

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Lucas Olavo Rodrigues Eufrásio

Secagem convectiva de polpa de jambo rosa (*Syzygium samarangense*): avaliação do efeito da espessura de camada sobre a taxa de secagem e as propriedades tecnológicas das polpas desidratadas.

Florianópolis

2024

Lucas Olavo Rodrigues Eufrásio

Secagem convectiva de polpa de jambo rosa (*Syzygium samarangense*): avaliação do efeito da espessura de camada sobre a taxa de secagem e as propriedades tecnológicas das polpas desidratadas.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Carmen Maria Olivera Müller

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor

Maiores informações em:

<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Lucas Olavo Rodrigues Eufrásio

Secagem convectiva de polpa de jambo rosa (*Syzygium samarangense*): avaliação do efeito da espessura de camada sobre a taxa de secagem e as propriedades tecnológicas das polpas desidratadas.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 25 de novembro de 2024.

Prof. Vívian Maria Burin, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Carmen Maria Olivera Müller, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Maristela Martins Pereira, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Maria Manuela Camino Feltes, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a Deus, pois todas as coisas foram feitas por Ele, e sem Ele nada do que foi feito se fez. E a minha família que sempre me apoiou incondicionalmente.

AGRADECIMENTOS

A carta de Paulo aos Coríntios traz uma reflexão sobre o amor, em que ele afirma: “... se não tiver amor, eu não serei nada.” É com essa mensagem que inicio meus agradecimentos às pessoas que amei ao longo desta jornada e que amo por cada detalhe que me cativou.

Primeiramente, agradeço a Deus, pois sem Ele nada seria, e só com Ele a vida ganha sentido.

Agradeço à minha família, especialmente à minha mãe, Clarice Santos Rodrigues, e ao meu pai, Marco Aurélio Santos Eufrásio, que me apoiaram emocionalmente e financeiramente durante esses anos.

Aos meus irmãos, Marco Aurélio Santos Eufrásio Júnior, Jéssica Maira Eufrásio de Oliveira e Maurício Marcos Rodrigues Eufrásio, pelo suporte e conselhos que me fortaleceram ao longo dessa caminhada.

Aos colegas de curso, Matheus Fermino e Miguel Schopf, que trouxeram leveza ao curso e me proporcionaram momentos inesquecíveis.

À minha professora, Carmen Müller, que, com sua paixão pelo que ensina, foi o motivo pelo qual escolhi permanecer no curso.

E, finalmente, à Julia Custódio Dias, o amor da minha vida, minha companheira. Ela foi a minha grande motivação e apoio, especialmente no final, quando o caminho pareceu mais denso e pesado, sua presença trouxe leveza aos meus dias e alegria aos momentos de caos.

RESUMO

O Brasil, com sua vasta extensão territorial e condições climáticas privilegiadas, é um dos maiores produtores de frutas do mundo, destacando-se pela diversidade de espécies, incluindo as frutas exóticas. Essas podem ser classificadas como nativas, adaptadas ao ambiente local ou exóticas propriamente ditas. Apesar do menor volume de comercialização, o interesse por essas frutas tem crescido significativamente, como no caso do jambo-rosa (*Syzygium samarangense*), originário do Sudeste Asiático. Consumido *in natura* ou processado, o jambo-rosa é pouco explorado no Brasil, mas apresenta propriedades nutricionais e funcionais promissoras, como atividades antioxidantes e antimicrobianas. Contudo, desafios relacionados ao cultivo, comercialização e armazenamento limitam sua valorização. Assim a secagem convectiva surge como uma alternativa eficaz para reduzir perdas pós-colheita, aumentando a vida útil e produzindo materiais desidratados que podem ser utilizados como ingredientes. Os parâmetros do processo de secagem como temperatura, velocidade do ar, área de secagem, além das características intrínsecas do material afetam significativamente as características do produto. Nesse contexto, este estudo avaliou o impacto da espessura do leito de secagem (0,4 e 0,7 cm) sobre as curvas cinéticas e propriedades tecnológicas da polpa de jambo-rosa desidratada. A espessura de 0,4 cm apresentou maior taxa de secagem (0,042 g de água/g de SS) e umidade crítica de 0,654 g de água/g de SS, enquanto a espessura de 0,7 cm resultou em menor taxa de secagem (0,026 g de água/g de SS) e umidade crítica de 0,416 g de água/g de SS. A capacidade de retenção de água (CRA) foi maior para 0,7 cm ($16,44 \pm 0,34$ g de água/g de SS), associada à formação de estruturas mais porosas, enquanto a capacidade de retenção de óleo (CRO) foi ligeiramente superior para 0,4 cm ($14,30 \pm 0,089$ g de óleo/g de SS). Essas diferenças são atribuídas às condições de secagem e às diferentes estruturas formadas em função da espessura do leito de secagem. Assim, os resultados indicam que a espessura da camada afeta significativamente as propriedades tecnológicas dos pós, com materiais mais espessos favorecendo a retenção de água e materiais mais finos apresentando maior solubilidade e retenção de óleo. Essas propriedades são valiosas para aplicações industriais, dependendo das exigências do produto final.

Palavras-chave: Espessura. Curva cinética. Secagem.

ABSTRACT

Brazil, with its vast territorial extension and privileged climatic conditions, is one of the world's largest fruit producers, standing out for its diversity of species, including exotic fruits. These can be classified as native, adapted to the local environment or exotic. Despite the smaller volume of sales, interest in these fruits has grown significantly, as in the case of the pink jamboree (*Syzygium samarangense*), originally from Southeast Asia. Consumed fresh or processed, jambo-rosa is little explored in Brazil, but has promising nutritional and functional properties, such as antioxidant and antimicrobial activities. However, challenges related to cultivation, marketing and storage limit its value. Convective drying has therefore emerged as an effective alternative for reducing post-harvest losses, increasing shelf life and producing dehydrated materials that can be used as ingredients. The parameters of the drying process such as temperature, air velocity, drying area and the intrinsic characteristics of the material significantly affect the characteristics of the product. In this context, this study evaluated the impact of drying bed thickness (0.4 and 0.7 cm) on the kinetic curves and technological properties of dehydrated jambo-rosa pulp. The thickness of 0.4 cm showed the highest drying rate (0.042 g water/g SS) and critical humidity of 0.654 g water/g SS, while the thickness of 0.7 cm resulted in the lowest drying rate (0.026 g water/g SS) and critical humidity of 0.416 g water/g SS. The water retention capacity (WRC) was higher for 0.7 cm (16.44 ± 0.34 g water/g SS), associated with the formation of more porous structures, while the oil retention capacity (ORC) was slightly higher for 0.4 cm (14.30 ± 0.089 g oil/g SS). These differences are attributed to the drying conditions and the different structures formed depending on the thickness of the drying bed. Thus, the results indicate that the thickness of the layer significantly affects the technological properties of the powders, with thicker materials favoring water retention and thinner materials showing greater solubility and oil retention. These properties are valuable for industrial applications, depending on the requirements of the end product.

Keywords: Thickness. Kinetic curve. Drying.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Jambo- rosa (<i>Syzygium samarangense</i> (Blume) Merr & Perry).....	31
Figura 2: Curva cinética de secagem.....	34
Figura 3: Jambo-rosa (<i>Syzygium samarangense</i>).....	40
Figura 4: Resultados análise colorimétrica em termos de L^* , a^* e b^* para fatias de jambo-rosa <i>in natura</i> no tempo 0 (controle) e após 10 e 20 minutos de exposição ao ar em temperatura ambiente.....	47
Figura 5: Resultados análise colorimétrica em termos L^* , a^* e b^* para fatias de jambo-rosa <i>in natura</i> no tempo 10 min no Ácido Cítrico e após 10 e 20 minutos de exposição ao ar em temperatura ambiente.....	48
Figura 6: Resultados análise colorimétrica em termos L^* , a^* e b^* para fatias de jambo-rosa <i>in natura</i> no tempo 20 min no Ácido Cítrico e após 10 e 20 minutos de exposição ao ar em temperatura ambiente.....	48
Figura 7: Corte de Jambo na vertical.....	50
Figura 8: Curva cinética de secagem da polpa de jambo-rosa com espalhamento de 0,4 cm de espessura.....	51
Figura 9: Curva cinética de secagem da polpa de jambo-rosa com espalhamento de 0,7 cm de espessura.....	52
Figura 10: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,4 cm (1ª triplicata).....	55
Figura 11: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,4 cm (2ª triplicata).....	56
Figura 12: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,4 cm (3ª triplicata).....	56
Figura 13: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,7 cm (1ª triplicata)	
Figura 14: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,7 cm (2ª triplicata).....	57
Figura 15: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,7 cm (3ª triplicata).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização físico-química da polpa *in natura* de jambo-rosa.....50

Tabela 2: Valores de umidade crítica, taxa de secagem e porcentagem de umidade final.
.....59

Tabela 3: Resultados de CRA, CRO e ISA.....61

Sumário

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	27
1.1	OBJETIVOS	28
1.1.1	Objetivo geral	28
1.1.2	Objetivos específicos.....	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1	Panorama da Fruticultura no Brasil	28
2.2	Jambo-Rosa (<i>Syzygium samarangense</i>)	31
2.3	Secagem convectiva	34
2.4	Secagem de Frutas	36
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
3.1	Material	38
3.1.1	Caracterização físico-química da fruta <i>in natura</i>	39
3.1.2	Inativação enzimática	40
3.1.3	Preparo da polpa de jambo-rosa	40
3.1.4	Determinação das curvas cinéticas de Secagem.....	41
3.1.5	Determinação da taxa de secagem no período de taxa constante.....	41
3.1.6	Determinação da capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO) e índice de solubilidade em água (ISA) dos pós.....	41
4	Resultados e discussão	42
4.1	Análise de CIELAB	42
4.2	Caracterização da polpa de jambo-rosa <i>in natura</i>	47
4.3	Processo de secagem: cinéticas de secagem	48
4.4	Taxa de secagem	54
4.5	Caraterização dos P04 e P07	59
4.6	Capacidade de retenção em água, capacidade de retenção em óleo e índice de solubilidade em água com a polpa desidratada.	60
5	CONCLUSÃO.....	63
	REFERÊNCIAS.....	64

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, ficando atrás da China e da Índia (SANTOS, 2021). Apesar de ser um grande produtor de frutas, o mercado brasileiro enfrenta dificuldades em atender os padrões de qualidade exigidos no mercado internacional, custos elevados de produção, falta de infraestrutura pós-colheita e canais de comercialização inadequados (BRASIL, 2014; SANTOS, 2021). Esta realidade das cadeias agroprodutivas e as características de perecibilidade de algumas frutas promovem um elevado índice de perdas pós-colheita e de geração de resíduo (DO NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015).

Uma alternativa para reduzir estas perdas consiste no processamento das frutas utilizando processos de secagem. Esta tecnologia remove a água livre reduzindo a atividade de água, com consequente aumento de vida útil e agregação de valor (BARBOSA-CÁNOVAS; VEGAMERCADO, 1996; BANADKA et al., 2022). Outro aspecto importante da utilização da secagem em frutas refere-se ao fato de que este processo permite sua aplicação em diferentes escalas de produção, podendo ser utilizado em pequenas agroindústrias, além de possibilitar a utilização de frutas fora do padrão comercial (tamanho, forma, etc.) (FREITAS et al., 2022).

Os processos empregados na secagem de frutas variam em função das características intrínsecas da matéria-prima e da forma de utilização do produto, podendo ser utilizadas frutas inteiras ou fracionadas ou mesmo na forma de polpas (LIMA et al., 2017). No caso de polpas, uma tecnologia empregada é a secagem convectiva, que consiste no espalhamento sobre um suporte e posterior exposição ao ar quente para que ocorra a secagem. Este processo é influenciado pelas características intrínsecas da polpa, como teor de umidade, composição, viscosidade, entre outros, e pelas condições do ar de secagem, como temperatura, umidade relativa do ar e velocidade (SANTOS et al., 2019).

Na secagem de polpas, além dos fatores acima citados, a espessura da camada é um fator relevante que afeta significativamente a taxa de secagem e a qualidade dos pós obtidos (CASTRO et al., 2016; RIGUETO, 2020). Neste contexto, este trabalho de conclusão de curso tem como finalidade avaliar o efeito da espessura de camada na secagem convectiva de polpa de jambo-rosa (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr & Perry) e avaliar as propriedades tecnológicas dos pós obtidos, estimulando a aplicação desta tecnologia, agregando valor a essa matéria-prima, fortalecendo as cadeias agroprodutivas e contribuindo para a redução das perdas pós-colheita (ARAÚJO et al., 2021; TARIGAN et al., 2022).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da espessura do leito de secagem sobre os parâmetros de secagem da polpa de jambo-rosa (*Syzygium samarangense*) e as propriedades tecnológicas dos pós produzidos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar os parâmetros físico-químicos da polpa, como umidade, pH, sólidos solúveis, acidez titulável.
- Avaliar o efeito do tratamento com ácido cítrico sobre o escurecimento enzimático através de medidas de instrumental.
- Conduzir o processo de secagem da polpa de jambo-rosa em duas espessuras distintas, 0,4 cm e 0,7 cm.
- Verificar como a variação na espessura influencia as curvas de secagem, avaliando os valores de taxas de secagem, tempo de secagem e umidade crítica
- Avaliar a capacidade de retenção de água e óleo, assim como o índice de solubilidade em água dos pós produzidos.

2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama da Fruticultura no Brasil

Como um dos maiores países em termos de extensão territorial, o Brasil se destaca como um grande produtor de uma ampla variedade de frutas. As condições climáticas favoráveis, juntamente com a disponibilidade de solo e área, fazem do Brasil um dos principais produtores mundiais de frutas frescas. Sustentada por investimentos públicos e privados em infraestrutura, capacitação, logística e inovação, a fruticultura possui grande capacidade de geração de renda e desempenha um papel social significativo. Dessa forma, o potencial do Brasil para produzir frutas de qualidade, atendendo aos requisitos mais exigentes dos mercados externos, deve continuar crescendo, já que os mercados nacional e internacional ainda não estão plenamente atendidos (BUAINAIN, Antônio Márcio et al. (Ed.). Cadeia produtiva de frutas. Bib. Orton IICA/CATIE, 2007).

Assim, o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas, com mais de 43 milhões de toneladas produzidas no ano de 2023 (4,6% da produção mundial), ficando atrás apenas da China e da

Índia. Estima-se que, no Brasil, este setor foi responsável, em 2023, pela geração de 15 bilhões de dólares.

Os principais estados produtores são São Paulo, Bahia, Pará, Minas Gerais e Rio Grande do Sul que são responsáveis por mais de 68% de toda fruta produzida no Brasil com destaque para a produção de laranja, banana, coco-da-baía, melancia, manga e uva.

Embora o Brasil seja um grande produtor e exportador de frutas, várias frutas nativas não tem uma cadeia de comercialização e processamento estabelecida (KÖHLER; CORRÊA; BRACK, 2013). Segundo Negri et al (2016) o Brasil é rico em diversidade frutas as quais tem potencial para aumentar sua escala de cultivo de forma a ampliar sua comercialização e promover seu consumo. Estas frutas se caracterizam por uma composição nutricional complexa, sabores peculiares e elevados teores de fibras, minerais, água e compostos antioxidantes. Mesmo com atributos nutricionais e sensoriais, são comercializadas em menor volume, representando apenas, 0,65% do volume total de frutas comercializadas no Brasil. Dentre este grupo se encontram frutas como: Pitanga (*Eugenia uniflora*), Seriguela (*Spondias purpurea*), Pitangatuba (*Eugenia selloi*), Capeba (*Odontocarya acuparata*), Cambuití-cipó (*Sageretia elegans*), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Jaracatiá (*Jacaratia spinosa*), Araçá-boi (*Eugenia stiptata*), grumixama (*Eugenia brasiliensis*), jambo (*Syzygium jambos*), entre outras

Por outro lado, as exportações de fruticultura em 2023 foram de US\$ 1,35 bilhão, o maior da série histórica. Desde 2019 as vendas externas brasileiras de frutas suplantam a cifra de US\$ 1 bilhão, com um aumento de 24,5% no ano passado. O principal destino da fruticultura brasileira é a União Europeia e as principais frutas exportadas foram mangas, melões, uvas, limões e limas com um aumento comercialização de 52,7%, 20,9%, 62,2% e 13,7%, respectivamente.

No contexto de exportações, os mercados internacionais exigem parâmetros estritos para a comercialização de frutas, visando proteger os mercados nacionais contra possíveis pragas e doenças de forma que implementem medidas fitossanitárias para controlar a entrada de produtos vegetais e plantas. Outro desafio enfrentado pelas exportações de frutas é a necessidade de uma infraestrutura logística uma vez que a maioria dos países importadores, está localizada a grandes distâncias, o que impacta os custos e a qualidade final das frutas, resultando em alguns casos em perdas devido a irregularidades nos produtos (SANTOS, Rayssa Alves. Análise do cenário internacional da fruticultura e dos desafios encontrados para exportação de frutas brasileiras - 2021). Esse panorama descrito por Santos et al em 2021, vem sendo modificado segundo a Associação Brasileira dos Produtores e exportadores de frutas e derivados (ABRAFRUTA), no ano de 2023 observou-se aumento de preço médio das frutas (em dólar) em comparação com o

ano passado associado a três fatores principais: clima mais favorável, melhores condições logísticas e, principalmente, menor concorrência externa. Além disso destaca-se que a importância da fruticultura não está somente associada à produção, mas a seu papel na geração direta de postos de trabalho, onde o setor é responsável pela geração de 5 milhões de empregos.

Além de sua importância econômica, as frutas são fundamentais para a saúde, fornecendo nutrientes essenciais ao bom funcionamento do organismo. Ricas em vitaminas, sais minerais, fibras e água, as frutas ajudam a tratar e prevenir diversas doenças, sendo alimentos de alta densidade nutricional com poucas calorias (KADER; PERKINS-VEAZIE; LESTER, 2004). Apesar de sua relevância, apenas um em cada quatro brasileiros consome a quantidade ideal recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), de pelo menos 400 gramas diários de frutas e hortaliças, o equivalente a cinco porções diárias (BRASIL, 2014b).

Por outro lado, a agroindústria do setor de frutas gera milhões de toneladas de resíduos todos os anos, com a tendência de aumentar devido ao crescimento na capacidade produtiva. Embora muitos desses resíduos possam ser convertidos em subprodutos valiosos, como ingredientes para alimentos e cosméticos, a maioria ainda é descartada, o que acarreta custos adicionais e agrava problemas ambientais. A produção de sucos e polpas congeladas, por exemplo, gera grandes volumes de resíduos, como cascas e sementes, que podem representar até 40% dos resíduos agroindustriais (NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015). Na América Latina, estima-se que 40% da produção de frutas é perdida ao longo da cadeia produtiva, incluindo o processamento industrial (FAO, 2011). Essas perdas estão frequentemente associadas à alta perecibilidade das frutas, à falta de infraestrutura pós-colheita e aos rigorosos padrões de comercialização (KOBÇITZ, 2010).

Esse cenário afeta tanto as frutas exóticas quanto as nativas, sendo estas últimas adaptadas aos ecossistemas locais, como a pitanga, o butiá, a grumixama, a feijoa, o cambucá e o araçá (KÖHLER, Matias; CORRÊA, Claudine de Abreu; BRACK, Paulo, 2013). Já as frutas exóticas, apesar de seu potencial, ainda representam uma pequena parte do mercado, correspondendo a apenas 0,65% da comercialização total. Contudo, nos últimos anos, houve um aumento na venda de frutas exóticas como pitaya, romã, lichia e mangostão (WATANABE, Hélio Satoshi; OLIVEIRA, Sabrina Leite de, 2014).

Nesse contexto, tecnologias como a secagem podem ser alternativas promissoras para reduzir o desperdício, agregando valor e permitindo o desenvolvimento de novos produtos e ingredientes, valorizando tanto as frutas nativas quanto as exóticas.

2.2 Jambo-Rosa (*Syzygium samarangense*)

O jambeiro-rosa é uma fruta exótica originária do Arquipélago Malaio, no Sudeste Asiático, que é pouco cultivada no Brasil. O *Syzygium samarangense* (Blume) Merr & Perry, também é conhecido por jambo, maçã de cera, maçã de Java e sino é consumido principalmente *in natura*, embora também seja utilizado na fabricação de produtos como geleias, sucos e saladas.

Desenvolve-se em diversos tipos de solo, incluindo arenosos e argilosos, com uma temperatura ideal de adaptação entre 23 e 28°C, podendo suportar variações de 16 a 33°C. Com grande produção na Indonésia e em Taiwan, o jambo-rosa pode ser propagado por sementeira, enxerto ou por via aérea. As árvores são plantadas com uma distância de 7 a 8 metros entre linhas adjacentes e 5,5 metros entre cada planta, resultando em uma densidade de 250 a 350 árvores por hectare. Com frutificação tardia, que começa entre 5 a 6 anos após o plantio, a poda deve ser feita regularmente para manter a qualidade do jambo-rosa. A melhor qualidade dos frutos está localizada na parte inferior da árvore, que deve ser podada até uma altura de 4 a 5 metros. A colheita é feita após as frutas atingirem a maturidade em tamanho pleno, que ocorre em janeiro e fevereiro (BANADKA et al., 2022).

O jambeiro-rosa pode atingir entre 12 e 15 metros de altura, com ramos espalhados que possuem folhas elípticas-oblongas de aparência verde escura e brilhante (BANADKA et al., 2022). As folhas medem entre 6 e 30 cm de comprimento e 4 a 15 cm de largura. Geralmente, elas apresentam de 3 a 15 flores ou mais, e o caule é estimado em 3 a 5 mm de comprimento e 8 a 10 mm de largura. A corola é branca, de forma redonda, com comprimento estimado entre 8 e 12 mm. Cada flor possui de 200 a 500 estames, que medem aproximadamente 3 a 4 cm de comprimento. Durante a estação seca, floresce uma flor branca ou branco-amarelada, com diâmetro de 2,5 cm.

O fruto é uma baga que varia na cor da casca, apresentando tonalidades que vão do branco ao verde-claro e do rosa ao vermelho-rosado. Tem formato de pêra ou sino, oval-obovado, medindo entre 3,5 e 5,5 cm de comprimento e 4,5 a 5,5 cm de largura, e é coroado pelos lóbulos curvos do cálice carnudo (Figura 1).

Figura 1: Jambo- rosa (*Syzygium samarangense* (Blume) Merr & Perry)



Fonte: <https://www.sementeorganica.com/>

Segundo Taringan et al (2022) diferentes populações utilizam raízes e folhas com fins terapêuticos para o tratamento de resfriados, como analgésico e tratamento de edema, entre outros. Além desses usos à polpa de jambo-rosa tem sido atribuída propriedades antioxidantes, antimicrobianas, analgésicas e anti-inflamatórias, entre outras. Embora ainda pouco explorado na indústria farmacêutica, o Jambo apresenta potencial de utilização o que pode promover o desenvolvimento de essa cadeia agroprodutiva e agregação de valor à fruta. (TARIGAN et al., 2022).

Os compostos fenólicos presentes no jambo-rosa (*Syzygium samarangense*) destacam-se por sua ampla variedade de benefícios à saúde e aplicações industriais. Esses compostos, que incluem flavonoides, taninos e ácidos fenólicos, são conhecidos por suas propriedades antioxidantes, protegendo as células contra os danos causados pelo estresse oxidativo. O jambo-rosa possui um perfil fitoquímico diverso que varia de acordo com fatores como estágio de maturação, condições ambientais e métodos de processamento (ARAÚJO et al., 2021; BANADKA et al., 2022). Estudos mostram que a presença desses fenólicos está diretamente associada à capacidade de combater radicais livres, reduzir inflamações e melhorar a saúde cardiovascular (TARIGAN et al., 2022).

A importância dos compostos fenólicos vai além de seus benefícios à saúde. Eles possuem aplicações práticas em alimentos funcionais, nutracêuticos e cosméticos devido às suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas. Além disso, o uso desses compostos em produtos processados pode atuar como conservantes naturais, prolongando a vida útil e garantindo maior

segurança alimentar (BANADKA et al., 2022). No contexto do uso sustentável, o aproveitamento de frutas como o jambo-rosa, especialmente aquelas fora dos padrões comerciais, fortalece as cadeias produtivas e reduz o desperdício, agregando valor econômico e social a uma fruta nativa que combina alto potencial nutricional e farmacológico (ARAÚJO et al., 2021).

Durante a época de frutificação, são produzidos excedentes de frutos, mas a maioria deles se deteriora e se perde devido a práticas inadequadas de armazenamento e manuseio. São necessários métodos para a preservação que possam agregar valor.

Por se tratarem de frutas pouco comercializadas, ainda é necessário desenvolver e padronizar protocolos para o cultivo adequado, o que poderia acarretar um impacto positivo na produção e na qualidade dos frutos. Do ponto de vista de processamento, o jambo-rosa é principalmente utilizado na fabricação de compotas, extração de polpa, suco, geleias e doces. Entretanto, mesmo processado o jambo é pouco comercializado e é necessário popularizar seu consumo in natura e os benefícios do seu processamento como forma de reduzir perdas pós-colheita e a possibilidade de utilização de excedentes na elaboração de produtos inovadores. É essencial buscar alternativas para a conservação do fruto, com foco no desenvolvimento de novos produtos que agreguem valor e atendam às necessidades da indústria e do consumidor. Neste contexto, devido ao baixo custo e facilidade de aplicação, a secagem pode ser uma alternativa eficaz para prolongar a vida útil dos alimentos, principalmente frutas, conforme apontam vários autores (BANADKA et al., 2022).

Estudos realizados por Batista et al. (2016) e Nunes et al. (2016) avaliaram a composição bioativa de jambo rosa e reportaram, em 100 g de polpa, teores de antocianinas entre 12,90 e 1045 mg cianidina-3-glicosídeo, compostos fenólicos totais entre 14,81 e 1293 mg EAG 100g⁻¹, e atividade antioxidante entre 674,75 e 25,92 $\mu\text{mol TEg}^{-1}$, respectivamente. Araujo et al (2021) realizaram um estudo em que avaliaram o efeito do solvente empregado na extração de compostos bioativos com atividade antioxidante de polpa de jambo congelada e liofilizada. Os autores reportam que o metanol acidificado (85:15 v/v) foi solvente que promoveu a maior extração de compostos fenólicos e de antocianinas monoméricas totais da polpa de jambo, enquanto a água pura destacou-se na extração de flavonoides amarelos. (ARAÚJO et al., 2021)

As polpas liofilizada e congelada obtidas sem aditivos sintéticos apresentaram características tecnológicas adequadas para industrialização e destacaram-se especialmente como fonte de compostos bioativos. Todavia, a liofilização preservou melhor a estabilidade dos compostos bioativos estudados, sugerindo-se esse método como o mais apropriado para

obtenção da polpa de jambo, a fim de preservar melhor o potencial funcional deste fruto.

2.3 Secagem convectiva

A secagem é uma operação unitária largamente empregada para a conservação de alimentos. Os produtos desidratados são amplamente utilizados pela praticidade devido à redução de massa e tamanho, aumento da vida de prateleira e ampliação de usos quando comparados com alimentos in natura. Além disso, a indústria de alimentos está em constante progresso em avaliar os métodos de secagem a fim de reduzir perdas nutricionais e características sensoriais que estimulem o consumo desses produtos (FELLOWS, 2017; IBARZ; BARBOSA-CÁNOVAS, 2002).

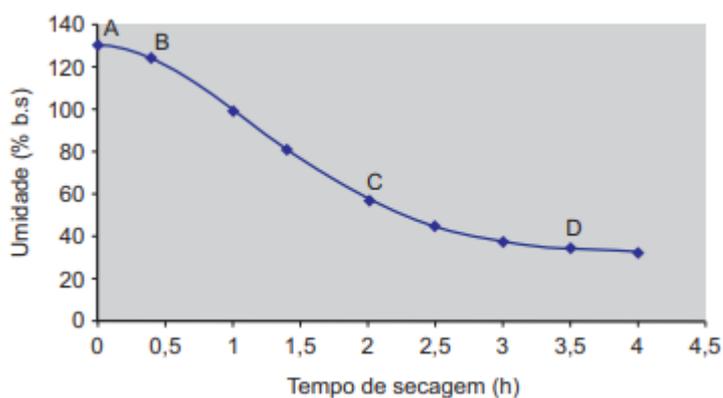
O processo de secagem consiste na remoção da água presente no alimento com intuito de reduzir a atividade de água (a_w), que resulta na extensão da vida útil do produto em relação ao material fresco. A redução da atividade de água é capaz de inibir ou restringir o crescimento microbiano (patogênicos e deteriorantes), como também as taxas de reações químicas e enzimáticas. Outras alterações são comuns no alimento tais como: na textura, cor, sabor e no valor nutricional que ocorrem por influência na redução da umidade e na mudança na mobilidade da água no produto seco (FELLOWS, 2017).

O mecanismo de ação da secagem acontece por meio do fornecimento de calor, seja ar quente ou vapor, e é controlado pela taxa de secagem dos alimentos – quantidade de água retirada do alimento por um período de tempo estimado, dependente das características intrínsecas do alimento e das condições do ar de secagem (FELLOWS, 2017 CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. Secagem como método de conservação de frutas. 2003). Uma maneira de avaliar esses processos é através das curvas cinéticas de secagem, que expressam a perda de umidade do produto em função do tempo. Na figura 2 é apresentada uma curva cinética de secagem expressa em umidade em base úmida (%) em função do tempo em horas. No início da secagem, a água se move do interior do alimento à mesma taxa que evapora da superfície, mantendo a superfície úmida. Esse estágio é denominado período de taxa constante e continua até que o sistema atinja a umidade crítica. Quando o teor da umidade do alimento cai abaixo do teor de umidade crítica, a taxa de secagem cai lentamente até atingir a umidade de equilíbrio, onde ocorre o equilíbrio com o ar de secagem, esse evento é conhecido como período de taxa decrescente (P.J.FELLOWS, 2018).

A Figura 2 ilustra as etapas do processo de secagem de um alimento, destacando os períodos de ajuste térmico (segmento AB), taxa constante (segmento BC), e taxa decrescente

(segmentos CD e além). Cada etapa reflete mudanças na dinâmica de evaporação da água, influenciadas pela estrutura e umidade do material.

Figura 2: Curva cinética de secagem



Fonte: Celestino, 2020

Na Figura 2 o segmento AB representa o período em que o alimento se ajusta às condições de secagem até atingir a temperatura equivalente à temperatura de bulbo úmido do ar (ponto B). No período BC, a superfície exposta do alimento está saturada, formando um filme contínuo de água sobre o sólido. Isso faz com que o sólido não interfira no processo, ou seja, a água do alimento não encontra resistência para evaporar. Durante esse período, a água removida é principalmente a água superficial, especialmente se o sólido for não poroso, como cereais e vegetais. Esse intervalo tende a ser breve. Se o sólido for poroso, o período BC será mais prolongado. Isso ocorre porque a água superficial é gradualmente substituída pela água do interior do sólido, que flui com mais facilidade devido aos poros presentes no alimento. Portanto, o período de taxa constante é mais prolongado em materiais com alta umidade. O ponto C marca o término do período de taxa constante, e a umidade nesse ponto é denominada de umidade crítica. A partir desse ponto, a resistência interna à evaporação da água aumenta, e o fluxo da água líquida do interior para a superfície do sólido não é suficiente para compensar a quantidade de água evaporada. Assim, é estabelecido período de taxa decrescente. No segmento CD, a quantidade de líquido disponível na superfície do sólido para evaporar diminui progressivamente, fazendo com que a superfície se torne cada vez mais seca. Isso pode resultar no surgimento de rachaduras na superfície do alimento. A partir do ponto D, inicia-se o segundo período de taxa decrescente, durante o qual a umidade do alimento continua a diminuir até atingir a umidade de equilíbrio com as condições de temperatura e umidade relativa do ar. Quando a umidade de equilíbrio é alcançada, o processo de secagem é interrompido

(CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. Secagem como método de conservação de frutas. 2003).

O controle da temperatura durante a secagem é relativamente simples e tem importância na qualidade final do produto, uma vez que interfere diretamente na composição final do alimento, modificando significativamente o valor nutricional e a qualidade sensorial do mesmo. A ampliação de escala exige a coleta de dados experimentais das curvas de secagem que permitam o cálculo da taxa de secagem determinados por meio de parâmetros que possibilitam o projeto de secadores (FELLOWS, 2017; KARAM et al., 2016; VACCAREZZA; LOMBARD; CHIRIFE, 1974).

O controle do processo permitirá minimizar a perda de compostos termossensíveis como vitaminas, compostos fenólicos e pigmentos presentes na fruta. Portanto a secagem pode ser uma tecnologia interessante de ser aplicada em diferentes matrizes alimentares desde que se determinem os parâmetros associados a cada etapa do processo.

2.4 Secagem de Frutas

Os produtos de origem vegetal podem ser preservados por meio de algum tipo de processamento, o que é de interesse da indústria para garantir a disponibilidade de matéria-prima, padronização dos produtos e infraestrutura de escoamento, já que as perdas pós-colheita chegam a aproximadamente 30% a 40% da produção de frutas e hortaliças. Dentro deste contexto de perdas pós-colheita, as frutas frescas têm fatores limitantes para sua comercialização que envolvem sua alta perecibilidade e padrões exigentes de forma, tamanho, cor e ponto de maturação. Além disso a cadeia agroprodutiva de frutas exige infraestrutura de escoamento também é um fator limitante, pois as produções estão situadas em áreas de difícil acesso, tornando o escoamento para os centros de consumo inviável, especialmente para pequenas produções. Neste contexto a secagem pode ser uma alternativa para promover a redução de perdas pós-colheita de frutas e agregação de valor. Alguns produtos, ao serem submetidos à secagem, mantêm suas características físicas ou nutritivas e, quando reconstituídos em água, retornam ao seu aspecto natural ou sofrem poucas alterações, propriedades estas que podem ser interessantes para determinadas aplicações como é o caso de leite em pó ou café instantâneo (CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. Secagem como método de conservação de frutas. 2003). Entretanto, na secagem de frutas é fundamental, dada sua natureza diversa em termos de umidade e estruturas, a determinação dos parâmetros do processo que permitam o controle do mesmo para garantir produtos de qualidade.

Assim estudos realizando secagem de frutas, já seja em fatias, inteiras ou como polpas apontam diversas condições e avaliam, principalmente as cinéticas de secagem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Material

Os frutos do Jambo-rosa (*Syzygium samarangense*) foram colhidos manualmente na Fazenda Experimental da Ressacada (FER/CCA/UFSC), onde são realizadas ações de pesquisas e extensão do Centro de Ciências Agrária, no período de fevereiro de 2024. Na colheita foi realizada a seleção considerando dos frutos considerando: fruto totalmente desenvolvido, sem injúrias e com a casca na cor rosa característica (Figura 3). Após colhidos, os frutos foram acondicionados em embalagens plásticas e transportados até o Laboratório de Tecnologia no Departamento de Ciência e Tecnologia e Alimentos no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. No laboratório, os frutos foram higienizados com água potável, sanitizados através da imersão por 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio 200 ppm e posteriormente foi realizado o enxágue com água potável. Uma fração dos frutos foi separada para realização dos ensaios de caracterização físico-química e os ensaios de inativação enzimática. O restante dos frutos foi acondicionado em embalagens de PEAD e congelados em freezer doméstico a -20°C.

Figura 3: Jambo-rosa (*Syzygium samarangense*)



Fonte: Laproveg, 2024

3.1.1 Caracterização físico-química da fruta *in natura*

A caracterização dos frutos de jambo-rosa foi realizada através da determinação de umidade, pH, acidez total titulável e teor de sólidos solúveis (oBrix).

3.1.1.1 Umidade

As cápsulas foram previamente higienizadas e secas em estufa (Modelo TE 394/2, Tecnal, Brasil) a 60 °C por 12h. Após a secagem foram acondicionadas no dessecador até atingirem temperatura ambiente. Os frutos foram cortados no sentido longitudinal, retiradas as sementes e o caule do fruto. Utilizando uma balança semi-analítica (Bel engineering, modelo S2202), foram pesadas as cápsulas onde foram introduzidos $5\pm 0,5$ g da fruta. A seguir as cápsulas contendo a massa de fruta foram novamente colocadas na estufa à 60°C até atingirem massa constante. A partir dos valores de massa inicial e final (após secagem) de fruta foi calculado o valor de umidade. Os ensaios foram realizados em triplicata.

3.1.1.2 Potencial hidrogeniônico

Os frutos foram cortados no sentido longitudinal, retiradas as sementes e o caule do fruto e triturados no processador por 2 minutos. Três alíquotas de $5\pm 0,5$ g da fruta triturada foram transferidas para béqueres de 250mL, foi adicionado 50mL de água deionizada, o sistema foi agitado com bastão de vidro e o pH foi determinado utilizando pHmetro Sensoglass, Modelo SP1800.

3.1.1.3 Acidez total titulável

Após a leitura do pH do fruto, utilizou-se a mesma suspensão para determinação da acidez titulável. Assim a suspensão de fruta e água deionizada foi agitada utilizando uma barra magnética e foi realizada a titulação com solução de (NaOH 0,1 Molar com o fator de 0,9630 até a neutralização da solução que foi acompanhada através do pHmetro Sensoglass, Modelo SP1800. Para cálculo estequiométrico da acidez titulável foi utilizado o ácido cítrico por ser o ácido orgânico alifático majoritário no fruto. As determinações foram realizadas em triplicata.

3.1.1.4 Sólidos solúveis (o Brix)

Após os frutos serem cortados, as sementes e o caule foram removidos e os frutos foram triturados no moedor de café elétrico (PMC01I INOX Philco) por 5 minutos. Com o auxílio de uma espátula, a parte líquida da polpa foi colocada no medidor de refratômetro HI96801 Refractometer.

3.1.2 Inativação enzimática

O jambo foi cortado em fatias de 1cm de espessura no sentido longitudinal do fruto e foram imersas em uma solução 1% de ácido cítrico por diferentes tempos: Controle (sem imersão), 10 minutos e 20 minutos. Passado o tempo de imersão, as rodela foram retiradas, o excesso de solução foi cuidadosamente retirado com papel toalha, foram dispostas em um recipiente e foram mantidas a temperatura ambiente e ar circundante.

O escurecimento enzimático foi acompanhado através de medidas instrumentais de cor logo após o corte que foram consideradas o controle e mais três fatias que foram submetidas a cada tratamento ácido (10 e 20 minutos de imersão). A cor das fatias controle e das fatias tratadas foram determinadas no tempo 0 e após 10 e 20 minutos utilizando um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-400, Japão) em cada fatia. As leituras realizadas obtiveram os parâmetros L^* , a^* e b^* , onde L^* varia de preto (0) a branco (100) e indica luminosidade, o a^* mostra a variação do verde ($-a^*$) ao vermelho ($+a^*$) e o b^* varia entre o azul ($-b^*$) e amarelo ($+b^*$) (WANDERLEY, 2021).

Para cada amostra foi calculado a diferença total de cor após 10 e 20 minutos comparando-se com o controle (sem tratamento), conforme Minolta (2007).

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$$

Onde: ΔL^* é a diferença da luminosidade entre o controle e a amostra tratada; Δa^* representa diferença de intensidade da cor vermelha entre o controle e a amostra tratada; e Δb^* representa a diferença de intensidade da cor amarela entre o controle e a amostra tratada.

3.1.3 Preparo da polpa de jambo-rosa

Para o preparo da polpa, as amostras congeladas foram descongeladas em geladeira doméstica (em torno de 6° C) até o total descongelamento. Posteriormente os frutos foram cortados no sentido longitudinal, retiradas as sementes e o caule do fruto e triturados em um liquidificador doméstico (Arno, 550 watts) por 5 minutos.

3.1.4 Determinação das curvas cinéticas de Secagem

Para as secagens convectivas utilizou-se uma estufa de circulação e renovação do ar modelo TE-394/2 mantendo-se constante a velocidade do ar (0,6 m/s) e a temperatura (50°C). A polpa do Jambo Rosa foi espalhada em três placas de aço 20cm x 20cm com alturas de 0,4 cm e 0,7cm de altura. Entre a superfície das placas e a polpa foi utilizada uma lâmina de teflon que cobria toda a superfície da placa. A polpa foi espalhada de forma a formar um leito homogêneo em toda a placa, que foi identificada e sua massa previamente aferida (n=3).

A perda de massa das amostras ao longo da secagem foi acompanhada utilizando uma balança semi-analítica (Bel engineering, modelo S2202). Para determinar as curvas cinéticas de perda de massa das amostras, as placas com a polpa espalhada foram pesadas de 15 minutos até a massa constante que foi considerada a condição de equilíbrio com o ar de secagem. Com o objetivo de promover uma homogeneização da secagem foi realizado, durante o processo de secagem a rotação da posição das placas dentro da câmara de secagem.

A partir dos dados de decaimento da massa em função do tempo foram determinadas as curvas cinéticas de secagem que foram expressas em umidade em base seca (U_{bs}) (g de água/g de sólido seco) em função do tempo (min).

3.1.5 Determinação da taxa de secagem no período de taxa constante.

O cálculo da taxa de secagem foi realizado através do ajuste linear dos dados iniciais da curva cinética de secagem de modo a que o ajuste tivesse valores do coeficiente de determinação maiores que 0,99 ($R^2 \geq 0,99$). Os valores da taxa de secagem do período de taxa constante foram expressos como a média dos coeficientes angulares das equações ajustadas e expressos em g de água a g de sólidos secos-1.min-1.

3.1.6 Determinação da capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO) e índice de solubilidade em água (ISA) dos pós.

Após a secagem, foram obtidos dois tipos diferentes de pós em função da espessura da camada de secagem: P04 (camada de 0,4cm) e P07 (camada de 0,7cm). Ambos os pós foram submetidos a análises de capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO) e índice de solubilidade em água (ISA).

3.1.6.1 Capacidade de retenção de água (CRA) e Capacidade de retenção de óleo (CRO)

Alíquotas de $1\pm 0,05$ g de cada amostra de pós foram transferidas para tubos falcons. A massa do tubo falcon com a sua respectiva tampa foi registada previamente e após a adição da massa de pó. Em seguida, foram adicionadas $10\pm 0,1$ g de água (CRA) ou óleo (CRO) e os tubos contendo as amostras de pós e água ou óleo, foram agitados em vortex por 1 minuto. Após este procedimento os tubos foram introduzidos na centrífuga (modelo HERMLE Z 200 A) e procedeu-se à centrifugação por 30 minutos em uma velocidade de rotação de 4000 rpm.

As amostras com água, o sobrenadante foi retirado após a centrifugação e com auxílio de um béquers foi pesado o sobrenadante e o decantado. As amostras com óleo sobrenadante foram descartadas e com auxílio de um béquer foi pesado o decantado. Para cada amostra as análises foram realizadas em triplicata. O cálculo da respectiva CRA e CRO foi realizado conforme as equações X e Y a seguir.

$$CRA \text{ ou } CRO = \frac{Md - Ma}{Ma}$$

Onde Md é a massa do decantado após a centrifugação e Ma é a massa da amostra pesada.

3.1.6.2 Índice de solubilidade em água (ISA)

Uma alíquota de $3\pm 0,05$ g do líquido sobrenadante da determinação da CRA das amostras P04 e P07 Contendo água e os sólidos solubilizados foi transferida para cápsulas previamente separadas, pesadas e identificadas. A seguir as cápsulas foram transferidas para estufa (Modelo TE 394/2, Tecnal, Brasil) e secas a 60°C por 12h. Após o processo de secagem as massas do material foram aferidas e o índice de solubilidade em água foi determinado conforme equação Z. As análises foram todas realizadas em triplicata.

$$ISA (\%) = \frac{Ms}{Ma} \times 100$$

Onde Ms é a massa após secagem e Ma é a massa inicial de sobrenadante.

4 Resultados e discussão

4.1 Análise de CIELAB

A *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE) é uma organização internacional que desenvolve padrões relacionados à luz e cor. Um de seus métodos mais amplamente utilizados

para descrever cores de forma objetiva é o modelo CIE Lab^* , que representa numericamente as cores em um espaço tridimensional formado por três eixos perpendiculares entre si. Esse sistema é composto por três parâmetros: L^* , que expressa a luminosidade, variando de 0 (preto absoluto) a 100 (branco absoluto); a^* , que define a posição no eixo vermelho-verde, onde valores positivos indicam tendência ao vermelho e valores negativos ao verde; e b^* , que define a posição no eixo amarelo-azul, onde valores positivos indicam tendência ao amarelo e valores negativos ao azul. Esse modelo é amplamente utilizado por sua precisão e padronização na análise e comparação de cores em diferentes contextos (TAKATSUI, 2011).

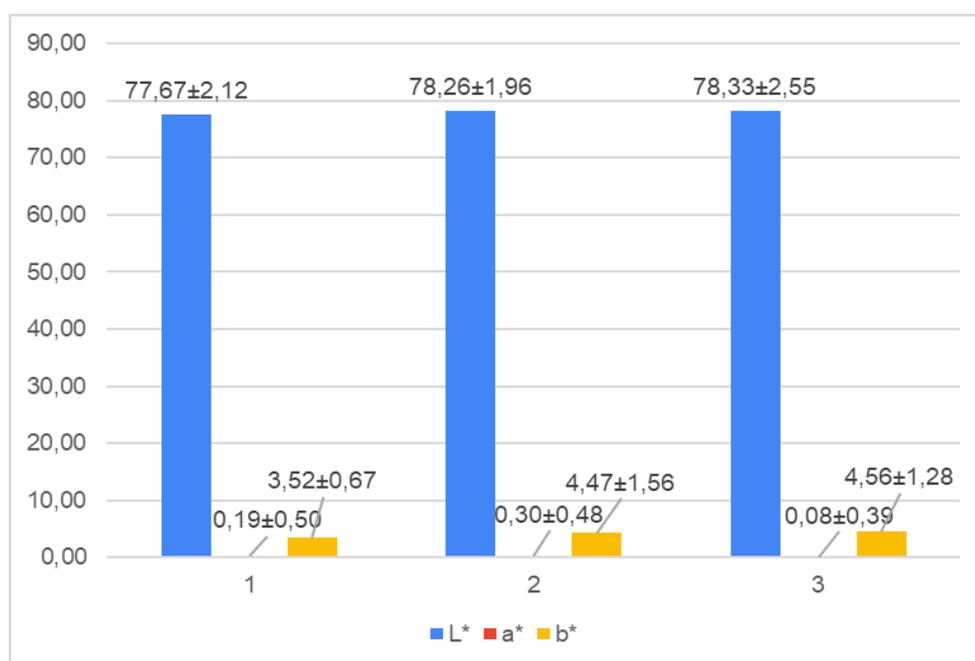
Por fatores intrínsecos às frutas, relacionados principalmente a oxidações enzimáticas e, em menor grau, a reações não enzimáticas, frutas expostas a condições anormais, como cortes na superfície ou lesões que levem a contato direto com o oxigênio atmosférico, frequentemente sofrem escurecimento. Este processo ocorre devido à oxidação de compostos fenólicos, catalisada por enzimas como polifenol oxidases (PPO) e as peroxidases (POD), que estão entre os principais agentes de escurecimento enzimático. O jambo-rosa é uma fruta de polpa esponjosa e de coloração clara que é suscetível a alterações de cor que podem comprometer sua aceitação por parte dos consumidores. No entanto, estudos que avaliem este processo são escassos. Neste contexto, foi realizado um estudo do processo de escurecimento enzimático utilizando o sistema de análise de cor CIELAB, uma metodologia amplamente utilizada para detectar e quantificar mudanças de cor em alimentos (SILVA; NOGUEIRA, 1983).

A escolha do método CIELAB, para a análise de cor, se justifica por sua capacidade de avaliar parâmetros como L (luminosidade), a (tonalidade no eixo verde-vermelho), e b (tonalidade no eixo azul-amarelo), permitindo uma análise objetiva do grau de escurecimento. Estudos semelhantes já demonstraram que tratamentos térmicos ou o uso de soluções ácidas podem inibir a atividade da PPO e POD em frutas e hortaliças. No entanto, para o jambo-rosa, a ausência de dados prévios evidencia a necessidade de pesquisas adicionais para compreender a cinética das enzimas envolvidas e as condições que potencializam ou mitigam o fenômeno (**Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 40, p. 137-161, 1983).

Na Figura 4 observa-se que, o valor de L^* (luminosidade) permanece praticamente estável ao longo do tempo, variando entre $77,67 \pm 2,12$ (tempo zero) e $78,33 \pm 2,55$ (20 minutos). Isso indica que a perda de luminosidade, característica comum do escurecimento enzimático, é mínima durante o período analisado, indicando que não há evidências de escurecimento significativo com base na redução de L^* . No que se refere ao parâmetro a^* , observa-se um aumento de $3,52 \pm 0,67$ (tempo zero) para $4,56 \pm 1,28$ (20 minutos). Embora o escurecimento enzimático, para muitos produtos, cause um aumento no valor de a^* devido à

formação de melaninas (resultantes da oxidação de compostos fenólicos), a magnitude dessa variação não é expressiva. Finalmente, observou-se que os valores de b^* são baixos e não seguem um padrão consistente ao longo do tempo: $0,19 \pm 0,50$ (tempo zero), $0,30 \pm 0,48$ (10 minutos), e $0,08 \pm 0,39$ (20 minutos). A ausência de variação no parâmetro b^* reforça que a coloração do material analisado permanece estável, sem indícios de alterações associadas ao escurecimento mesmo na fruta sem tratamento.

Figura 4: Resultados análise colorimétrica em termos de L^* , a^* e b^* para fatias de jaborosa *in natura* no tempo 0 (controle) e após 10 e 20 minutos de exposição ao ar em temperatura ambiente.

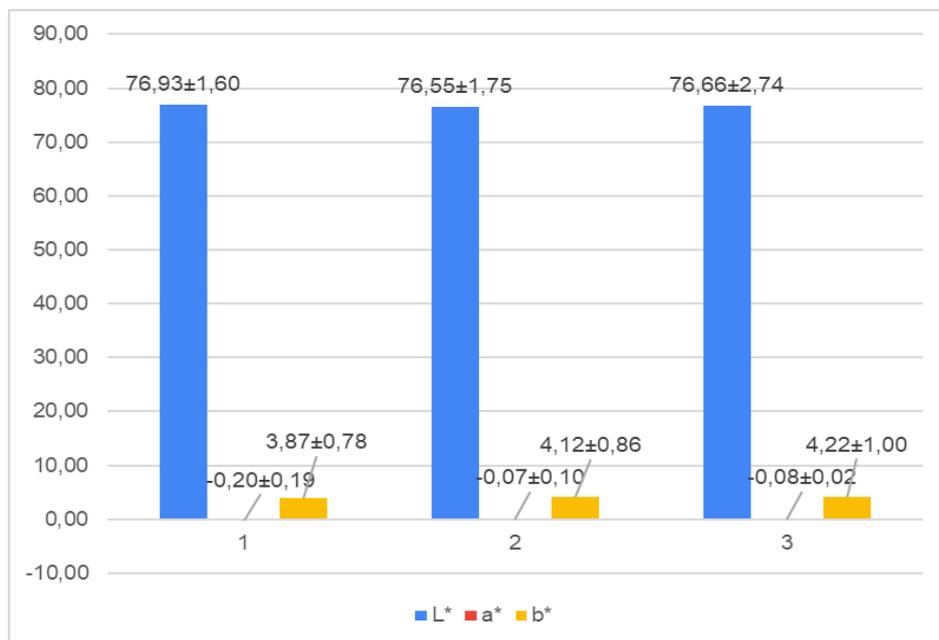


Fonte: Autor, 2024

Nas Figuras 5 e 6 (amostras tratadas com ácido cítrico) apresentaram um comportamento semelhante no que se refere às modificações da cor nas amostras. Na Figura 2, com tratamento em ácido cítrico por 10 minutos de submersão, L^* manteve-se praticamente estável, variando entre $76,93 \pm 1,60$ (tempo zero) e $76,66 \pm 2,74$ (20 minutos). No parâmetro a^* , os valores passaram de $-0,20 \pm 0,19$ (tempo zero) para $-0,08 \pm 0,02$ (20 minutos), sem indicar formação relevante de melaninas. O parâmetro b^* apresentou uma variação pequena, de $3,87 \pm 0,78$ (tempo zero) para $4,22 \pm 1,00$ (20 minutos), indicando coloração estável. A Figura 3, com 20 minutos de submersão em ácido cítrico, mostrou comportamento semelhante. O valor de L^* permaneceu praticamente constante, variando de $77,86 \pm 1,01$ (tempo zero) a $77,25 \pm 1,60$ (20

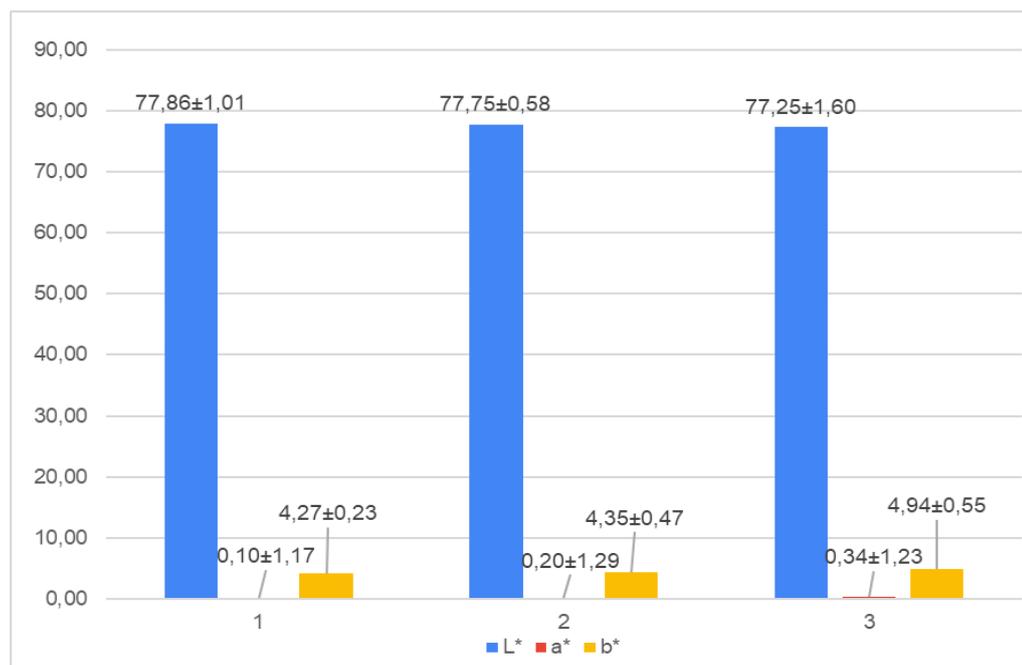
minutos). O parâmetro a^* oscilou de $0,10 \pm 1,17$ (tempo zero) para $0,34 \pm 1,23$ (20 minutos), enquanto o b^* variou de $4,27 \pm 0,23$ (tempo zero) para $4,94 \pm 0,55$ (20 minutos), ambas as variações sem impacto significativo na coloração.

Figura 5: Resultados análise colorimétrica em termos L^* , a^* e b^* para fatias de jambo-rosa *in natura* no tempo 10 min no Ácido Cítrico e após 10 e 20 minutos de exposição ao ar em temperatura ambiente.



Fonte: Autor, 2024

Figura 6: Resultados análise colorimétrica em termos L^* , a^* e b^* para fatias de jambo-rosa *in natura* no tempo 20 min no Ácido Cítrico e após 10 e 20 minutos de exposição ao ar em temperatura ambiente.



Fonte: Autor, 2024

Os resultados das análises realizadas nos tempos de 10 e 20 minutos das amostras tratadas com ácido cítrico revelaram valores de cor semelhantes aos obtidos para o controle branco (amostras sem tratamento). Esses resultados indicam que o fruto do jambo-rosa não apresentou mudanças de cor significativas durante o período avaliado, sugerindo que o escurecimento enzimático foi discreto ou praticamente inexistente. A estabilidade observada pode estar relacionada à baixa atividade de enzimas oxidativas, como a polifenol oxidase (PPO) e a peroxidase (POD), ou à presença limitada de compostos fenólicos disponíveis para oxidação. A ausência de diferenças significativas entre as amostras controle e as tratadas com ácido cítrico demonstra que o tratamento ácido não impactou de forma relevante a preservação da coloração do jambo-rosa. Diante disso, concluiu-se que a etapa de imersão em ácido cítrico antes da secagem é desnecessária para este fruto, visto que a cor foi mantida mesmo sem o uso de agentes antioxidantes. A decisão de eliminar essa etapa pode ser vantajosa no processamento, reduzindo custos, simplificando o fluxo de trabalho e minimizando a adição de componentes químicos, mantendo assim a integridade natural do fruto.

Figura 7: Corte de Jambo na vertical

Fonte: Autor, 2024

4.2 Caracterização da polpa de jambo-rosa *in natura*

Na tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização físico-química da polpa *in natura* de jambo-rosa em termos de pH, acidez total titulável, sólidos solúveis (°Brix) e umidade em base úmida.

A polpa *in natura* do jambo-rosa apresenta alta umidade (91,8%), teor de sólidos solúveis moderados (7,3 °Brix) e acidez moderada (0,307 g/100 g) indicando que a fruta é altamente perecível e um equilíbrio entre doçura e acidez, favorável ao desenvolvimento de produtos alimentícios.

Tabela 1: Caracterização físico-química da polpa *in natura* de jambo-rosa .

Sólidos solúveis (°Brix)	Umidade (%)	Acidez total titulável (g de Ácido Cítrico/100g)	pH
7,3 ± 0,027	91,8 ± 0,13	0,307 ± 0,0057	3,876 ± 0,0048

Fonte: Autor, 2024

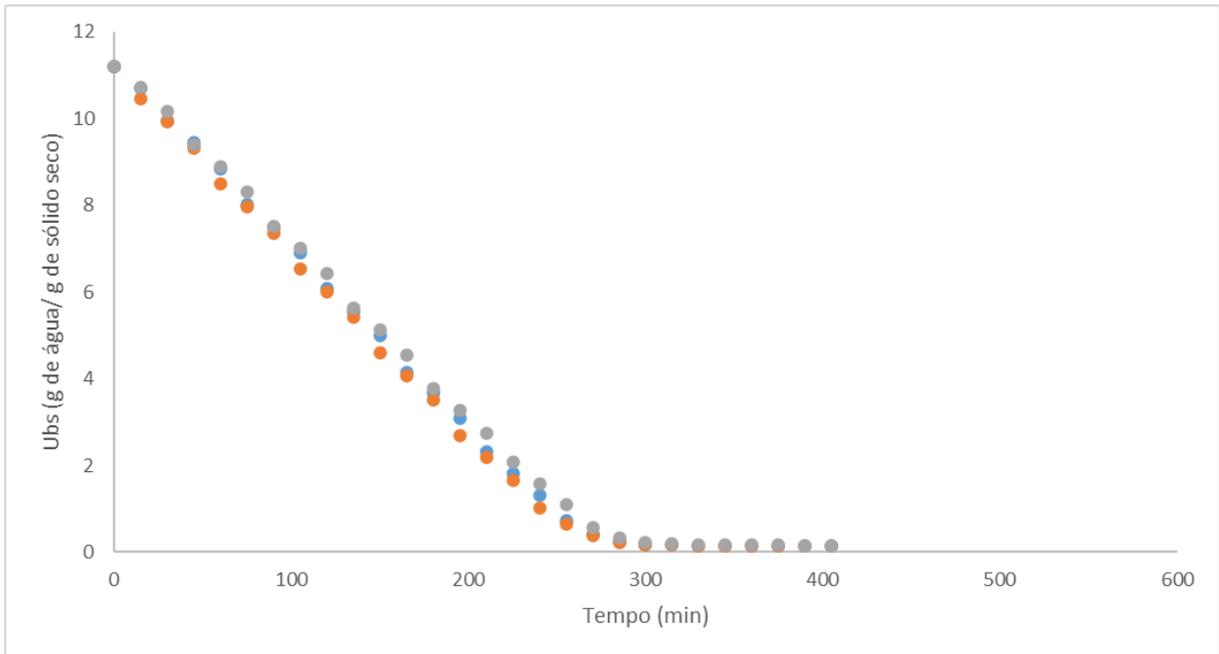
O jambo-rosa apresentou características similares às relatadas na literatura para outros frutos da mesma família. Araújo (2021) analisou o jambo-vermelho e reporta valores de 7,70 para sólidos solúveis, 91,09% para umidade e um pH de 3,36, resultados semelhantes aos obtidos para o jambo-rosa neste estudo. Riguetto (2020), também caracterizou jambo-vermelho, reportando umidade de 88,9%, pH de 3,52 e acidez de 6,2%. As análises físico-químicas da polpa de jambo-vermelho realizadas por Netor et al. (2024) mostram valores de acidez semelhantes, com média de 7,54% na primeira coleta e 5,66% na segunda coleta. Pinheiro et al. (2006), em sua avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais, analisaram a acidez de cinco marcas diferentes e constataram que os valores encontrados para cada fruta se aproximam dos resultados finais do produto. As variações de acidez observadas foram de 0,68 a 0,98% no suco de abacaxi, 0,45 a 1,26% no suco de caju e de 2,96 a 4,02% no suco de maracujá. Em pesquisas sobre o jambo-rosa, não foram encontrados dados relacionados à acidez do fruto. Entretanto, ao comparar com a acidez do jambo-vermelho, observou-se uma diferença significativa, embora os valores estejam dentro do esperado para frutas. Considerando que são frutos da mesma família, a variação nos resultados pode ser atribuída às características das frutas, ao estágio de maturidade do fruto ou ao local de cultivo, fatores que podem influenciar os dados de sua caracterização. No estudo de Munhoz (2018) sobre o jambo-vermelho, foram observados valores de pH de 3,35 e 7,33 para sólidos solúveis. Todos os estudos com frutos da mesma família apresentaram valores em conformidade com a literatura, exceto a acidez, que demonstrou uma variação considerável.

4.3 Processo de secagem: cinéticas de secagem

Nas Figuras 8 e 9, são apresentadas as curvas cinéticas de secagem da polpa de jambo-rosa com espessuras de 0,4 cm e 0,7 cm. As curvas mostram a variação da umidade em base seca em função do tempo, evidenciando as diferenças no comportamento de secagem entre as duas espessuras.

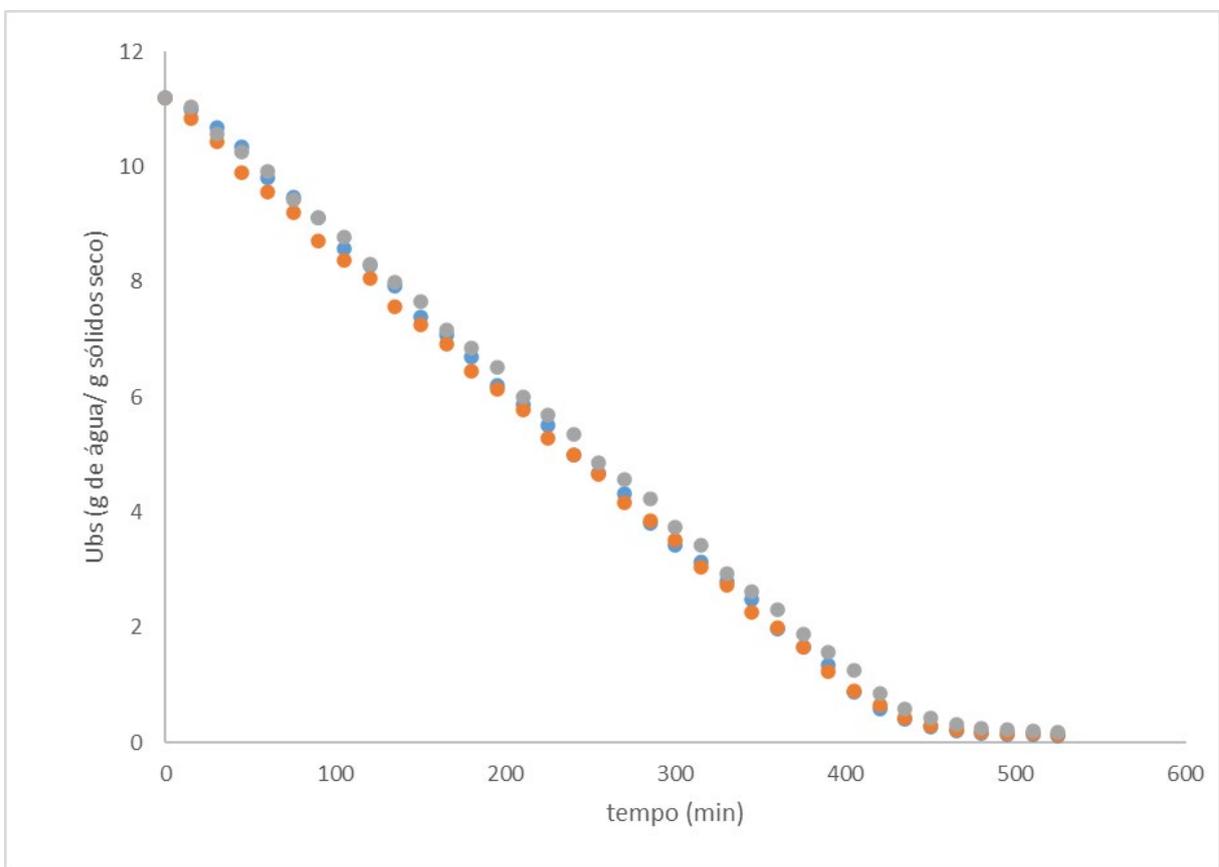
As curvas cinéticas de secagem são fundamentais para compreender a dinâmica de perda de água, identificar etapas críticas do processo e otimizar as condições de secagem para preservar as propriedades desejáveis do produto final.

Figura 8: Curva cinética de secagem da polpa de jambo-rosa com espalhamento de 0,4 cm de espessura.



Fonte: Autor, 2024

Figura 9: Curva cinética de secagem da polpa de jambo-rosa com espalhamento de 0,7 cm de espessura.



Fonte: Autor, 2024

Observa-se que para ambas as espessuras as curvas cinéticas apresentam, nos primeiros minutos, uma redução acentuada na umidade, indicando que a maior parte da água removida nesse estágio é a água livre presente na superfície do material. Nesse período, a transferência de massa (perda de água) é controlada principalmente pela transferência de calor do meio externo para o produto, após a remoção da água superficial, observa-se uma redução gradual na taxa de perda de umidade. Isso ocorre devido à difusão da água das camadas internas do material para a superfície, o que é um processo mais lento e controlado pela estrutura interna do alimento.

O comportamento das curvas cinéticas da polpa de jambo-rosa apresentou o comportamento esperado, alinhado aos princípios de secagem de alimentos descritos por Fellows (2017). Segundo o autor, o alimento se ajusta às condições de secagem e à temperatura aplicada, atingindo um valor constante que é mantido por um período mais prolongado, conhecido como período de taxa constante. A cinética de secagem é influenciada pelas características estruturais da matriz alimentar, além de ser controlada pelos parâmetros de processo, como temperatura, velocidade do ar e umidade relativa do ar. O final desse período é marcado pela umidade crítica, e inicia-se o período decrescente onde a umidade diminui até alcançar a umidade de equilíbrio com o ar de secagem.

Foi observado a amostra com espessura de leito de 0,4 cm apresentou uma taxa de secagem maior, com média de $0,042 \pm 0,001$ g de água/g de SS, que quando utilizou-se espessura de leito de 0,7 cm, que apresentou uma taxa média de $0,026 \pm 0,001$ g de água/g de SS.

Num estudo conduzido por Morais et al (2021) foi avaliado o processo de secagem de polpa de baru (*Dipteryx alata Vogel*) em temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C e seu efeito sobre compostos fenólicos totais, flavonoides, taninos, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e atividade antioxidante. Os autores reportam que secagem a 80 °C promoveu a maior redução no teor de flavonoides. Entretanto não observaram diferenças significativas no teor de taninos e compostos fenólicos totais nas amostras secas nas três temperaturas avaliadas e a maior atividade antioxidante foi observada na amostra de polpa seca a 50 °C. Assim os autores concluem que secagem da polpa do baru em temperaturas entre 60 e 70 °C é viável para a preservação das potencialidades bioativas e físico-químicas.

Araujo et al (2017) realizaram a secagem de polpa de acerola utilizando a técnica de secagem em leito de espuma e avaliaram o efeito da adição de albumina e Emustab® (agentes espumantes) em concentrações de 2%, 4%, 6%, 8% e 10% (m/v) sobre as cinéticas de secagem a 50°C, 55 °C, 60 °C, 65 °C e 70 °C. Os autores reportam que a albumina não formou espumas

estáveis e o Emustab® em concentrações acima de 4% m/v, formou espumas de alta estabilidade e baixas densidades. Além disso, a secagem a 50 °C, formou produtos de baixa umidade e estáveis. A técnica de leito de espuma também foi utilizada por Kandasa et al (2012) na secagem convectiva a 60, 65 e 70°C de mamão, utilizando albumina como agente espumante. Os autores reportam que a espuma de polpa de mamão com 15% de albumina e 15 min de agitação, espalhada em camada de 2 mm e seca a 60°C foram consideradas as condições mais adequadas para produzir mamão em pó por apresentarem maior retenção de ácido ascórbico (140,42mg), β-caroteno e açúcares totais.

A polpa de figo-da-índia foi espalhada em camadas de 0,5 cm de espessura e submetida à secagem em estufa com circulação de ar a 50, 60 e 70 °C, utilizando amido modificado como coadjuvante nas concentrações de 20%, 25% e 30% (p/p). A análise das curvas cinéticas de secagem revelou que o tempo de secagem foi inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura, menor o tempo de secagem. No entanto, o teor de amido modificado adicionado não influenciou significativamente o tempo de secagem (MADUREIRA et al., 2011).

Feitosa et al (2019) avaliaram a cinética de secagem e a qualidade físico-química dos resíduos da agroindústria processadora de polpa de manga, abacaxi, acerola, goiaba e graviola. Os resíduos foram analisados em termos de umidade, extrato seco, cinzas, acidez total titulável, pH e atividade de água, antes e após a secagem em estufa com circulação forçada a 60 °C. Os autores reportam que o resíduo de graviola apresentou a melhor resposta nas condições experimentais utilizadas no que se refere a perda de umidade e o resíduo de goiaba destacou-se por atingir o equilíbrio mais rapidamente e apresentar elevado rendimento, comportamentos estes que foram atribuídos ao efeito sinérgico entre baixa atividade de água e elevada acidez o que pode ter beneficiado a estabilidade dos pós.

O processo de secagem de polpa de pataúá foi estudado por Santos et al (2019), através da avaliação das cinéticas de secagem convectiva e da determinação das propriedades termodinâmicas. A secagem foi realizada em temperaturas de 40, 50 e 60 °C e espessuras da camada de 0,3 e 0,6 cm e utilizando velocidade do ar constante (1,8 m s⁻¹). Os autores reportam que o aumento da temperatura do ar e a diminuição da espessura da camada aumentaram a taxa de secagem, reduzindo o tempo de processo.

Morais et al. (2021) investigaram o efeito da secagem convectiva da polpa de baru a 50, 60, 70 e 80 °C sobre os teores de compostos fenólicos totais, flavonoides, taninos, além de parâmetros como pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e atividade antioxidante. Os resultados indicaram que a secagem a 80 °C resultou no menor teor de flavonoides. Os níveis

de taninos e compostos fenólicos totais não apresentaram diferenças significativas entre as diferentes temperaturas de secagem, enquanto a polpa seca a 50 °C apresentou a menor atividade antioxidante. A secagem da polpa de baru entre 60 e 70 °C mostrou-se mais eficaz para preservar suas propriedades bioativas e físico-químicas.

Castro et al (2016) avaliaram as cinéticas de secagem de pinha (*A Annona squamosa L.*) a 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação de ar. Os autores ajustaram modelos empíricos e semiempíricos aos dados experimentais de cinética e relatam que o modelo de Peleg foi o que apresentou melhor ajuste permitindo uma determinação mais acurada da taxa e do tempo de secagem.

O jambo-rosa ainda é uma fruta com poucos estudos relacionados à sua caracterização físico-química e à cinética de secagem. No entanto, Munhoz et al. (2018) realizaram um estudo sobre o jambo-vermelho (*Syzygium malaccensis*), no qual avaliaram parâmetros como firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, pH e cor instrumental da casca e da polpa, contribuindo para um melhor entendimento das propriedades desse fruto. Os autores reportam que, o jambo vermelho é um fruto ácido com o pH de $3,35 \pm 0,01$, demonstrando uma propensão para produção de geleia. Com o valor de luminosidade do epicarpo $39,51 \pm 5,41$, referente a sua cor, e com o valor do °Brix de $7,33 \pm 1,53$, mostrando coloração atrativa para o consumo *in natura* e com firmeza de polpa de 105,50 N (MUNHOZ; FERREIRA; DA SILVA GOMES, 2018).

Em outro estudo realizado por Araújo (2021) com Jambo vermelho foi avaliado o efeito do congelamento e da liofilização sobre a composição de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas monoméricas totais. Na polpa a umidade encontrada foi de $91,09 \pm 0,32$, com sólidos solúveis de $7,70 \pm 0,00$, pH de $3,36 \pm 0,15$. Os autores reportam que o produto liofilizado apresentou valores de umidade de $8,75\% \pm 0,24\%$ (bu), sólidos solúveis de $80,00 \pm 0,00$, pH de $3,67 \pm 0,19$ e solubilidade em água a 25°C de $67,03 \pm 0,51$. Os resultados também mostraram que os compostos fenólicos totais, flavonoides e antocianinas monoméricas totais apresentaram variações significativas entre a polpa congelada e a liofilizada, de acordo com os seguintes solventes: Água, Metanol/HCl 1,5N (85:15 v/v), Etanol/HCl 1,5N (85:15 v/v), Água/HCl 1,5N (85:15 v/v), Etanol/água (70:30 v/v), Metanol/água (70:30 v/v), Etanol (99,9%) e Metanol (99,9%). Portanto, observou-se uma diferença significativa no conteúdo total de compostos fenólicos entre a polpa congelada e a polpa liofilizada (ARAÚJO et al., 2021).

Rigueto (2020) em um estudo sobre a Influência da temperatura de secagem de jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) em camada de espuma, testou elaborações das espumas foram testadas as concentrações de 4,0, 4,5 e 5% (m/m) de emulsificante. A espuma que apresentou a maior estabilidade foi formulada com de 4,5% de emulsificador, sendo, portanto, selecionada

para realizar a secagem. O autor avaliou as curvas cinéticas de secagem em temperaturas de 50, 60 e 70°C e reporta tempos de processo de 435, 345 e 270 min. O tempo de secagem foi reduzido quando foram aplicadas temperaturas mais altas, o que resultou em uma maior taxa de secagem. Isso ocorreu devido ao aumento do gradiente de temperatura entre o ar e a espuma, levando a curvas mais íngremes, resultado da maior transferência de calor do ar para o material. A caracterização físico-química da polpa do jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) apresentou os seguintes valores: umidade de $88,9 \pm 0,008\%$, acidez de $6,2 \pm 0,08\%$ e pH de $3,52 \pm 0,03$. O estudo mostra que a temperatura foi um fator determinante na redução do tempo de secagem das espumas de jambo, sendo que o jambo seco a 50°C apresentou menor exposição da espuma (RIGUETO, Cesar Vinicius Tonicilli et al. Influência da temperatura de secagem de jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) em camada de espuma (FREITAS et al., 2022).

No estudo sobre a cinética de secagem de grãos de café descascados em camada delgada, Duarte, César e Afonso (2009) utilizaram diferentes modelos para determinar e comparar o método mais eficiente de secagem, realizando os experimentos nas temperaturas de 40, 50 e 60°C. Foram aplicados os modelos de Page, Henderson e Pabis modificado, e Midili, que apresentaram resultados com coeficientes de determinação (R^2) próximos a 0,99, indicando um excelente ajuste aos dados experimentais. As taxas do modelo de Page foram 0,0171, 0,0209 e 0,0295, tendo números maiores que acompanharam o aumento da temperatura. Os outros modelos seguiram a mesma tendência, com as taxas aumentando conforme a temperatura aumentava. Os valores foram semelhantes aos encontrados no estudo do jambo-rosa. Lima et al. (2017) estudou a cinética de secagem do mamão Formosa em secador de leito fixo nas espessuras de 5, 10 e 15 mm com o mamão fatiado. O estudo, ao utilizar modelos das curvas cinéticas, apresentou valores que estão de acordo com os encontrados no jambo-rosa. Observou-se que, à medida que a espessura aumentou, os valores da taxa de secagem diminuíram.

Comparando ambas as curvas, percebeu-se também que a amostra de 0,4 cm apresentou uma umidade crítica mais elevada, provavelmente devido à menor massa, o que possibilitou que atingisse esse ponto mais rapidamente. A influência da espessura também está em conformidade com a literatura, que indica que, quanto maior a massa, maior é o tempo de secagem. Assim, a amostra com espessura de 0,7 cm teve um tempo total de secagem de 520 minutos (cerca de 9 horas e alguns minutos), enquanto a amostra com espessura de 0,4 cm levou 405 minutos (aproximadamente 7 horas e alguns minutos). O tempo necessário para atingir 15% de umidade foi de 316,6 minutos para a espessura de 0,4 cm e de 498 minutos para a espessura de 0,7 cm.

De acordo com o estudo de Lima R. C (2017) que avaliou o processo de realizou a secagem de mamão formosa fatiados em rodela nas com espessuras de 5, 10 e 15mm, observou-se que a taxa de secagem diminui com o aumento da espessura. Este efeito é amplamente discutido na literatura, onde a espessura do material é considerada um dos principais fatores que influencia os processos de transferência de massa na secagem. O aumento da espessura da camada do material dificulta a remoção da água, devido à maior resistência ao transporte de umidade interior para a superfície do material. Esse comportamento também observado neste estudo onde diferentes espessuras resultaram em tempos de secagem distintos, mas com curvas cinéticas semelhantes. Estes resultados reforçam a ideia de que, embora a espessura tenha um impacto direto no tempo total de secagem, a dinâmica do processo de transferência de massa na secagem ocorreu de forma similar.

O estudo conduzido por Santos et al. (2019) também contribui para essa discussão uma vez que investigando a secagem convectiva da polpa de pataúá utilizando espessuras de camada de 0,3 e 0,6 cm em temperaturas de 40, 50 e 60 °C observaram um comportamento semelhante. Para a espessura de 0,3 cm, os resultados indicaram uma redução no tempo de secagem com o aumento da temperatura, com valores de 540, 360 e 270 minutos, respectivamente. Para a espessura de 0,6 cm, os tempos observados foram de 1.200, 720 e 540 minutos, seguindo a mesma tendência. Esse comportamento é esperado, pois a temperatura de secagem influencia diretamente a velocidade de evaporação da água, acelerando o processo de remoção da umidade.

Além disso, o estudo mostrou que a espessura do material teve uma influência significativa na taxa de remoção de umidade. Como esperado, o aumento da espessura prolongou o tempo de secagem, uma vez que a remoção de umidade em camadas mais espessas é limitada pela difusão interna da água. A espessura do material, portanto, se apresenta como um fator relevante na otimização do processo de secagem, uma vez que impacta tanto a eficiência quanto o tempo total de processo (FELLOWS 2017).

Em resumo, os resultados dos estudos de Lima (2017) e Santos et al. (2019) reforçam os resultados deste estudo demonstrando a influência da espessura do material e da temperatura de secagem, evidenciando como esses parâmetros impactam no processo de secagem.

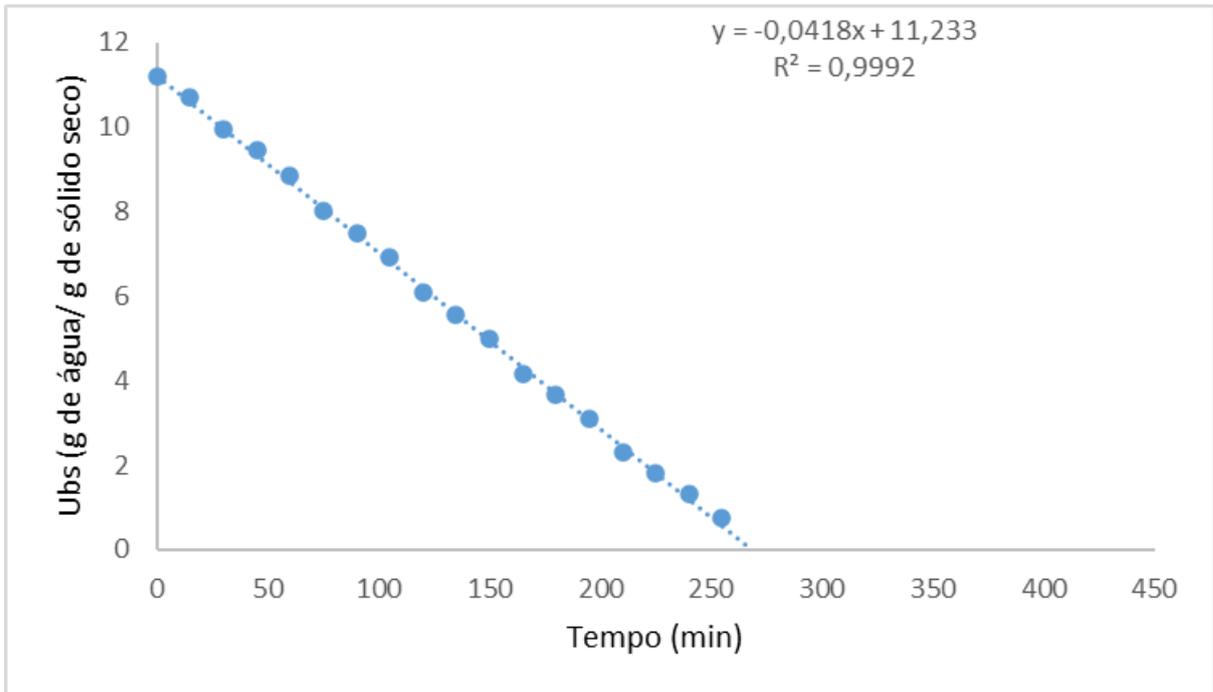
4.4 Taxa de secagem

As Figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15 apresentam os dados cinéticos de secagem e os ajustes lineares para cálculo da taxa de secagem na região de taxa constante. Para a taxa de secagem,

o ajuste linear permite determinar parâmetros importantes, como a inclinação da reta que representa a variação da taxa de secagem ao longo do tempo, e o coeficiente de determinação (R^2), que indica a qualidade do ajuste. No caso das curvas de secagem para as espessuras de 0,4 cm e 0,7 cm. O coeficiente de determinação (R^2) é uma medida que quantifica o quanto a variação da variável dependente é explicada pelo modelo ajustado. Valores próximos de 1, como os apresentados ($R^2 > 0,998$), indicam que o modelo linear foi altamente eficaz em descrever o fenômeno de secagem para ambas as espessuras analisadas. Esses ajustes são fundamentais para descrever o fenômeno observado, indicando como a espessura do material influencia a taxa e o tempo de secagem. Assim, os ajustes sugerem que o comportamento da taxa de secagem pode ser confiavelmente descrito pelos modelos propostos, validando a relevância dos dados coletados.

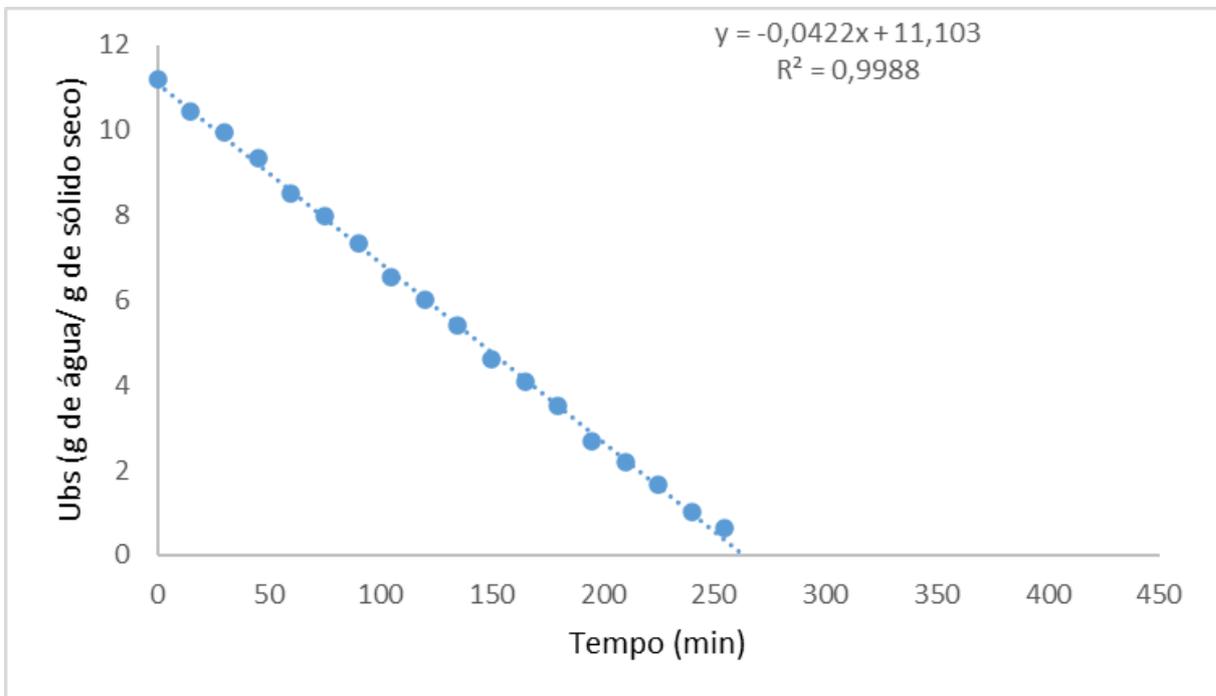
As curvas cinéticas apresentadas mostram que, para maiores espessuras, a taxa de secagem é reduzida e o tempo necessário para atingir a umidade de equilíbrio é maior. Isso reflete a maior resistência à migração de água em amostras mais espessas. Assim, os modelos lineares ajustados fornecem uma base sólida para compreender as variações no processo de secagem, auxiliando no desenvolvimento de estratégias de otimização e controle, especialmente em aplicações industriais ou experimentais.

Figura 10: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,4 cm (1ª triplicata)



Fonte: Autor, 2024

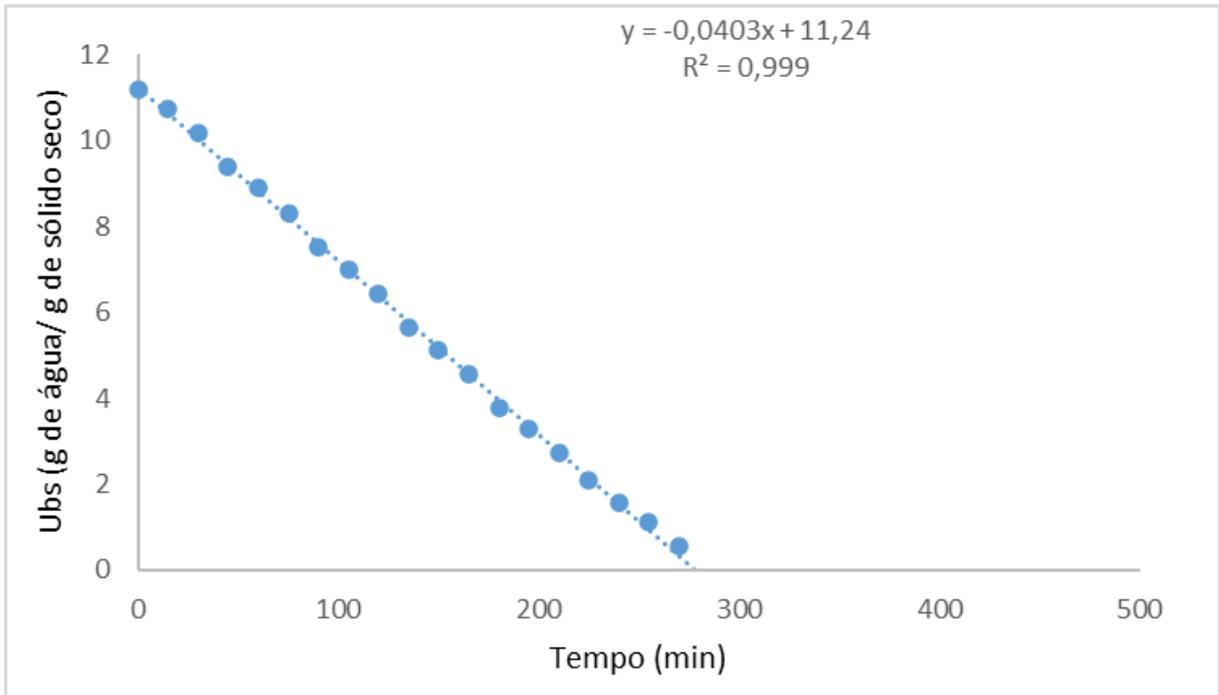
Figura 11: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,4 cm (2ª triplicata)



Fonte: Autor, 2024

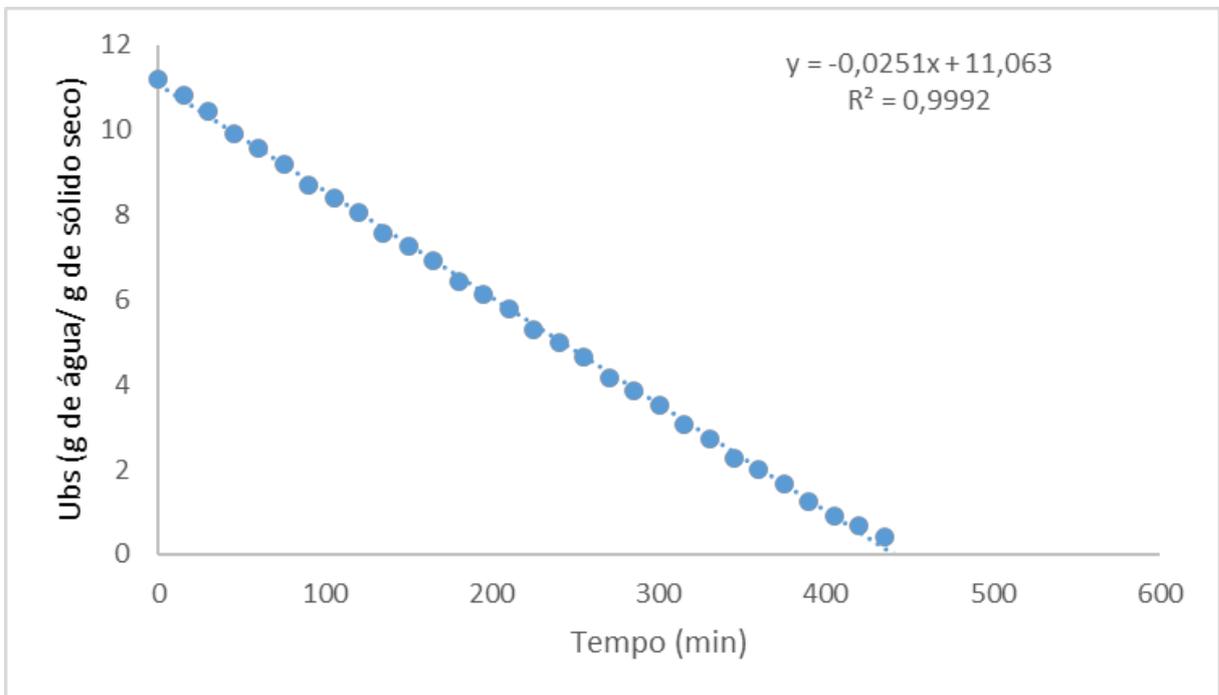
Figura 12: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para

espalhamento de espessura de 0,4 cm (3ª triplicata)



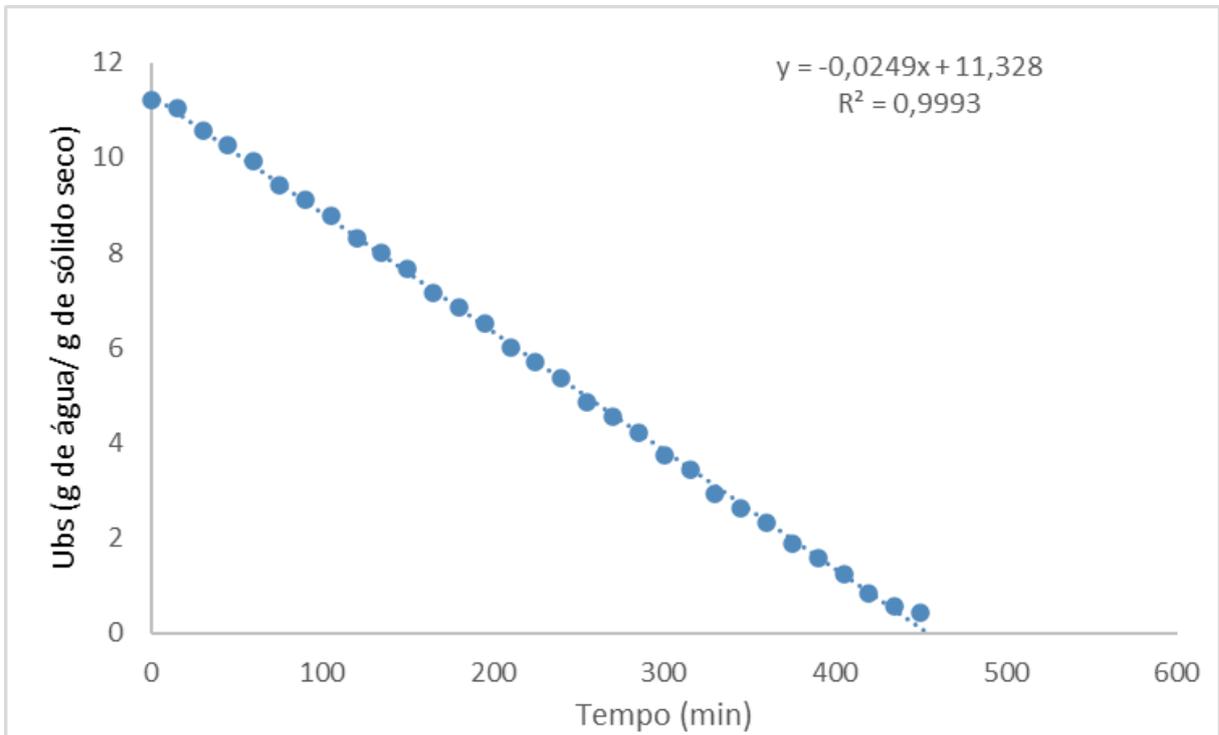
Fonte: Autor, 2024

Figura 13: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,7 cm (1ª triplicata)



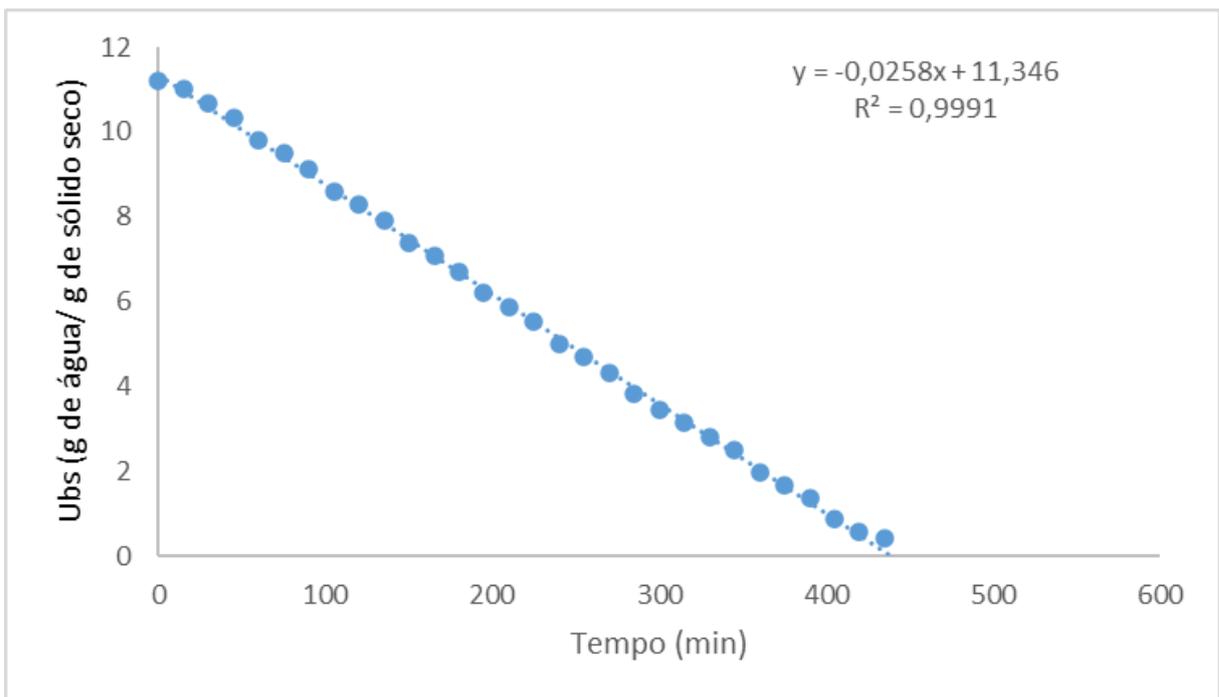
Fonte: Autor, 2024

Figura 14: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,7 cm (2ª triplicata)



Fonte: Autor, 2024

Figura 15: Ajuste linear dos dados experimentais cinéticos da região de taxa constante para espalhamento de espessura de 0,7 cm (3ª triplicata)



Fonte: Autor, 2024

4.5 Caraterização dos P04 e P07

Na tabela 2 são apresentados os resultados das curvas de secagem para as espessuras de 0,4 cm e 0,7 cm, com valores respectivos de taxa de secagem de 0,042 e 0,026 g de água/g de SS. A umidade crítica foi de 0,654 g de água/g de SS para a espessura de 0,4 cm e 0,416 g de água/g de SS para a espessura de 0,7 cm. Além disso, o tempo necessário para atingir a umidade de equilíbrio foi de 316,6 minutos para a espessura de 0,4 cm e 498 minutos para a espessura de 0,7 cm, indicando que a espessura influencia diretamente a eficiência e o tempo de secagem.

Tabela 2: Valores de umidade crítica, taxa de secagem e porcentagem de umidade final.

Espessura	Taxa de secagem (g de água/g de sólidos secos)	Umidade crítica (g de água/g de sólidos secos)	Tempo (15% umidade)
0,4 cm	0,042 ± 0,001	0,654 ± 0,083	316,6 ± 2,89
0,7 cm	0,026 ± 0,001	0,416 ± 0,013	498 ± 20,2

Fonte: Autor, 2024

De acordo com a literatura consultada, a variação na espessura da polpa tem um impacto significativo no tempo total de secagem, na taxa de secagem e na umidade crítica das amostras. Esse comportamento foi descrito nos estudos de Martins et al. (2020) e Celestino (2010), que explicam que, após o período de secagem constante, o material atinge a umidade crítica e inicia-se o período de diminuição da taxa. No presente estudo, observou-se que a umidade crítica da polpa de jambo-rosa foi mais elevada para a espessura de 0,4 cm (0,654 g de água/g de sólidos secos) em comparação com a espessura de 0,7 cm (0,416 g de água/g de sólidos secos). Este resultado está de acordo com a teoria, pois amostras menos espessas têm uma maior relação área/volume promovendo uma remoção mais rápida da umidade o que resulta em uma umidade crítica mais alta. Já para as amostras mais espessas, a maior resistência à transferência de umidade faz com que a umidade crítica seja atingida de forma mais gradual, o que retarda o processo de secagem.

O tempo total de secagem também demonstrou uma diferença significativa entre as espessuras. A amostra de 0,4 cm atingiu 15% de umidade em $316,6 \pm 2,89$ minutos, enquanto a amostra de 0,7 cm precisou de $498 \pm 20,2$ minutos, ou seja, cerca de 8 horas, em comparação com as 6 horas da amostra de 0,4 cm. Este resultado corrobora a literatura, como no estudo de Lima R. C. (2017), que demonstrou que a taxa de secagem diminui com o aumento da espessura da amostra. Além disso, Santos et al. (2019) também relataram que, ao reduzir a espessura, a taxa de secagem aumenta, o que se reflete nos resultados obtidos para o jambo-rosa.

As diferenças nas taxas de secagem entre as espessuras foram evidentes, com a amostra de 0,4 cm apresentando uma taxa de secagem de 0,042 g de água/g de sólidos secos, significativamente maior do que a taxa observada para a espessura de 0,7 cm (0,026 g de água/g de sólidos secos). Essa diferença de 0,016 g de água/g de sólidos secos entre as espessuras pode ser atribuída à maior resistência interna à transferência de umidade nas amostras mais espessas, o que diminui a eficiência do processo de secagem.

Além disso, a estabilização da umidade ao final do processo, alcançando a umidade de equilíbrio de 15%, indica que as condições de secagem foram suficientemente controladas para permitir que ambas as amostras atingissem um ponto de equilíbrio semelhante, mesmo com as diferenças nas espessuras e nos tempos de secagem.

4.6 Capacidade de retenção em água, capacidade de retenção em óleo e índice de solubilidade em água com a polpa desidratada.

Na tabela 6 são apresentados os resultados da capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO) e índice de solubilidade em água (ISA) pós de jambo-rosa obtidos por secagem utilizando leitos de espessuras de 0,4 cm e 0,7 cm.

Tabela 3: Resultados de CRA, CRO e ISA.

Espessura	CRA (g de água/g de sólido seco)	CRO (g de óleo/g de sólido seco)	ISA (%)
0,4 cm	$14,85 \pm 0,25^a$	$14,30 \pm 0,089^b$	$7,6 \pm 0,2^b$

0,7 cm	16,44 ± 0,34 ^b	14,08 ± 0,1 ^a	7,2 ± 0,11 ^a
--------	---------------------------	--------------------------	-------------------------

Fonte: Autor, 2024

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de *Tukey*.

A capacidade de retenção de água refere-se à habilidade de uma substância, como fibras ou materiais porosos, de absorver e reter a máxima quantidade de água dentro de sua estrutura, sem a aplicação de forças externas. Esse comportamento está relacionado tanto à afinidade química com a água quanto às características físicas, como porosidade e estrutura do material. A CRA foi significativamente maior para a espessura de 0,7 cm (16,44 ± 0,34 g de água/g de sólido seco) em comparação com a espessura de 0,4 cm (14,85 ± 0,25 g de água/g de sólido seco). Esse comportamento pode ser atribuído ao maior tempo de secagem apresentado pela amostra mais espessa (0,7 cm), o que promove a formação de estruturas mais porosas capazes de reter uma maior quantidade de água. A maior porosidade contribui para o aumento da interação da matriz com moléculas de água, corroborando estudos prévios que indicam que materiais mais espessos podem apresentar maior capacidade de retenção de água devido ao desenvolvimento de uma estrutura interna mais desenvolvida durante a secagem (BARBOSA-CÁNOVAS; VEGA-MERCADO, 1996).

O mecanismo de retenção de óleo baseia-se na absorção física do óleo pela estrutura do material. Esse processo ocorre principalmente devido a fenômenos como a capilaridade e as forças de Van der Waals entre as moléculas de óleo e a superfície do material, sem envolver reações químicas. No que se refere à CRO, observou-se que os pós obtidos quando se utilizou espessura de leito de 0,4 cm apresentaram um valor ligeiramente maior (14,30 ± 0,089 g de óleo/g de sólido seco) do que a espessura de 0,7 cm (14,08 ± 0,1 g de óleo/g de sólido seco). Essa diferença, embora pequena, é significativa ($p \leq 0,05$), sugerindo que a menor espessura pode favorecer a formação de superfícies mais homogêneas e menos densas, o que facilita a retenção de óleo. Adicionalmente, a menor espessura pode resultar em maior exposição de grupos hidrofóbicos, favorecendo a interação com o óleo. Segundo Cunha (2016) a variação nas concentrações de proteínas, a quantidade de aminoácidos não polares, a sequência desses aminoácidos na cadeia protéica e as diferenças nas características conformacionais das proteínas podem explicar as diferentes capacidades de retenção de óleo. O ISA foi maior para os pós obtidos utilizando espessura de leito de 0,4 cm (7,6 ± 0,2%) em comparação com 0,7

cm ($7,2 \pm 0,11\%$). Essa diferença pode ser explicada pela menor compactação da estrutura das amostras mais finas, permitindo maior solubilidade em água. A menor espessura também reduz a formação de ligações fortes na matriz durante a secagem, tornando os constituintes mais solúveis. O ISA mais baixo na espessura maior pode ser resultado de uma matriz mais densa e de menor acessibilidade dos componentes hidrofílicos.

Finalmente, os resultados indicam que a espessura da camada de polpa submetida à secagem afetou significativamente as propriedades tecnológicas dos pos resultantes da secagem de polpa de jambo-rosa. Materiais mais espessos favoreceram a retenção de água, enquanto materiais mais finos tenderam a ser mais solúveis e mais eficientes na retenção de óleo. Esses resultados relevantes quando se considera aplicações industriais, como formulações alimentícias onde a retenção de água e óleo e a solubilidade são propriedades desejáveis, dependendo do produto final.

5 CONCLUSÃO

Os estudos realizados permitiram concluir que a caracterização físico-química do jambo esteve dentro do esperado, com valores comparáveis aos de outras frutas da mesma família ou com características similares, indicando que o jambo possui propriedades alinhadas às expectativas para este tipo de fruta.

A análise pelo sistema CIELAB demonstrou que o fruto do jambo apresenta baixa suscetibilidade ao escurecimento enzimático, evidenciada pela ausência de variações significativas em relação ao padrão de branco nos tratamentos realizados com ácido cítrico.

As curvas cinéticas de secagem para as duas espessuras do leito testadas (0,4 e 0,7 cm) apresentaram boa reprodutibilidade.

A pesquisa também revelou que a espessura da camada de polpa do jambo-rosa afeta significativamente o processo de secagem. Observou-se que, à medida que a espessura aumentava, a taxa de secagem diminuía e o tempo de secagem aumentava, devido à maior quantidade de massa e à maior resistência ao fluxo de água para a superfície.

Os pós produzidos utilizando a maior espessura resultaram em uma maior capacidade de retenção de água, sugerindo que estruturas mais espessas mantêm mais umidade após a secagem.

Esses resultados confirmam que a espessura da camada de polpa influencia diretamente as propriedades de secagem do fruto, afetando tanto o tempo necessário para o processo quanto os parâmetros relacionados à retenção de umidade.

Concluindo que, o jambo-rosa pode ser comercializado de diversas formas, explorando seus atributos naturais e saudáveis para atender diferentes nichos de mercado. Em formato de pó, ele se destaca como um corante natural e aromatizante, sendo ideal para indústrias que buscam alternativas saudáveis e sustentáveis para produtos alimentícios. Sua versatilidade permite uso em receitas funcionais e gourmet, atraindo consumidores preocupados com saúde e qualidade.

Outra aplicação interessante é a fruta desidratada em pedaços, que pode ser consumida diretamente como um snack saudável. Esse formato atende à demanda crescente por alimentos práticos, nutritivos e sem adição de açúcares, sendo ideal para incluir em lanches, granolas ou sobremesas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Nkarthe Guerra et al. Extração de compostos bioativos da polpa de jambo com diferentes tipos de solventes. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, p. e261101018635-e261101018635, 2021.

FREITAS, Bruna Areia Gonçalves et al. Principais métodos de secagem utilizados na obtenção de polpa de fruto em pó solúvel: uma revisão. *Brazilian Applied Science Review*, v. 6, n. 6, p. 1588-1620, 2022.

MUNHOZ, Cláudia Leite; FERREIRA, Thales Henrique Barreto; DA SILVA GOMES, Miriam Cristina. Caracterização física de frutos de jambo vermelho. *Cadernos de Agroecologia*, v. 13, n. 2, p. 7-7, 2018.

BANADKA, Akshatha et al. The role of *Syzygium samarangense* in nutrition and economy: An overview. *South African Journal of Botany*, v. 145, p. 481-492, 2022.

TARIGAN, Chrisanta et al. *Syzygium samarangense*: review of phytochemical compounds and pharmacological activities. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, v. 12, n. 2, p. 2084-2107, 2022.

KADER, Adel A.; PERKINS-VEAZIE, Penelope; LESTER, Gene E. Nutritional quality of fruits, nuts, and vegetables and their importance in human health. *USDA Handbook*, v. 66, 2004.

KÖHLER, Matias; CORRÊA, Claudine de Abreu; BRACK, Paulo (org.). Cartilha das frutas nativas de Porto Alegre. Ingá - Instituto Gaúcho de Estudos Ambientais, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1-46, fev. 2013.

BARBOSA-CÁNOVAS, Gustavo V.; VEGA-MERCADO, Humberto. *Dehydration of foods*. Springer Science & Business Media, 1996.

SANTOS, Dyego da Costa et al. Cinética de secagem e propriedades termodinâmicas da polpa de patauá (*Oenocarpus bataua Mart.*). *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 22, p. e2018305, 2019.

TAKATSUI, Fabiana. Sistema CIE Lab: análise computacional de fotografias. 2011.

SILVA, E.; NOGUEIRA, J. N. Efeito do calor na atividade da polifenol oxidase e peroxidase em algumas frutas e hortaliças. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, v. 40, p. 137-161, 1983.

NETOR, Lázaro de Lima Pantoja et al. Análises físicas e físico-químicas de polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccense* L.). *Revista Foco*, v. 17, n. 8, p. e5218-e5218, 2024.

LIMA, R. C. et al. Cinética de secagem do mamão formosa em secador de leito fixo. *V Semana de Engenharia Química*, v, 2017.

BUAINAIN, Antônio Márcio et al. (Ed.). Cadeia produtiva de frutas. Bib. Orton IICA/CATIE, 2007.

PETERNELLI, Luiz Alexandre. Capítulo 9 - Regressão Linear e Correlação. INF 162, 2023.

BRACK, Paulo et al. Frutas nativas do Rio Grande do Sul, Brasil: riqueza e potencial alimentício. *Rodriguésia*, v. 71, p. e03102018, 2020.

NEGRI, Talita Costa; BERNI, Paulo; BRAZACA, Solange. Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil. *Biosaúde*, v. 18, n. 2, p. 82-96, 2016.

SANTOS, Rayssa Alves. Análise do cenário internacional da fruticultura e dos desafios encontrados para exportação de frutas brasileiras. 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation*. Genebra: OMS, 2003. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/924120916X>. Acesso em: 22 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Vigitel Brasil 2014: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2014.pdf. Acesso em: 22 nov. 2024.

DO NASCIMENTO FILHO, Wilson B.; FRANCO, Carlos Ramon. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.

WATANABE, Hélio Satoshi; OLIVEIRA, Sabrina Leite de. Comercialização de frutas exóticas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 36, p. 23-38, 2014.

CASTRO, J. L. et al. Avaliação das cinéticas de secagem de pinha (*Annona squamosa* L.) a 50, 60 e 70 °C. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 10, p. 943-948, 2016.

RIGUETO, C. V. T. Influência da temperatura de secagem de jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) em camada de espuma. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, e40932382, 2020.

FREITAS, Larissa Soares de; SILVA, André Luiz Ferreira da; OLIVEIRA, Rita de Cássia Araújo. Secagem em camada de espuma com tecnologia híbrida solar-convectiva: uma análise sobre a eficiência de secagem da polpa de cacau. *Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, 2020.

SILVA, A. L.; NOGUEIRA, R. I. Análise de cor em alimentos utilizando o sistema CIELAB. *Revista Brasileira de Ciências Alimentares*, v. 2, n. 1, p. 15-20, 1983