podem catalisar a reacção (Trevisan, 2015). Sendo o tempo e a temperatura de processamento os principais parâmetros que aumentam a velocidade dessa reacção (Trevisan, 2015; Figueiredo, 2021). A velocidade também está relacionada ao método de preparação culinária ou industrial do alimento: métodos de cocção por calor seco, como fritar ou assar promovem uma formação dos PRM dez vezes maior do que a fervura em água (calor úmido) (Figueiredo, 2021).

Este tipo de escurecimento sucede com maior ênfase em valores intermediários de actividade de água (0,5 a 0,8). Isto porque em baixa actividade de água há maior viscosidade do meio, o que faz com que os reagentes não se movimentem com facilidade, e em altos valores ($\approx 0,9$) os reagentes se encontram muito diluídos, reduzindo a probabilidade de colisão entre eles, diminuindo assim a velocidade de escurecimento (Francisquini *et al.*, 2017).

A natureza e o teor de açúcares e aminoácidos também afectam a RM devido a diferenças na reactividade. Açúcares formados por pentoses (ribose, xilose e arabinose) são mais reactivos do que as hexoses (galactose, manose, glicose e frutose), e essas últimas são mais reactivas que os dissacarídeos (maltose e lactose). Já os aminoácidos são classificados em três grupos de acordo com o grau de escurecimento. Sendo grau de escurecimento alto: lisina, glicina, triptofano e tirosina;

intermediário: prolina, leucina, isoleucina, alanina, hidroxiprolina, fenilalanina, metionina, valina, glutamina e asparagina; e baixo: histidina, treonina, ácido aspártico, arginina, ácido glutâmico e cisteína (Figueiredo, 2021).

O pH também exerce efeito sobre a reacção, a velocidade máxima ocorre na faixa alcalina entre pH 9 a 10 (Francisquini *et al.*, 2017). O aumento do pH acelera a reacção, uma vez que em valores altos de pH os grupos amino dos aminoácidos e proteínas encontram-se na sua forma livre (não protonados), o que os torna mais nucleofílicos, e disponíveis para reagir com os grupos carbonila de açúcares redutores. Em contrapartida, a diminuição do pH promove a protonação do grupamento NH₂, reduzindo/eliminando a nucleofilicidade desse grupo e, conseqüentemente, reduzindo/impedindo sua interação com as carbonilas dos açúcares redutores (Patel *et al.*, 2013; Elias, 2016).

Quando não desejável, torna-se necessária a utilização de técnicas que visam prevenir e ou inibir o desenvolvimento da reacção de Maillard (Elias, 2016). Essas técnicas podem alterar a composição dos alimentos crus para impedir a formação de produtos indesejáveis da RM, usar agentes externos ou manipular factores durante o processamento para evitar a formação desses compostos (Rannou *et al.*, 2016, citado por Figueiredo, 2021).

3.7. *Malambe*

O continente africano é reconhecido por possuir uma abundante flora nativa e endógena constituída por plantas ricas em compostos bioactivos, cujo potencial agronómico e comercial ainda é pouco valorizado pela sociedade ocidental por desconhecimento das suas propriedades físico-químicas e farmacológicas (Passos, 2016).

O embondeiro (*Adansonia digitata L.*) é considerado emblemático, cultural e essencial na medicina tradicional de África e da Índia (Marcolino, 2021). Quase todas partes da árvore são usadas na medicina tradicional em África, variando de um país para outro (Mussungu, 2022).

A polpa do fruto do embondeiro apresenta carácter ácido (pH=3,2), dispõe de quantidades consideráveis de macro e micronutrientes de importante significado nutricional, e de um conjunto de moléculas naturais com actividade antioxidante, como o ácido ascórbico e os polifenóis (Marcolino, 2021). Vários estudos etnobotânicos comprovam a alta capacidade antioxidante de diferentes partes da árvore, mas importa salientar que a polpa do fruto exhibe maior actividade antioxidante (Chadare et al., 2009; Vertuani et al., 2002). Tal desempenho é atribuído, sobretudo, a combinação de altos teores de ácido ascórbico e compostos fenólicos (Passos, 2016). Segundo Vertuani *et al.* (2002), os níveis de vitamina C na polpa podem variar entre 150 a 499 mg/ 100 g, isto é, de 3 a 10 vezes superior ao da laranja. (~51 mg/ 100 g). No entanto, quimicamente é uma vitamina fotossensível, oxilável e termolável (Ribeiro, 2012).

Os compostos fenólicos estão presentes em concentrações ainda mais elevadas na polpa do *malambe*, podendo atingir valores superiores a 4000 mg/ 100g (Lamien-Meda *et al.*, 2008). Esses compostos são mais estáveis ao calor que a vitamina C e demonstram forte correlação com actividade antioxidante medida por diversos métodos, mais forte que a vitamina C (Oliveira *et al.*, 2011). Assim, os compostos fenólicos também apresentam alta influência sobre a capacidade antioxidante.

Para além do potencial antioxidante supracitado, o teor elevado de cálcio na polpa do fruto torna-a uma fonte natural suplementar de cálcio para mulheres grávidas ou em amamentação, bem como para as crianças e adultos em geral (Marcolino, 2021). Recentemente devido ao seu perfil nutricional foi considerado uma super fruta (Passos, 2016).

O *malambe* desidrata-se naturalmente na árvore quando maduro, dispensando processos artificiais de conservação para estender o seu tempo de prateleira (Mussungu, 2022). A polpa seca pode ser moída para obtenção de farinha usada na preparação de bebidas, geleia, sorvete, doces diversos, ou consumida crua como um aperitivo (Mussungu, 2022).

Em Moçambique o fruto da *Adansonia digitata L.* é conhecido tradicionalmente como *Malambe* ou *Ulapa*, consoante a zona e a língua indígena. A espécie ocorre em quase todo território nacional,

com maior incidência nas províncias de Manica e Tete, e seu período de colheita é de Abril a Junho (Magaia *et al.*, 2013).

O crescente interesse da comunidade científica pelo *malambe* aconteceu após a União Europeia (UE) autorizar a colocação da sua polpa no mercado como novo ingrediente alimentar em 2008. Mais tarde, em 2009, a *Food and Drug Administration* (FDA) dos EUA também reconheceu a polpa do *malambe* como ingrediente alimentar geralmente reconhecido como seguro (GRAS - *Generally recognized as safe*) (Mussungu, 2022).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Tipo e Local de estudo

O estudo experimental foi realizado com base em método descritivo de abordagem mista (quantitativa e qualitativa). O estudo foi conduzido no Laboratório da Secção de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Veterinária e no Laboratório de Alimentos da Faculdade de Engenharia, ambas, Faculdades da Universidade Eduardo Mondlane, situadas no bairro Luís Cabral, Avenida de Moçambique Km 1,5 Maputo – Moçambique.

4.2. Matéria-prima

Para a realização do estudo, utilizou-se banana madura da variedade nanica (*Dwarf Cavendish*) (figura I) adquirida num supermercado da cidade de Maputo. A banana apresentava-se com poucas manchas castanhas, com haste esverdeada e sem defeitos.

O *malambe* (figura II), proveniente da província de Inhambane, foi adquirido com casca, sem fendas e apresentava uma aparência aveludada verde-acastanhada.

A banana e o *malambe* foram acondicionados em sacos plásticos, a temperatura ambiente, e transportados a Faculdade para o processamento e análise.



Figura I: Banana madura



Figura II: *Malambe* na casca

4.3. Delineamento experimental

Os ensaios basearam-se num delineamento experimental, factorial 3x3, envolvendo dois factores: pré-tratamento e temperatura de secagem. O factor pré-tratamento apresentou três níveis, correspondentes ao teor de *malambe* adicionado:

- Nível 1: Fatias de banana sem *malambe* (**BSM**) (controlo)
- Nível 2: Fatia de banana com solução de *malambe* a 12.5% (**BCM12**)
- Nível 3: Fatia de banana com solução de *malambe* a 16.6% (**BCM16**)

Para o factor temperatura de secagem foram definidos 3 níveis:

- Nível 1: 40 ° C (T1)
- Nível 1: 50 ° C (T2)
- Nível 2: 60 ° C (T3)

A combinação dos níveis dos factores resultou em 9 tratamentos, sendo cada um repetido três vezes. Neste delineamento as variáveis independentes foram o pré-tratamento e a temperatura. E as variáveis dependentes corresponderam aos parâmetros de qualidade avaliados após a secagem: cor, humidade, actividade de água e pH.

4.4. Preparação da banana desidratada com *malambe*

O processo teve início com a higienização das bananas. Onde foi realizada uma primeira lavagem em água, seguida de desinfecção em solução clorada (50 ppm) por 15 minutos, e posteriormente uma segunda lavagem com água corrente.

Dispuseram-se 3 tigelas, cada com o pré-tratamento antes de proceder-se com o fatiamento das bananas. Para obtenção do pré-tratamento, o *malambe* foi ralado num ralador Inox de 3 faces para obtenção de farinha (Figura VII - anexo I), e posteriormente misturado com água destilada de modo a produzir as concentrações mencionadas no delineamento experimental. As bananas foram descascadas manualmente e fatiadas em espessuras de 7 ± 2 mm usando uma faca. A primeira fatia teve a espessura determinada com auxílio duma régua, sendo as subseqüentes cortadas com espessura visualmente semelhante a primeira.

A medida que se procedia com o fatiamento, as fatias iam sendo submersas nas tigelas com os pré-tratamentos. As fatias do grupo controlo foram as últimas a serem cortadas, de modo que estivessem expostas ao oxigénio por menos tempo.

Em seguida, as bananas já tratadas foram distribuídas em bandejas e transportadas para estufa, onde procedeu-se com a secagem sem circulação de ar nas 3 temperaturas mencionadas no delineamento experimental, por 24 horas.

Após a secagem o produto foi arrefecido num dessecador e posteriormente embalado em sacos de polietileno, que foram armazenados em lugar fresco e seco protegido de insectos e roedores.

As superfícies, utensílios e equipamentos utilizados no processamento foram antes higienizados.

Resumidamente, as etapas de produção de banana desidratada tratada com *malambe* estão ilustradas na figura III.

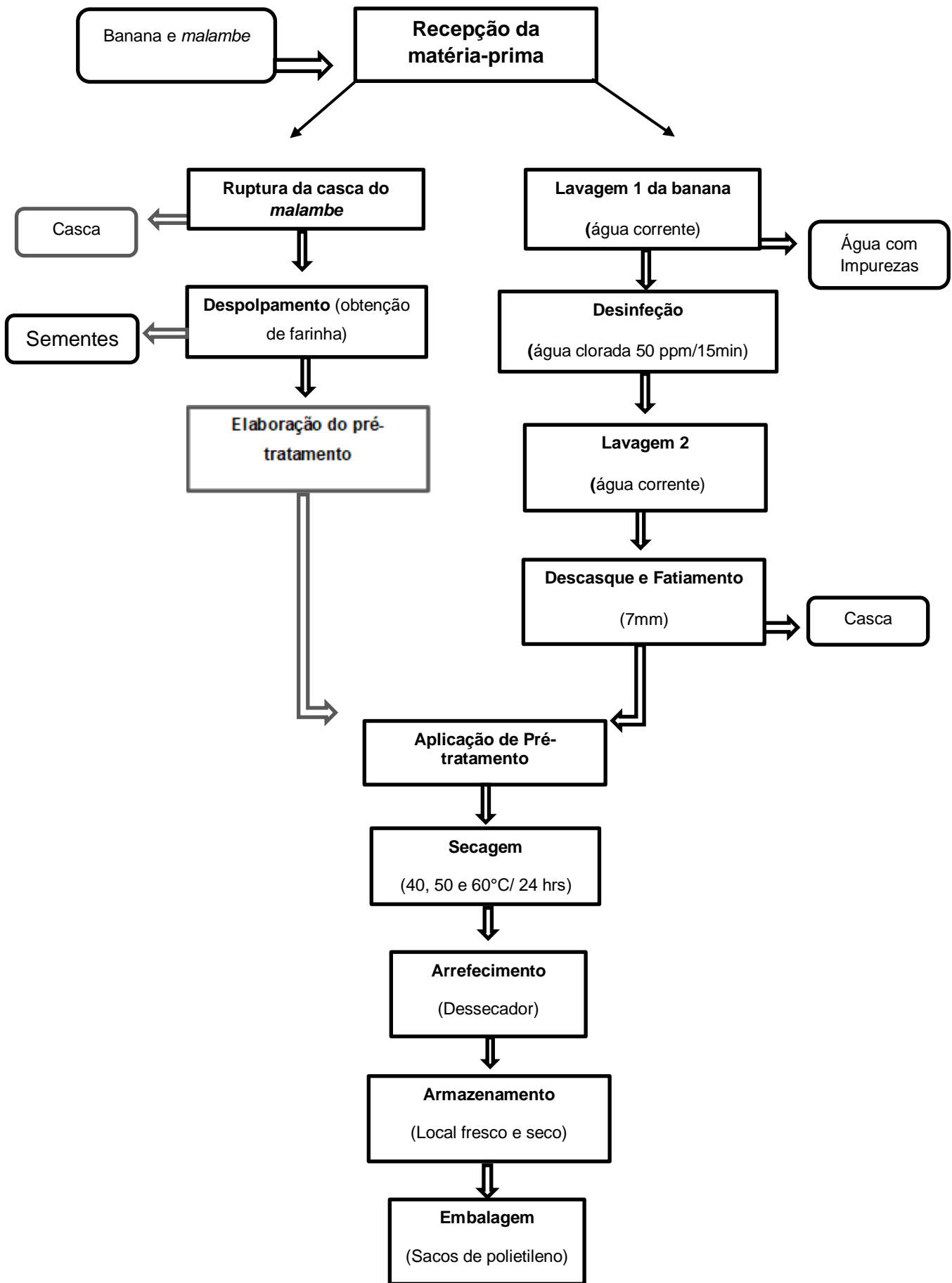


Figura III: Fluxograma de processamento da banana com *malambe*.

4.5. Análises laboratoriais

4.5.1. Físico-químicas

Determinação da humidade

A humidade foi determinada pelo método de estufa. Três (3) amostras de cada tratamento, com massas variando de 2.54 a 10 g foram transferidas para placas de Petri previamente aquecidas na estufa (MEMMERT BE600) a 105°C por 1 hora, e resfriadas em dessecador até temperatura ambiente. As amostras foram levadas para estufa e aquecidas por 3 horas, após isso foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e depois pesadas. Repetiu-se o processo de aquecimento, arrefecimento e pesagem até obter-se peso constante. (IAL, 2008).

O valor da umidade em base seca foi calculado através da seguinte fórmula:

$$U\% = \frac{P i - P f}{P f} \times 100\% \quad (\text{Eq.: 1})$$

Onde:

$U\%$ = Humidade em percentagem

$P i$ = Peso inicial

$P f$ = Peso final

Determinação da actividade de água (A_w)

A actividade de água foi determinada com o recurso ao refractómetro digital de bancada (BIOBASE BWA -3A). As amostras não necessitando duma preparação prévia, foram directamente introduzidas na câmara do aparelho previamente calibrado com soluções padronizadas de $A_w = 0.25$ e $A_w = 0.50$, e procedeu-se com leituras dos resultados em três (3) amostras.

Determinação do pH

Para a determinação de pH, 5.0 g de cada amostra foram triturados e diluídos em 50 ml de água destilada em tubos Falcon, e agitou-se de modo a homogeneizar a mistura. Foram feitas leituras únicas em três (3) amostras, num potenciómetro digital (ASONE- AS800) previamente calibrado com as soluções tampão de 4.0 e 7.0 (IAL, 2008).

4.5.2. Análise instrumental da cor

A análise instrumental da cor foi feita por colorimetria, utilizando um colorímetro digital (MINOLTA CR-10). Foi feita a leitura dos valores de L^* , a^* e b^* em quatro (4) amostras, no equipamento previamente calibrado em um papel A4 branco (Chauca, 2000).

A partir desses valores, calcularam-se os parâmetros derivados: saturação da cor (croma, C^*) e tonalidade (ângulo Hue, h°). Foi avaliada a diferença nos parâmetros L^* , C^* e h° das amostras das diferentes preparações antes e depois da secagem.

4.5.3. Análise sensorial

Teste de aceitação

A análise sensorial contou com 43 provadores não treinados, de ambos os sexos, de idades compreendidas entre 18 aos 34 anos. A participação no painel de análise sensorial (Figura VI - Anexo I) foi voluntária, sendo excluídos provadores com algum problema de saúde ou qualquer outra condição que interferisse no paladar, ou que não gostassem de nenhum elemento que fizesse parte da formulação do produto. Para a selecção dos mesmos, foi utilizada uma amostragem não probabilística por conveniência.

Antes da análise sensorial, os provadores foram informados sobre os objectivos da mesma, modo de proceder, bem como os riscos associados. Aos que aceitaram participar do estudo, foram solicitados a confirmar a sua vontade de participação através da assinatura do Termo de Consentimento Informado (Anexo II).

O teste de aceitação foi feito através duma escala hedónica estruturada de nove pontos, variando de 1 - “desgostei extremamente” a 9 - “gostei extremamente” onde foram avaliados os atributos cor, aroma, textura, sabor e avaliação global. As respostas foram preenchidas em uma Ficha de Análise Sensorial (Anexo III) segundo o procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008)

4.6. Análise dos dados

Os dados obtidos nas análises laboratoriais foram submetidos ao cálculo das médias e respectivos desvios-padrão, quando aplicável.

Para os dados da análise sensorial também foram determinadas as médias e respectivos desvios-padrão, seguidos de análise de variância pelo teste *t-student*. Todos os tratamentos estatísticos foram feitos usando o programa estatístico *SPSS for Windows* versão 25.0 (IBM, Statistics, USA) a um nível de significância de 5 %.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análises físico-químicas

Os resultados referentes as propriedades físico-químicas da banana *in natura*, farinha de *malambe* e das diferentes amostras após secagem estão apresentados na Tabela I. Em termos de humidade, a amostra com menor concentração de *malambe* (BCM12) processada a 40 °C apresentou maior teor, e o menor teor foi achado na amostra sem *malambe* (BSM) seca a 60 °C. Em relação a actividade de água, o valor mais elevado foi obtido na amostra não tratada (BSM) seca a 40°C, ao passo que o menor foi achado na BSM processada a 60°C. Quanto ao pH, onde fez se a leitura das amostras processadas apenas a 60°C, verificou-se maior valor na amostra não tratada (BSM) e menor na de maior concentração (BCM16).

Tabela I: Teor de humidade, actividade de água e pH da matéria-prima e das diferentes amostras após secagem

Parâmetro	Amostra		40°C	50°C	60°C
Humidade (kg água/ Kg de matéria seca)		BSM	0.629 (0.0085)	0.157 (0.0024)	0.088 (0.0077)
	Banana <i>in natura</i> 1.78 (0.2)	BCM12	0.643 (0.0209)	0.172 (0.0013)	0.092 (0.0050)
		BCM16	0.578 (0.0185)	0.198 (0.0232)	0.130 (0.0084)
Actividade de água		BSM	0.827 (0.004)	0.637 (0.002)	0.476 (0.007)
		BCM12	0.816 (0.004)	0.643 (0.007)	0.494 (0.001)
		BCM16	0.802 (0.006)	0.649 (0.002)	0.501 (0.005)
pH	Banana <i>in natura</i> 4.90 (0.006)	BSM	-	-	5.325 (0.005)
		BCM12	-	-	4.535 (0.005)

	<i>Malambe</i> 3.085 (0.005)	BCM16	-	-	4.31 (0.010)
--	--	--------------	---	---	--------------

Humidade e actividade de água

Conforme se pode ver na tabela I, temperaturas mais altas conduziram a valores de humidade e actividade de água mais baixos, o que era de esperar. A redução da humidade e actividade de água com o aumento da temperatura de secagem está relacionada com a perda de água durante o processo de secagem. Em temperaturas mais elevadas, a taxa de evaporação da água é maior, e isso influencia o teor de humidade e, conseqüentemente, a actividade de água do produto (Da Silva, 2017; Travaglini *et al.*, 1993).

Quanto a aplicação do pré-tratamento, verificou-se que, a 50 e 60°C os valores de humidade e actividade de água aumentaram proporcionalmente ao incremento da concentração de *malambe*. Em contraste, a 40°C observou-se um comportamento irregular, onde a amostra com maior concentração de *malambe* atingiu valores de humidade e actividade de água menores.

Esperava-se que, a 40°C, a humidade e actividade de água apresentassem comportamento semelhante ao observado nas temperaturas mais altas (50 e 60°C), pois, acredita-se que a camada formada pelo *malambe* teria agido como uma barreira parcial a passagem de água, reduzindo a perda de humidade. Essa hipótese fundamenta-se na composição da polpa do *malambe* que é rica em fibras (~45 %), apresentando uma quantidade quase igual de fibras solúveis e insolúveis (Ribeiro, 2012). E as fibras solúveis possuem alta capacidade de retenção de água (Barbosa *et al.*, 2022). Para além do facto de que o tratamento por imersão implique em incorporação inicial de água nas amostras, refletindo-se num maior teor de humidade inicial do sistema. Contudo, o teor de humidade após secagem não é determinado exclusivamente pela quantidade de água inicial (Celestino, 2010).

Quanto a menor humidade na amostra com maior concentração de *malambe* (BCM16), a 40°C, é provável que a solução de *malambe* na superfície da banana tenha gerado um gradiente osmótico superficial, favorecendo migração de parte da água livre das camadas mais externas da banana para a superfície. A 40°C, a taxa global de secagem tende a ser controlada pela difusão interna de água, devido a menor taxa de evaporação superficial (Majumdar, 2014). Essa menor taxa de evaporação superficial reduz a probabilidade de endurecimento da camada externa, o que seria uma barreira a passagem de água. Assim, a água deslocada para a superfície pode evaporar sem resistência e gradualmente, contribuindo para menor humidade final.

Os valores de humidade achados a 50 e 60°C encontram - se abaixo do proposto na literatura para a banana seca (0.25 -0.33 (b.s)) (Borges e Souza, 2004). Esse resultado apresenta algumas

vantagens tecnológicas importantes, uma vez que estes baixos teores de humidade são acompanhados pela redução da actividade de água, o que reduz a disponibilidade da água livre para reações químicas, bioquímicas e crescimento microbiano, favorecendo a estabilidade durante o armazenamento e, conseqüentemente prolongando a vida de prateleira (Travaglini *et al.*, 1993). Para a maioria dos alimentos a actividade de água crítica abaixo da qual nenhum microrganismo consegue crescer situa-se entre 0.6 a 0.7 (Rahman, 2007). E os valores achados nestas temperaturas encontram-se dentro dessa faixa. Além disso, a redução de humidade promove uma maior concentração de açúcares solúveis, o que intensifica o sabor doce na banana desidratada (De Castro, 2013). No entanto, valores de humidade muito reduzidos também podem trazer desvantagens do ponto de vista sensorial. Uma menor humidade implica em menor elasticidade e aumento de dureza do produto, factores que podem comprometer a mastigabilidade e aceitação pelos consumidores (Luccas, 1996). Portanto, embora a secagem mais intensa contribua para a estabilidade, é necessário equilibrar esse aspecto com a qualidade sensorial do produto final.

pH

Como observa-se na tabela I, o valor de pH da banana *in natura* foi de 4,9, que não está longe da faixa de pH habitual da fruta quando madura (4,2 e 4,7). Este valor (4,9) um pouco acima pode estar relacionado com o estágio de maturação das bananas escolhidas para o estudo, embora não se possam descartar outros factores. Em bananas verdes, o pH geralmente oscila entre 5,0 a 5,6. À medida que amadurecem, esse valor tende a diminuir, atingindo valores anteriormente mencionados (Do Nascimento *et al.*, 2008). Sabe-se que o pH não só da banana, mas dos alimentos em geral, varia conforme seu estágio de maturação, cultivar, condições edáficas e climatéricas da região de cultivo (Ribeiro, 2012; Passos, 2016;). Para além do tempo e condições de conservação, variação genética, incidência de luz, métodos de análise, etc. (Chadare *et al.*, 2009

O valor encontrado para o pH do *malambe* (3,08) está ligeiramente abaixo do reportado por Chadare *et al.* (2009) (3.3) e Marcolino (2021) (3.2). O *malambe* usado neste estudo encontrava-se na casca, e assim protegido contra oxigénio e humidade, o que acredita-se ter contribuído para a preservação dos ácidos orgânicos, e conseqüentemente, o valor de pH observado.

Quanto as amostras após secagem, observou-se que o pH da amostra não tratada (BSM) aumentou, e que das formulações com *malambe* (BCM12 e BCM16) reduziu, tendo reduzido mais na formulação com maior concentração de *malambe*. O aumento do pH, neste caso em particular, pode estar relacionado a dois aspectos: perda de ácidos orgânicos e concentração dos sólidos solúveis. Segundo De Castro *et al.*, 2017, em temperaturas altas, ácidos orgânicos que contribuem para a acidez de frutas podem se decompor ou volatilizar, aumentando assim o pH (reduzindo a acidez). A secagem reduz o teor de água, concentrando açúcares e ácidos (Celestino, 2010).

Assumindo que a decomposição ou volatilização dos compostos ácidos levou ao aumento de compostos básicos, após a sua concentração estes culminaram em um aumento de pH.

Em contrapartida, a redução do pH das amostras BCM12 e BCM16, acredita-se que esteja associada a inclusão do *malambe* na sua formulação, que por apresentar carácter muito ácido (pH=3.08), levou a redução do pH das mesmas. Mesmo com um eventual aumento de pH durante a secagem.

Embora não tenha sido realizada a medição do pH das amostras secas a 40 e 50 °C, com base nos argumentos apresentados anteriormente, acredita-se que tanto as formulações contendo *malambe* quanto as amostras controlo apresentariam valores de pH inferiores aos das amostras correspondentes processadas a 60 °C, em virtude de menor perda dos ácidos orgânicos por menor volatilização.

A redução do pH observada nas amostras com *malambe* para além dos benefícios durante o processamento traz algumas vantagens durante o armazenamento como: maior estabilidade da cor e aparência, visto que um pH mais ácido continua inibindo a actividade residual da polifenoloxidase e reduz a velocidade da reacção de Maillard (Trevisan, 2015; Lira, 2022); efeito antimicrobiano por dificultar a multiplicação de muitos organismos deteriorantes e patogênicos, o que aumenta a segurança e vida útil do produto (Rahman, 2007). Entretanto, uma redução do pH pode tornar o alimento mais ácido, prejudicando a aceitação por parte dos consumidores.

5.2. Cor

Os resultados da medição instrumental da cor das diferentes amostras da banana nas coordenadas L^* , a^* e b^* antes e após secagem estão apresentados na tabela II. O maior valor de L^* após secagem foi observado na formulação com menor concentração de *malambe* (BCM12) processada a 50°C. Por outro lado, o menor valor de L^* foi achado na amostra não tratada (BSM) submetida a 40°C.

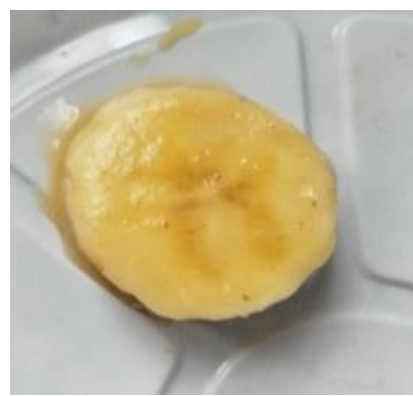
Logo a seguir, a figura IV apresenta imagens das diferentes amostras da banana antes e após secagem, com os respectivos valores de Luminosidade (L^*), croma (C) e ângulo Hue (h°). As amostras estão dispostas horizontalmente na seguinte ordem: BSM, BCM12 e BCM16, enquanto verticalmente são apresentadas as condições antes e após secagem às temperaturas de 40, 50 e 60°C, respectivamente. Os maiores valores de croma e ângulo Hue foram observados na amostra tratada com a maior concentração de *malambe* (BCM16), submetida a temperatura mais elevada (60°C). Em contraste, o menor valor de croma foi registado na amostra não tratada (BSM), submetida a secagem a 50°C. E para o ângulo Hue, o menor valor foi achado na amostra BSM seca a 40 °C.

Tabela III: Resultados da medição instrumental da cor das diferentes amostras antes e após secagem

			L^*	a^*	b^*
Antes da secagem	Temperatura ambiente	BSM	55.25 (2.12)	0.95 (0.11)	18.34 (1.11)
		BCM12	57.53 (2.17)	1.54 (0.24)	20.50 (0.74)
		BCM16	57.02 (1.43)	2.76 (0.14)	23.38 (0.66)
Após secagem	40 ° C	BSM	17.01 (1.65)	13.18 (1.26)	17.82 (2.1)
		BCM12	24.9 (0.99)	10.93 (0.88)	20.91 (1.83)
		BCM16	41.55 (2.04)	6.71 (0.53)	24.50 (0.95)
	50 ° C	BSM	27.84 (1.85)	9.4 (1.50)	18.96 (2.4)
		BCM12	52.21 (0.79)	10.69 (1.10)	31.67 (1.88)
		BCM16	46.92 (0.57)	11.59 (0.25)	33.50 (1.29)

	60 ° C	BSM	33.65 (2.15)	12.68 (1.22)	28.58 (2.56)
		BCM12	46.17 (3.22)	11.80 (1.60)	37.27 (4.16)
		BCM16	45.29 (2.76)	15.14 (3.83)	43.63 (2.63)

Figura IV: Fotografias das diferentes amostras da banana antes e após secagem, com os respectivos valores de Luminosidade (L), Cromo (C) e Angulo Hue (h°)



L = 55.25 (2.12)

L = 57.53 (2.17)

L = 57.02 (1.43)

C = 18.36

C = 20.56

C = 23.54

h° = 87.03

h° = 85.7

h° = 83.26



L = 17.01 (1.65)

L = 24.9 (0.99)

L = 41.55 (2.04)

C = 22.16

C = 23.59

C = 25.4

h° = 53.51

h° = 62.43

h° = 74.68



L = 27.84 (1.85)

C = 21.51

h° = 63.62



L = 52.21 (0.79)

C = 33.42

h° = 71.34



L = 46.92 (0.57)

C = 35.45

h° = 72.43



L = 33.65 (2.15)

C = 31.26

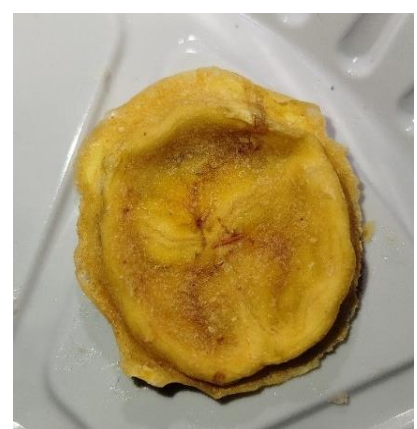
h° = 66.83



L = 46.17 (3.22)

C = 39.09

h° = 72.43



L = 45.29 (2.76)

C = 46.18

h° = 70.86

Como observa-se na tabela II, a análise colorimétrica revelou que a coordenada L* diminuiu em todas formulações após a secagem, evidenciando redução de claridade do produto. As amostras sem *malambe* apresentaram maior decréscimo da coordenada L* em comparação com as amostras com *malambe* (BCM12 e BCM16). Observou-se ainda que, nas amostras controle, quanto menor a temperatura aplicada, maior foi o decréscimo de L*, ao passo que, nas amostras com *malambe* a coordenada L* não apresentou um comportamento linear em função da temperatura, sendo registrados valores mais altos na seguinte ordem: 50°C > 60°C > 40°C.

A maior redução da coordenada L^* à temperaturas mais baixas nas amostras sem *malambe* indica que, nas condições avaliadas, o escurecimento enzimático constitui o principal mecanismo responsável pela perda de luminosidade (L^*). Já o comportamento não linear (L^* 50°C > 60°C > 40°C) observado nas amostras tratadas, pode ser explicado pela dinâmica competitiva entre os mecanismos de escurecimento durante a secagem, associado ao efeito do pré-tratamento. Na condição de 40 °C, a polifenoloxidase encontra-se próxima da sua faixa de temperatura de actividade óptima na banana (30-35°C), permitindo assim maior actividade da enzima ao longo do processo e maior formação de pigmentos escuros derivados da oxidação de polifenóis, comparativamente às temperaturas mais elevadas (De Souza e Leão, 2012).

Por outro lado, a 50 e 60°C, a redução progressiva da actividade da PPO caracteriza uma condição de transição para desnaturação térmica da enzima, tornando-se mais pronunciada com o aumento da temperatura, como esperado, reduzindo assim o impacto do escurecimento enzimático. Ao mesmo tempo, essa temperatura não foi suficientemente elevada para promover de forma significativa a reacção de Maillard. Esta que geralmente torna-se mais notória a partir de cerca de 70°C ou mesmo a temperatura ambiente durante armazenamento prolongado (Celestino, 2010; Guine, 2018). Quanto ao efeito do pré-tratamento, o menor escurecimento nas amostras com *malambe* deve estar associado ao pH ácido (3,0) e ao alto poder antioxidante do mesmo.

Em relação ao ângulo Hue (h°), antes da secagem os valores variaram de 87.03 a 83.26, correspondendo à tonalidade amarela típica de bananas maduras, sem diferenças visualmente relevantes entre as formulações. Após a secagem houve uma redução do ângulo Hue em todas as amostras, quanto menor a temperatura, mais reduzia o valor. Essa redução foi mais acentuada nas amostras não tratadas, cujos valores finais variaram entre 53.51 a 66.07, indicando deslocação da cor amarela para uma tonalidade laranja amarelado. As amostras com *malambe* (BCM12 e BCM16) também reduziram, porém, de forma menos pronunciada, apresentando valores variando de 63.62 a 74.68. Nas amostras secas a 50 e 60°C, o ângulo Hue preservou-se melhor, variando de 70.86 a 72.43, indicando percepção visual ainda predominantemente amarela, embora já com tendência a tons mais quentes.

Quanto ao croma (C^*), verificou-se que, antes da secagem as amostras apresentavam valores variando de 18.16 a 23.54. Após o processamento, observou-se um aumento geral do croma, sendo esse incremento mais pronunciado com o aumento da concentração do *malambe* e da temperatura de secagem, atingindo valores variando de 20.59 a 46.18.

Essas variações em Hue e Croma podem ser explicadas pelas alterações observadas nas coordenadas a^* e b^* . Em relação a a^* , houve aumento em todas as formulações após a secagem, indicando tendência ao avermelhamento, mais pronunciada a temperatura mais alta (60 °C), em concordância com Amer *et al.* 2023. No presente estudo o avermelhamento mostrou-se mais expressivo nas amostras com *malambe*, especialmente BCM16 (amostra com maior concentração),

possivelmente devido a presença intrínseca de pigmentos dessa tonalidade no *malambe* -e os mesmos ao se concentrarem durante a secagem, podem ter culminando no incremento dos valores de a^* -, conforme observou-se, mesmo antes da secagem, a adição de *malambe* aumentou os valores dessa coordenada.

Importa referir que o aumento de a^* durante a secagem frequentemente é associado ao escurecimento do produto (Chauca, 2000; Cardoso, 2012). Entretanto, Ferreira *et al.* (2019) também observaram valores de a^* mais elevados em amostras tratadas com compostos antioxidantes em comparação com a amostra não tratada, mesmos estes antioxidantes garantindo uma menor redução de L^* ; o que sugere que o aumento da tonalidade avermelhada não está exclusivamente associado ao escurecimento do produto durante a secagem.

Por sua vez, a coordenada b^* apresentou aumento em todas amostras, excepto na amostra sem *malambe* submetida a 40°C, a qual reduziu ligeiramente. De forma geral, esse aumento foi directamente proporcional ao aumento da concentração e da temperatura.

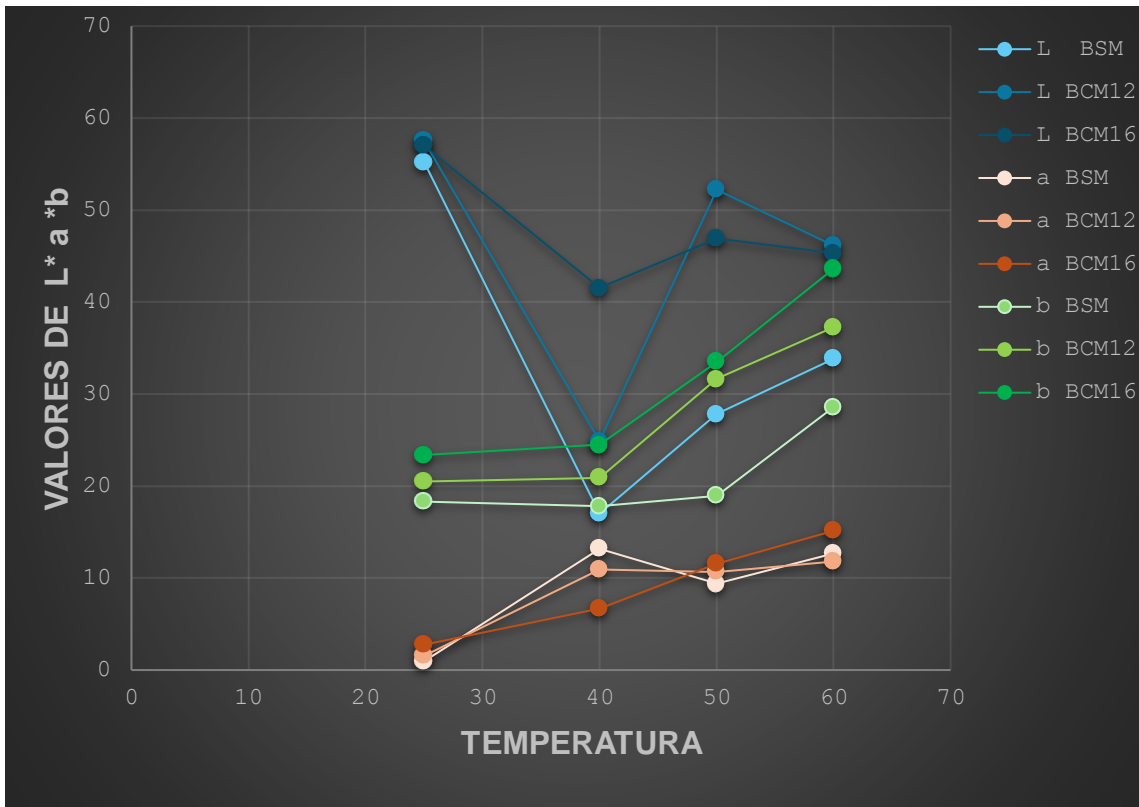
A literatura aponta que b^* pode tanto aumentar como reduzir em função da temperatura: em condições mais amenas, a concentração de pigmentos pode elevar os valores de b^* , enquanto em condições mais severas, a degradação de carotenoides tende a reduzi-los (Rafiq *et al.*, 2019). Para além da degradação dos carotenoides, com o avanço do escurecimento e subida drástica dos valores de a^* , a intensidade do amarelo pode reduzir, provocando queda dos valores de b^* (Amer *et al.*, 2023). Esse facto pode justificar os valores de b^* terem reduzido mesmo que a uma temperatura baixa (40°C).

Embora 60 °C seja maior que 50 °C, ambas temperaturas podem ser consideradas amenas, de modo que a temperatura mais elevada tenha apenas propiciado maior concentração de pigmentos antes que ocorresse uma degradação significativa dos mesmos. Estudos como de Moreno *et al.* (2017), El Gamal *et al.* (2020), Hoang *et al.* (2021) ao realizarem a secagem em diferentes temperaturas e produtos agrícolas apontaram a faixa de 50 a 60 °C como um ponto de equilíbrio, por um lado por gerar menores alterações nas características organolépticas e preservar compostos biotácticos do produto, por outro pela vantagem tecnológica de boa eficiência energética.

Em síntese, o equilíbrio entre a redução da actividade da PPO, o pouco desenvolvimento da reacção de Maillard, o carácter ácido e o alto poder antioxidante do *malambe* podem explicar a maior luminosidade nas amostras tratadas, sobretudo a 50 °C. Indo assim de encontro às expectativas e suportando as hipóteses pré-estabelecidas.

A figura V constitui um resumo, mostrando graficamente o comportamento das coordenadas L, *a e *b das amostras em função da temperatura de processamento, partindo de 25°C (antes da secagem). Para facilitar a interpretação dos resultados, utilizou-se a mesma família cromática para cada coordenada de cor e, as amostras com maior concentração do agente foram representadas por linhas de cores mais intensas.

Figura V: Gráfico de comportamento das coordenadas L, *a e *b das amostras BSM, BCM12 e BCM16 antes e após secagem.



5.3. Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial estão apresentados na tabela III. Pontuações mais altas foram achadas na formulação com *malambe* (BCM12), especialmente no atributo cor, sendo este o único que mostrou diferença estatisticamente significativa.

Tabela III: Resultados do teste de aceitação

Atributo	BSM	BCM12
Cor	4.86 ^A (1.50)	7.16 ^D (1.11)
Aroma	6.16 ^A (1.32)	6.07 ^A (1.43)
Textura	5.40 ^A (1.85)	5.91 ^A (1.82)
Sabor	6.19 ^A (1.93)	6.40 ^A (1.82)
Av. Global	6.42 ^A (1.42)	6.98 ^A (1.28)

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre as amostras ($p < 0.05$)

No que se refere a cor, a análise sensorial corroborou os resultados obtidos na análise instrumental, evidenciando que a adição da polpa de *malambe* na banana contribuiu significativamente para a melhoria deste atributo e, conseqüentemente, para a avaliação global do produto. As maiores pontuações atribuídas a este atributo estão associadas a cor mais clara observada nas amostras BCM12, em contraste com as amostras BSM, que apresentavam cor mais escura. Tal percepção foi relatada por alguns provadores, que destacaram:

- “A amostra BSM seria melhor se tivesse uma cor mais clara como a BCM12”
- “A amostra BSM tem uma cor que deixa pouco a desejar, talvez se melhorar nesse ponto. BCM12 tem uma aparência boa...”

Tendo a razão de tais diferenças na cor já sido argumentadas na secção 5.2.

Quanto ao aroma não houve diferença significativa entre as amostras. O *malambe* praticamente não influenciou no aroma uma vez que foram atribuídas pontuações muito próximas para este atributo. Observou-se uma pontuação discretamente inferior na BCM12, que suspeita-se que seja devido ao aroma ácido do *malambe*. Este possui um aroma mais penetrante e marcante mesmo que em pequenas quantidades (Chadare *et al.*, 2009). Para além deste reduzir ou mascarar o aroma da banana.

No que concerne a textura, também não houve diferenças significativas, tendo a formulação BCM12 apresentando uma pontuação um pouco mais elevada. A BCM12 apresentou textura mais firme, diferente da BSM que apresentou uma textura com aparência enrugada. Essa melhoria pode estar associada ao facto da polpa do *malambe* ser rica em fibras como a pectina que para além de

contribuírem para a retenção de humidade também auxiliam na manutenção da integridade estrutural durante o processo de secagem (Barbosa *et al.*, 2022). Evitando o endurecimento excessivo e a contração drástica da matriz da fruta.

O atributo sabor também não apresentou uma diferença significativa. Observou-se, entretanto, que a adição de *malambe* resultou em um aumento discreto na pontuação deste atributo. Com base na revisão da literatura, observa-se que frequentemente a adição de *malambe* em formulações alimentícias aumenta a aceitação do produto não só em relação ao sabor, mas também outros atributos sensoriais. Estudos como de Acham *et al.*, (2019) e Mounjouenpou *et al.* (2018) demonstram que a incorporação de *malambe* pode ser benéfica não só no que concerne ao atributo sabor, mas a todo o corpo sensorial, desde que adicionado em concentrações adequadas. Em geral adições de 10 a 20% são bem recebidas pelos consumidores, enquanto, concentrações mais altas podem afectar negativamente as características sensoriais devido ao sabor ácido e adstringente do *malambe* (Acham *et al.*, 2019). Essa percepção foi igualmente reportada por alguns provadores nos comentários:

- “A amostra BSM tem um sabor suave, a amostra BCM12 tem um sabor mais azedo”
- “A amostra BSM...o sabor não fugiu muito da essência da banana, a amostra BCM12...o sabor é um pouco forte ou ácido e faz com que a banana perca a sua essência”
- “..., a BCM12 tem sabor de *malambe* mas não é azedo”.

6. CONCLUSÃO

- A aplicação da polpa de *malambe* como tratamento prévio a secagem mostrou-se eficaz na redução do escurecimento da banana durante o processamento, evidenciado pela menor perda de luminosidade (variando de 9-56% contra 39-69% no controlo) e menor perda de tonalidade amarela. Comprovando o potencial antioxidante do *malambe*.
- A sua aplicação contribuiu para uma redução de até 12% do pH, favorecendo a estabilidade da cor; e promoveu maior retenção de humidade, gerando apenas aumentos marginais na actividade de água do produto.
- A partir da análise sensorial constatou-se que a sua aplicação culminou numa maior apreciação da cor (incremento de 47,3%) e boa aceitação geral, sem comprometer o sabor, aroma e textura.

7. RECOMENDAÇÕES

- Realização de estudos com diferentes tempos de secagem, a fim de auferir o tempo que promove a melhor preservação das características cromáticas (valores de L^* , a^* e b^*) e, simultaneamente garante níveis de humidade final recomendados pela literatura para a banana desidratada (25-33.3%);
- Realização de estudos com um maior intervalo de temperaturas, a fim de avaliar o efeito do pré-tratamento na actividade de água e confirmar a influência da temperatura nos resultados obtidos;
- Realização de estudos aplicando concentrações mais baixas de *malambe*, a fim de reduzir a interferência do mesmo no sabor, mas, simultaneamente garantindo uma coloração final agradável;
- Investigação da estabilidade da cor das bananas secas tratadas com *malambe* durante o armazenamento, a fim de verificar a eficácia do pré-tratamento ao longo do tempo;
- Realização de estudos comparativos com outros agentes antioxidantes naturais, como ácido ascórbico, extratos de frutas ricas em compostos fenólicos, etc., a fim de comparar o seu potencial em relação aos outros na minimização do escurecimento da banana durante a secagem.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acham, I. O., Eke, M. O., & Edah, J. (2019). Physicochemical, microbiological and sensory quality of juice mix produced from watermelon fruit pulp and baobab fruit pulp powder. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 20(1), 48–55.
2. Barbosa, H. T. G., Soares, A. G., Ferreira, J. C. S., & Silva, O. F. (2022). Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. *Research, Society and Development*, 11(9), 4–7.
3. Borges, A. L., & Sousa, L. S. (2004). O cultivo da bananeira (1ª ed.). Embrapa Mandioca e Fruticultura.
4. Camargos, J. A. A., & Gonzales, J. C. (2001). A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. *Brasil Florestal*, 30–41.
5. Celestino, S. M. C. (2010). Princípios de secagem de alimentos. Embrapa Cerrados. Pp.24-37
6. Chadare, F. J., Linnemann, A. R., Hounhouigan, J. D., Nout, M. J. R., & Boekel, M. A. J. S. (2009). Baobab food products: A review on their composition and nutritional value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49, 254–274.
7. Chauca, M. N. C. (2000). *Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação da banana (Musa spp. Nanina (AAA))*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa]. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/1d09098c-3701-4631-95cc-6a27681a478d>, Acesso: 28 de Agosto de 2025
8. Chen, Y., Lv, Z., Liu, Z., & Li, X. (2020). Effect of different drying temperatures on the rehydration of the fruiting bodies of Yu Muer (*Auricularia cornea*) and screening of browning inhibitors. *Food Science and Nutrition*, 8–9.
9. Cruz, C. A. (2013). *Estudo da secagem da maçã: Desenvolvimento de novos produtos*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro). Universidade de Aveiro. Disponível em: https://media.proquest.com/media/hms/PRVW/1/9ni5W?_s=SVMtinxGLQL3zWw3ShP7KMdl770%3D#view=FitV, Acesso: 14 de Março de 2025
10. Da Silva, D. G. (2017). *Secagem de alimentos: Uma abordagem teórica* [Trabalho de Licenciatura, Universidade Estadual da Paraíba]. Biblioteca Digital da UEPB. Disponível em: <https://share.google/gLb7M4ZsRMstp9lnB>, Acesso: 28 de Agosto de 2025
11. Da Silva, E. (1981). *Estudo da atividade enzimática da polifenol oxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças "in natura" e processadas*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-20220207-180447/en.php> Acesso: 14 de Maio de 2025
12. Da Silva, M. V., Rosa, C. I. L. F., & Boas, E. V. B. V. (2009). Conceitos e métodos de controle do escurecimento enzimático no processamento mínimo de frutas e hortaliças. *Boletim do CEPPEA*, 27(1), 83–94.

13. De Castro, D. S., De Oliveira, T. K. B., Lemos, D. M., Rocha, A. P. T., & Almeida, R. D. (2017). Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leite de jorro. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20, 2–4.
14. De Castro, F. D. R. (2013). *Desenvolvimento de uma metodologia para a segurança alimentar e preservação das propriedades funcionais na desidratação da maçã Golden Delicious*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho]. Biblioteca Digital da UMinho. Disponível em: <https://repositorium.uminho.pt/entities/publication/6d03ea49-57e2-49d0-a696-71a33d155a5d>, Acesso: 24 de Abril de 2025
15. De Moraes, A. S. C. (2017). *Influência de embalagem plástica, sílica gel e permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana “Prata”*. [Trabalho de Licenciatura, Universidade de Brasília]. Biblioteca Digital da Produção Intelectual Discente. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/20324>, Acesso: 21 de Agosto de 2025
16. Do Nascimento, B. B., Ozorio, L. P., Rezende, C. M., Soares, A. G., & Fonseca, M. J. O. (2008). Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicao ao longo do amadurecimento: Características físico-químicas e compostos voláteis. *Food Science and Technology*, 28(3), 649–658.
17. De Souza, A. F., & Leão, M. F. (2012). Análises dos métodos mais eficientes na inibição do escurecimento enzimático em frutas e hortaliças. *Enciclopédia Biosfera*, 8(15), 117–125.
18. Duarte, G. G. (2012). *Parametrização do processo de secagem de frutas: Pera e maçã*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro]. Universidade de Aveiro. Disponível em: https://www.academia.edu/99864534/Parametriza%C3%A7%C3%A3o_do_processo_de_secagem_de_fruta_pera_e_ma%C3%A7%C3%A3, Acesso: 04 de Julho de 2025
19. Elias, T. A. (2016). *Efeito da adição de ácido gálico sobre a reação de Maillard em sistemas-modelo*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://share.google/wOh5KBqr8utYN0NSO>, Acesso: 17 de Maio de 2025
20. Fellows, P. J. (2006). *Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática* (2ª ed.). Artmed.
21. Ferreira, M. D., & Spricigo, P. C. (2017). Colorimetria – princípios e aplicações na agricultura. In *Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças*. Embrapa Instrumentação. 209-220
22. Ferrari, T. (2014). *Banana minimamente processada: Inibição do escurecimento enzimático por agentes químicos e análise sensorial*. [Trabalho de Licenciatura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. Repositório Institucional da UFPB. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24330/1/ASL27062022.pdf>, Acesso: 25 de Março de 2025
23. Figueiredo, E. L. (2021). *Uso de aminoácidos como agentes limitantes da reação de Maillard no processo de parboilização de arroz e seus efeitos sobre a qualidade de três genótipos*.

- [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas]. Repositório da UFPEL. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/prefix/8048>, Acesso: 05 de Julho de 2025
24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). Banana market review 2023. FAO. pp. 5-9
 25. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). Bananas market and trade. Disponível em: <https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/bananas/en>, Acesso: 28 de julho de 2025
 26. Francisquini, J. A., Martins, E., Silva, P. H. F., Schuck, P., Perrone, I. T., & Carvalho, A. F. (2017). Reação de Maillard: Uma revisão. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 72(1), 48–57.
 27. Guerra, I. C. S. (2010). *Caracterização parcial de enzimas oxidativas e quantificação de compostos fenólicos em frutos de três genótipos de cajazeira (Spondias mombin L.) nos estágios de maturação verde e maduro*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFRPE. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/6349/2/Isabel%20Cristina%20Solano%20Guerra.pdf>, Acesso: 10 de Abril de 2025
 28. Guiné, R. P. F. (2018). The drying of foods and its effect on the physical-chemical, sensorial and nutritional properties. *International Journal of Food Engineering*, 4(2), 93–99.
 29. Instituto Adolfo Lutz. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos (4ª ed.). Instituto Adolfo Lutz, 1000 p.
 30. Konica Minolta. (2007). Precise colour communication. Konica Minolta Sensing, 62 p
 31. Lamien-Meda, A, Lamien, C. E., Compaoré, M. M. Y., Meda, R. N. T., Kiendrebeogo, M., Zeba, B., Millogo, J. F., & Nacoulma, O. G. (2008). Polyphenol content and antioxidant activity of fourteen wild edible fruits from Burkina Faso. *Molecules*, 13 (3), 581-594
 32. Lira, A. S. (2022). *Métodos de inibição do escurecimento enzimático na produção de banana passa: Análise de viabilidade econômica*. [Trabalho de Licenciatura, Universidade Federal da Paraíba]. Repositório Institucional da UFPB. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/24330>, Acesso: 05 de Julho de 2025
 33. Luccas, V. (1996). *Obtenção de fatias de banana crocantes através da pré-secagem a altas temperaturas e curto tempo em leite fluidizado*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas]. Repositório da UNICAMP. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=476577>, Acesso: 28 de Outubro de 2024
 34. Magaia, T. L., Uamusse, A., Skog, K., & Sjöholm, I. (2015). Valor nutricional de frutas nativas de Moçambique. Universidade Eduardo Mondam, 19 p Disponível em: [WordPress.com https://wnfruteirasnativas2015.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/uamussepdf.pdf](https://wnfruteirasnativas2015.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/uamussepdf.pdf), Acesso: 04 de Fevereiro de 2025

35. Marcolino, E. P. J. (2021). *Valorização da semente de baobá na produção de uma bebida* (Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Beja). Repositório do IPBeja Disponível em: <https://repositorio.ipbeja.pt/entities/publication/42c3cd37-970f-4efa-af00-d7b99de9c458>, Acesso: 24 de Abril de 2025
36. Medina, M. D. E., & Ruales, J. (2024). Post-harvest alternatives in banana cultivation. *Agronomy Journals*, 14(9), 1–13.
37. Ministério da Agricultura, Ambiente e Pescas. (2021). Banana ocupa lugar de destaque na exportação de fruta na Província de Maputo. MAAP. Disponível em: <https://www.agricultura.gov.mz/banana-ocupa-lugar-de-destaque-na-exportacao-de-fruta-na-provincia-de-maputo/>, Acesso: 04 de Fevereiro de 2025
38. Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. (2023). Inquérito agrário integrado 2023. MADER. pp. 80-81
39. Mounjouenpou, P., Eyenga, S. N. N. N., Kamsu, E. J., Kari, P. B., Ehabe, E. E., & Ndjouenkeu, R. (2018). Effect of fortification with baobab (*Adansonia digitata* L.) pulp flour on sensorial acceptability and nutrient composition of rice cookies. *Scientific African*, 1, 1–9.
40. Mussungu, S. A. E. M. (2022). *Valorização da cultura *Adansonia digitata* L.: Desenvolvimento de novos produtos alimentares à base do fruto do baobá*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. Repositório da UNL. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/154954>, Acesso: 24 de Abril de 2025
41. Nanjundappa, N., Umadevi, B., Jayasimba, R., & Thennarasu, K. (2023). The influence of colour on taste perception. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, 13(9), 1945–1951.
42. Oliveira, C. T. A. (2018). *Métodos tradicionais e emergentes para evitar o escurecimento enzimático de vegetais*. [Trabalho de Licenciatura, Universidade Federal de Uberlândia]. Repositório Institucional da UFU. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26738>, Acesso: 04 de Fevereiro de 2025
43. Oliveira, D. S., Aquino, P. P., Ribeiro, S. M. R., Proença, R. P. C., & Pinheiro- Santana, H. M. (2011). Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado e Minas Gerais. *Health Sciences*, 33 (1), 89-98
44. Passos, F. D. M. (2016). *Valorização de frutos de *Adansonia digitata* L.: Polpa e sementes*. [Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto]. Repositório aberto da UP. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/87692/2/162683.pdf>, Acesso: 25 de Março de 2025
45. Patel, K. N., Modi, R. B., Patel, H. G., & Aparnathi, K. D. (2013). Browning, its chemistry and implications in dairy products: A review. *Indo-American Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 1(1), 1–12.
46. Pereira, G. P. (2012). *Compostos bioativos e atividade antioxidante em bananas (*Musa sp.*)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho]. Repositório

- da UNESP. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/f9d83fb0-47b5-4aa4-a943-90b0a9568399>, Acesso: 02 de Agosto de 2025
47. Pontes, S. F. O. (2009). *Processamento e qualidade de banana da terra (Musa sapientum) desidratada*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia]. Repositório Institucional da UFPB. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/24550/1/ESTUDO%20DA%20SECAGEM%20DA%20BANANA%20DA%20TERRA%20PREVIAMENTE%20DESIDRATADA%20OSMOTICAMENTE.pdf>, Acesso: 22 de Fevereiro de 2025
48. Prestes, A. A. (2019). *Avaliação do escurecimento enzimático em maçãs hídricas: Potencial tecnológico e atividade antioxidante*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa]. Repositórios Latino Americanos. Disponível em: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8567676>, Acesso: 05 de Julho de 2025
49. Rafiq, S., Singh, B., & Gat, Y. (2019). Effect of different drying techniques on chemical composition, color and antioxidant properties of kinnow (*Citrus reticulata*) peel. *Journal of Food Science and Technology*, 56(5), 2458–2466
50. Rahman, M. S. (2007). *Handbook of food preservation* (2ª ed.). Taylor & Francis Group, pp. 447 – 475
51. Rannou, C., Laroque, D., Renault, E., Prost, C., & Serot, T. (2016). Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods. *Food Research International*, 90, 154–176.
52. Regmi, P., Bagale, P., Pokhrel, S., & Subedi, D. (2024). Review on Techniques to maintain quality and post-harvest shelf life of banana fruits. *Tropical Agrobiodiversity*, 5(1), 26–29.
53. Ribeiro, V. L. M. C. (2012). *Estudo de compostos bioativos presentes em Adansonia digitata e o seu potencial fitoquímico na indústria farmacêutica*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Fernando Pessoa]. Biblioteca Digital da UFPB. Disponível em: <https://share.google/IG1wC4iILcJLb3Lgg>, Acesso: 07 de Maio de 2025
54. Santos, E. S. (2001). *Caracterização bioquímica da peroxidase e da polifenoloxidase de açaí (Euterpe oleracea)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP30_367b67555044cdc7117776ba78805d4a, Acesso: 12 de Novembro de 2024
55. Shibao, J., & Bastos, D. H. M. (2011). Produtos da reação de Maillard em alimentos: Implicações. *Revista de Nutrição*, 24 (6), 895–904
56. Silva, E., & Nogueira, J. N. (1983). Efeito do calor na atividade da polifenol oxidase e peroxidase em algumas frutas e hortaliças. *Anais da Escola Superior Agrícola Luiz de Queiroz*, 40(1), 137–161.

57. Silva, S. F., Dionísio, A. P., & Walder, J. M. M. (2007). Efeitos da radiação gama em banana “Nanica” (Musa sp., Grupo AAA) irradiada na fase pré-climatérica. *Revista Alimentos e Nutrição*, 18(3), 331–337.
58. Silva, T. M. G. (2015). *Avaliação dos efeitos da actividade enzimática e das condições ambientais no escurecimento em preparados de morango e estratégias para a sua minimização*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. Repositório da UNL. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/15584>, Acesso: 28 de Agosto de 2025
59. Toivonen, P. M. A., & Brummell, D. A. (2008). Review: Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1–14.
60. Travaglini, D. A., Neto, M. P., Bleinroth, E. W., & Leitão, M. F. F. (1993). Banana-passa: Princípios de secagem, conservação e produção industrial. *Rede de Núcleos de Informação Tecnológica*, (12), 51-62.
61. Trevisan, A. J. B. (2015). Formação de produtos da reação de Maillard em carne bovina (Semimembranosus) submetida a diferentes técnicas de cocção. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital da USP. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/89/89131/tde-26022016-101559/pt-br.php>, Acesso: 01 de Julho de 2025
62. UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas). (2011). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (4ª ed.). Universidade Estadual de Campinas.
63. Velasco, C., Escobar, F. B., Spence, C., & Olier, J. S. (2023). The taste of colours. *Food Quality and Preference*, pp.102,
64. Vertuani, S., Braccioli, E., Buzzoni, V., & Manfredini, S. (2002). Antioxidant capacity of *Adansonia digitata* fruit pulp and leaves. *Acta Phytotherapeutica*, 5(2), 1–6

ANEXOS

I. Painel de análise sensorial e *malambe* em pó



Figura VI: Painel de análise sensorial



Figura VII: *Malambe* em pó

II. Termo de Consentimento Informado

Projeto de Pesquisa: Aplicação da polpa de *malambe* (*Adansonia digitata L.*) na redução do escurecimento da banana durante a secagem em estufa

Autor: José Buzula Jr.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o potencial do *malambe* de minimizar o escurecimento da banana durante a secagem em estufa.

Como provador deverá analisar as amostras fornecidas quanto aos atributos mencionados na análise das características sensoriais e manifestar o seu parecer. Cada sessão levará cerca de 10 minutos no máximo.

As amostras fornecidas não oferecem nenhum risco previsível a integridade física, fisiológica ou mental dos sujeitos envolvidos na pesquisa, pois, todos produtos envolvidos no teste foram manipulados e produzidos seguindo as Boas Práticas de Fabricação (BPF).

O pesquisador garante esclarecer quaisquer dúvidas ou inquietações que julgue necessário a respeito dos procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados a pesquisa. Está consciente também que a participação do sujeito na pesquisa é voluntária, podendo recusar a participar ou retirar-se a qualquer momento da análise sem quaisquer consequências para o mesmo.

Não haverá nenhuma recompensa financeira ou ajuda de custos para os provadores pela participação na pesquisa. Haverá apenas gratificações verbais pela sua contribuição na pesquisa.

Os resultados obtidos nesta introspeção serão tornados públicos no dia da apresentação e defesa oral do trabalho de culminação de estudos, na Faculdade de Veterinária-UEM, sejam eles favoráveis ou não, porém, sem a identificação dos participantes.

Estamos gratos pela sua colaboração!

Caso concorde com as cláusulas acima apresentadas e pretenda voluntariamente participar, por favor assine e devolva-o ao remetente.

De acordo com as condições estabelecidas, eu

declaro participar da pesquisa.

Data: ____ / ____ / _____

III. Ficha de análise sensorial

Data: ____ / ____ / _____

Sexo: M () ; F () Idade: ____ Estudante () ; CTA ()

Teste de aceitação

1. Análise das características sensoriais

Você está recebendo duas amostras de banana desidratada. Avalie as amostras seguindo a sequência dos atributos apresentados abaixo utilizando os números que representam o quanto você gostou ou desgostou da amostra. E por fim dê o seu parecer global (Av. Global) usando os mesmos números.

<u>Amostra</u> – Atributos:	<u>Cor</u>	<u>Aroma</u>	<u>Textura</u>	<u>Sabor</u>	<u>Av. Global</u>
(____)	_____	_____	_____	_____	_____
(____)	_____	_____	_____	_____	_____

- (1) Desgostei extremamente
- (2) Desgostei muito
- (3) Desgostei moderadamente
- (4) Desgostei ligeiramente
- (5) Nem desgostei, nem gostei
- (6) Gostei ligeiramente
- (7) Gostei moderadamente
- (8) Gostei muito
- (9) Gostei extremamente