



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Faculdade de Engenharia Química
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos



NAYARA MARIA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM
DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE
MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) E CARACTERIZAÇÃO DO
PRODUTO SECO OBTIDO**

Patos de Minas - MG

2024

NAYARA MARIA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM
DE SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DE
MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) E CARACTERIZAÇÃO DO
PRODUTO SECO OBTIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Alimentos (PPGEA) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), *Campus* Patos de Minas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos, área de concentração de Desenvolvimento de Processos e Produtos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marta Fernanda Zotarelli

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Corrêa de Santana

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Letícia Rocha Guidi

Patos de Minas - MG

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, Nossa Senhora da Aparecida, Nossa Senhora da Abadia por me ajudarem a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso e por todas as bênçãos recebidas.

A minha família, em especial aos meus pais Amélia e Newton que me apoiaram e incentivaram durante toda minha vida. Aos meus irmãos Cleiton e Pedro Vitor pelo amor e incentivo sempre! Aos meus sobrinhos Isadora e Lorenzo que trouxe alegria, esperança e amor para nossa família. A minha cunhada Tania, por todo carinho e apoio sempre! Obrigada por vocês existirem e serem minha família, por mais que eu procurasse palavras, elas não seriam suficientes para definir o meu amor por todos vocês! Amo muito vocês!

De forma especial gostaria de agradecer a minha amiga e orientadora, professora Dra. Marta Fernanda Zotarelli pelos ensinamentos, pela excelente orientação, pela disponibilidade, atenção, carinho, paciência e sabedoria que por muitas vezes não me deixaram desistir. Ao meu coorientador Dr. Ricardo Corrêa de Santana que junto a minha orientadora, de forma brilhante e com grande empenho conduziram o trabalho dedicando seus conhecimentos, atenção, carinho e tempo à minha orientação.

Aos demais professores do programa de pós-graduação, muito obrigada por todos os ensinamentos e contribuição para a nossa formação. Ao professor Neiton Carlos da Silva pelas contribuições significativas para esse trabalho.

Agradeço aos técnicos do Laboratório Betania, Dayene, Leandro e Valdislaine pelas contribuições experimentais e pela amizade que construímos.

Em especial gostaria de destacar aos amigos (as) que tenho certeza vou levar: e parceiros de pesquisa Bárbara, Lorrane, Igor, Elizeny, Heloísa, Mariana, Iolanda, Beatriz e Samira muito obrigado a todos vocês pela amizade, companhia, auxílio e pelos bons e até mesmo os momentos ruins durante todos esses anos.

Aos membros da banca, por aceitarem avaliar este trabalho e por suas sugestões.

Enfim, agradeço a todos os meus amigos pelas orações, conselhos, conforto quando eu mais precisei, ao longo desta jornada. A trajetória foi longa, árdua pode-se assim dizer, mas também interessante e bonita.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Fruticultura no Brasil	17
2.2 Maracujá.....	18
2.3 Aproveitamento dos resíduos de maracujá (<i>Passiflora edulis</i> Sims)	20
2.4 Composição centesimal e compostos bioativos do maracujá	24
2.5 SECAGEM.....	29
2.5.1 Cinética de secagem	30
2.5.2 Secagem em estufa de circulação de ar	31
2.5.3 Refractance Window ou <i>Cast-tape drying</i>	32
2.5.4 Liofilização.....	34
2.6 PRODUTOS EM PÓ.....	36
3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 Obtenção e armazenamento das amostras de resíduo de maracujá.	38
3.2 Preparação das amostras.....	38
3.3 Secagem do resíduo de maracujá por convecção em estufa de circulação forçada.....	39
3.3.1 Determinação da cinética de secagem por estufa resíduo de maracujá	40
3.4 Secagem do resíduo de maracujá por <i>cast-tape drying</i> (CTD)	40
3.4.1 Condições do processo de secagem	41
3.4.2 Determinação da cinética de secagem por cast-tape drying	42
3.5 Liofilização.....	43
3.6 Planejamento experimental	44
3.7 Caracterização físico-química do resíduo <i>in natura</i> e dos produtos em pó e do pó comercial	46
3.7.1 Determinação da umidade.....	47
3.7.2 Atividade de água (a_w)	47
3.7.3 Determinação da higroscopicidade.....	48
3.7.4 Acidez total titulável (ATT)	48
3.7.5 Determinação do teor de ácido ascórbico (AA).....	49
3.7.6 Determinação da cor instrumental	49
3.7.7 Determinação de teores de compostos fenólicos totais	50

3.7.8 Determinação do teor de flavonoides totais (TFC).....	51
3.7.9 Densidade bulk.....	52
3.7.10 Tempo de molhamento	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Caracterização do resíduo de maracujá <i>in natura</i>	54
4.2 Caracterização do resíduo de maracujá seco por estufa convectiva com ar quente e por <i>cast – tape drying</i>	57
4.2.1 Cinética de secagem do resíduo de maracujá por estufa convectiva com circulação forçada de ar quente e por <i>cast – tape drying</i>	57
4. CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Estudos realizados com subprodutos de maracujá.....	23
Tabela 2 - Composição do maracujá cru (<i>Passiflora edulis f. flavicarpa</i>) e da polpa de maracujá congelada por 100 g de parte comestível: centesimal, minerais, vitaminas e colesterol.....	26
Tabela 3 - Fatores e níveis de planejamento fatorial 3 ²	46
Tabela 4 - Planejamento fatorial 3 ²	47
Tabela 5– Planejamento fatorial 2 ³	47
Tabela 6 - Resultados de caracterização do resíduo de maracujá in natura de umidade, atividade de água, acidez, ácido ascórbico, cor, fenólicos totais, flavonoides.....	56
Tabela 7- Atividade de água do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva com ar quente, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	63
Tabela 8 - Higroscopicidade do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva, CTD, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	64
Tabela 9 - Efeitos significativos para atividade de água, higroscopicidade, pigmentos heme totais e dureza para o planejamento fatorial 2 ³	66
Tabela 10 - Parâmetros de cor do resíduo de maracujá seco em estufa convectiva.....	70
Tabela 11 - Parâmetros de cor do resíduo de maracujá seco por liofilização e do pó comercial de farinha de casca de maracujá.....	71
Tabela 12 - Efeitos significativos para cor instrumental (parâmetros <i>L*</i> e <i>a*</i>) para o planejamento fatorial 2 ³	72
Tabela 13 - Acidez total do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva com ar quente, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	75
Tabela 14 – Teor de ácido ascórbico do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	76

Tabela 15 - Fenólicos totais do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	78
Tabela 16 - Flavonoides totais do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	80
Tabela 17 - Efeitos significativos para acidez total, ácido ascórbico, fenólicos totais e flavonoides para o planejamento fatorial 2 ³	81
Tabela 18 - Densidade <i>bulk</i> do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	84
Tabela 19 - tempo de molhamento do resíduo de maracujá seco por secagem convectiva, <i>cast-tape drying</i> , liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.....	85
Tabela 20 - Efeitos significativos para densidade <i>bulk</i> e tempo de molhamento para o planejamento fatorial 2 ³	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Desempenho da cultura do maracujá no Brasil, no período 1990/2022.....	17
Figura 2 - Principais Estados Produtores de Maracujá no Brasil em 2022.....	18
Figura 3 - <i>Passiflora edulis</i>	19
Figura 4 - Morfologia do maracujá <i>Passiflora edulis</i> Sims.....	20
Figura 5 - Representação da utilização dos resíduos do maracujá (<i>Passiflora edulis</i>).	21
Figura 6- Estrutura química básica dos compostos fenólicos.....	27
Figura 7 - Principais estruturas químicas dos flavonoides.....	28
Figura 8 - Estrutura química do ácido cítrico.....	29
Figura 9 - Representação das curvas características de cinética de secagem de um produto.....	32
Figura 10 - Esquema do equipamento contínuo.....	35
Figura 11- Diagrama trifásico da água.....	37
Figura 12 - Resíduos de processamento de maracujá - amarelo.....	40
Figura 13 - Fotografias resíduo de maracujá espalhado em placas de <i>Mylar</i> (a); das amostras de resíduo de maracujá dentro da estufa (b); aferição da temperatura das amostras (c).....	41
Figura 14 * Unidade Experimental de secagem por <i>cast tape</i> utilizada para a secagem do resíduo de maracujá (a); (b) Visão lateral e frontal do <i>cast-tape drying</i> com o sistema de exaustão com ventiladores.....	43
Figura 15 - Padronização da espessura dos resíduos (a); e, resíduo de maracujá espalhado sobre o filme <i>mylar</i> ® (b).....	43
Figura 16 * Aferições de temperaturas das amostras e da unidade experimental; Os círculos amarelos representam os locais de aferição da temperatura da superfície do secador enquanto os círculos vermelhos exemplos da região de leitura da temperatura da amostra.....	44
Figura 17 - Equipamento de liofilização (a); câmera com amostras nas bandejas b).....	45
Figura 18 - Diagrama de cor espaço $L^* C^* h^0$	52

Figura 19 - Triplicatas das medidas de densidade de <i>bulk</i> secagem convectiva em estufa (a); secagem em <i>cast tape drying</i> (b); secagem no liofilizador(c); pó comercial(d).....	54
Figura 20 - Esquema do dispositivo usado para determinar o tempo de molhamento: (a) antes do acionamento do pino; (b) após o deslocamento da lâmina fazendo com o que os pós de maracujá ficassem submersos.....	55
Figura 21 - Cinética de secagem do resíduo de maracujá seco por estufa com circulação de ar (ECA) e <i>cast-tape drying</i> (CTD) nas temperaturas de 65, 75 e 85°C e com espessura do resíduo de 2, 3 e 4 mm.....	60
Figura 22 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura da camada espalhada de resíduo de maracujá para: (a) e (b) atividade de água; (c) e (d) higroscopicidade; sendo (a) e (c) para secagem em estufa convectiva e (b) e (d) para <i>cast-tape drying</i>	67
Figura 23 - Imagens do resíduo <i>in natura</i> (a); resíduo seco pelo método de secagem em estufa convectiva (b); resíduo seco por CTD (c); resíduo seco por liofilização (d); pó da farinha de casca de maracujá comercial (e).....	69
Figura 24 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura da camada espalhada de resíduo de maracujá para: (a) e (b) parâmetro L^* ; (c) e (d) parâmetro b^* ; sendo (a) e (c) para secagem em estufa convectiva e (b) e (d) para <i>cast-tape drying</i>	74
Figura 25 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura de espalhamento do resíduo de maracujá para: (a) e (b) acidez total; (c) e (d) ácido ascórbico; (e) flavonoides totais; (f) fenólicos totais; sendo (a), (c) e (e) para secagem em estufa convectiva e (b), (d) e (f) para <i>cast-tape drying</i>	83

Figura 26 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura da camada espalhada de resíduo de maracujá para: (a) e (b) densidade <i>bulk</i> ; (c) e (d) tempo de molhamento; sendo (a) e (c) para secagem em estufa convectiva; e, (b) e (d) para <i>cast-tape drying</i>	88
--	----

LISTA DE ABREVIações

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

P.edulis - *Passiflora edulis*

GAE - ácido gálico

CTD - *cast-tape drying*

RW - *Refractance Window*

a_w – atividade de água

ATT – acidez total titulável

TAA – Ácido Ascórbico

DCF_I - 2,6 diclorofenol – indofenol

CIE - Commission Internationale de l'Eclairage

TPC - Teor de Compostos Fenólicos Totais

TFC - Teor de Flavonoides Totais

EPÍGRAFE

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

RESUMO

O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis Sims*) é uma fruta de elevado valor nutricional, rica em minerais e compostos bioativos. No entanto, seu processamento industrial gera uma quantidade significativa de resíduos, principalmente cascas e sementes, que podem representar até 70% do peso total do fruto. Esses subprodutos apresentam alto potencial de reaproveitamento, sendo a desidratação um método eficaz para reduzir o teor de umidade, prolongar a estabilidade química e microbiológica e viabilizar sua incorporação em formulações alimentícias e nutracêuticas. Diferentes técnicas de secagem têm sido empregadas para a conservação de alimentos e subprodutos agroindustriais. Entre os métodos convencionais, destaca-se a secagem convectiva em estufa, enquanto abordagens alternativas, como o *cast-tape drying*, vêm sendo investigadas para otimizar a retenção de compostos bioativos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da secagem dos resíduos do maracujá utilizando três diferentes processos: convecção em estufa, *cast-tape drying* e liofilização. Além disso, o estudo buscou caracterizar as amostras in natura e desidratadas por cada método, bem como comparar os resultados com uma farinha comercial de casca de maracujá. Os experimentos de secagem por *cast-tape drying* e convecção em estufa com circulação de ar foram conduzidos a temperaturas de 65, 75 e 85 °C, utilizando espessuras de 2, 3 e 4 mm para os resíduos do maracujá. A umidade inicial dos resíduos in natura foi, em média, 70,11% (base úmida). Para atingir um teor final de umidade de 10%, os tempos de secagem no *cast-tape drying* foram inferiores aos da secagem convectiva, quando comparadas as mesmas condições experimentais, indicando maior eficiência do processo na remoção da umidade. A análise dos compostos bioativos revelou que todos os métodos de secagem foram capazes de preservar esses constituintes, sendo que, em determinadas condições, os teores obtidos superaram aqueles encontrados na farinha comercial de casca de maracujá. Os resultados deste estudo demonstram que o *cast-tape drying* representa uma alternativa promissora para o reaproveitamento dos resíduos do processamento industrial da polpa de maracujá, contribuindo para a valorização desses subprodutos e a redução de desperdícios no setor agroindustrial.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos. Compostos bioativos. Secagem.

ABSTRACT

The yellow passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) is a fruit of highly nutritious and rich, rich in minerals and bioactive compounds. However, its industrial processing generates a significant amount of waste, mainly peels, and seeds, which can account for up to 70% of the total fruit weight. These by-products have great potential for reuse, with dehydration being an effective method to reduce moisture content, extend chemical and microbiological stability, and enable their incorporation into food and nutraceutical formulations. Various drying techniques have been employed to preserve food and agro-industrial by-products. Convective oven drying stands out, among conventional methods while alternative approaches, such as cast-tape drying, are being investigated to optimize the retention of bioactive compounds. In this context, this study aimed to evaluate the drying efficiency of passion fruit residues using three different processes: convective oven drying, cast-tape drying, and freeze-drying. The study also sought to characterize fresh and dehydrated samples for each method and compare the results with commercial passion fruit peel flour. The drying experiments using cast-tape drying and convective oven drying with air circulation were conducted at 65, 75, and 85 °C, with residue thicknesses of 2, 3, and 4 mm. The initial moisture content of the fresh residues was, on average, 70.11% (wet basis). To reach a final moisture content of 10%, the drying times in cast-tape drying were shorter than those in convective drying under the same experimental conditions, indicating higher process efficiency in moisture removal. The analysis of bioactive compounds revealed that all drying methods could preserve these constituents, with certain conditions yielding higher levels than those found in the commercial passion fruit peel flour. The results of this study demonstrate that cast-tape drying represents a promising alternative for the reutilization of by-products from the industrial processing of passion fruit pulp, contributing to the valorization of these residues and the reduction of waste in the agro-industrial sector.

Keywords: Use of waste. Bioactive compounds. Drying.

1 INTRODUÇÃO

O maracujá é um fruto produzido e bastante apreciado no Brasil, em geral, devido ao seu aroma e sabor característicos, além das suas propriedades nutricionais. O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) também conhecido como maracujá azedo ou ácido, é rico em minerais como sódio, magnésio, enxofre, cloro, cálcio e fósforo, e vitaminas, principalmente A e C (OSSOKO et al., 2020).

Os atributos sensoriais do maracujá, em destaque sabor e aroma distintos, permitem sua utilização para muitos fins, tanto alimentícios como farmacêuticos e aplicações diversas como em produtos de aromatização. Na área alimentícia, uma importante aplicação dessa fruta é a produção de sucos e polpas congeladas, contudo o maracujá é ingrediente de muitos produtos como bolos, sorvetes, geleias, iogurtes, chás, vinhos, vinagre, produtos gelatinosos, dentre outros (HE et al., 2020).

Na produção de sucos de frutas é utilizado entre 6 e 12% do peso total dos frutos, dependendo de seu tipo, sendo que as cascas podem representar até 52% do peso total (SURLEHAN et al., 2019). A produção de sucos, em especial de maracujá, pode gerar como resíduos a casca, a semente e muitas vezes um residual de polpa. As sementes do maracujá contêm óleos, que podem ser utilizados nas indústrias alimentícias, cosmética e farmacêutica (MARCILLO-PARRA et al., 2021).

A casca do maracujá é composta por flavedo e albedo, que são as partes amarela e branca da fruta, respectivamente. Uma das aplicações desse resíduo é para a produção de farinha de albedo, podendo ser utilizado para substituir parcialmente a farinha de trigo para elaboração de massas. O albedo é rico em fibras, proteínas, minerais, cálcio, pectina e niacina, além de possuir propriedades gelificantes úteis para a indústria alimentícia. A casca também possui muitos fitoquímicos diferentes como alcaloides, flavonoides, esteroides, triterpenóides, saponinas, taninos, glicosídeos e fenólicos (OLIVEIRA et al., 2019). De acordo com Molina - Hernández; Martínez-Correa; Andrade-Mahecha (2019) os resíduos de maracujá são fontes de fibra alimentar e polifenóis.

Mas, apesar do reconhecido potencial nutricional dos resíduos de maracujá, sua utilização ainda é tímida e, muitas vezes, utiliza processos sem controle, o que pode prejudicar suas propriedades nutricionais. Além disso, a literatura sobre secagem de resíduos de maracujá também é escassa.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é caracterizar o subproduto gerado no processo produtivo de polpa de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) antes e após ser submetido à operação de secagem e avaliar as características físico-químicas do produto seco.

Em relação aos objetivos específicos da investigação, pretende-se:

- Caracterizar físico-quimicamente os subproduto de maracujá.
- Realizar a secagem pelos métodos de estufa convectiva com circulação forçada de ar, *cast-tape drying* e liofilização.
- Investigar o efeito das variáveis de processo (como temperatura de secagem, espessura da camada espalhada e método de secagem), nas características do material seco obtido.
- Caracterizar o produto seco em relação ao produto *in natura* e comparar com um produto comercial à base de farinha de casca de maracujá (quando possível) quanto à: umidade, atividade de água, higroscopicidade, cor, ácido ascórbico, ácido cítrico, propriedades bioativas (fenólicos, flavonoides), densidade bulk, e tempo de molhamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fruticultura no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e Índia. No entanto, é apenas o 24º exportador no ranking mundial, indicando potencial de gerar valor econômico. A fruticultura no Brasil encontra-se em expansão, possuindo uma extensa diversidade nas regiões do país e diferentes climas que favorecem a comercialização e industrialização das frutas (RODRIGUES, 2021).

A produção frutícola brasileira em 2021 ultrapassou 41,3 milhões de toneladas no ano, ocupando em média, naquele mesmo período, 2,6 milhões de hectares – ou seja, apenas 0,3% do território nacional esteve ocupado pela fruticultura, diante dos 7,8% ocupados por lavouras. (FONSECA, 2022).

No ano de 2023 foram exportados mais de U\$ 1, 35 bilhão de toneladas de frutas, o maior da série histórica, com um acréscimo de cerca de 26,73% em relação ao ano de 2022. O volume exportado também aumentando, chegando a cerca de 1,06 milhão de toneladas, um crescimento de 6%. Os principais destinos das exportações brasileiras de frutas frescas foram: Estados Unidos, União Europeia, China, Japão, Emirados Árabes Unidos (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2024)

O Brasil é o primeiro produtor mundial de maracujá, com 697.859 toneladas produzidas em 2022, em um total de área colhida de 45.602 ha respondendo por 70% da produção mundial total, o que confere ao Brasil o status de maior produtor e consumidor mundial de maracujá (IBGE, 2022). Na Figura 1 observa-se a evolução da área colhida de maracujá no Brasil, ao longo de uma série histórica de 32 anos.

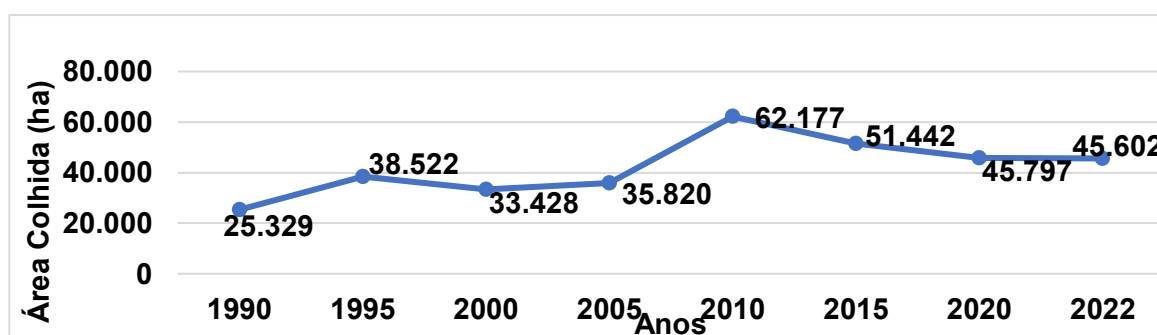


Figura 1- Desempenho da cultura do maracujá no Brasil, no período 1990/2022.
Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal (2022).

Conforme pode ser observado na Figura 1, houve um acréscimo significativo do desempenho da cultura do maracujá no Brasil. Em 1990 foram colhidos cerca de 25.329 hectares, que se ampliou para 38.522 hectares em 1995, chegou a 62.177 hectares em 2010 e depois de 10 anos a área colhida reduziu para 45.602 hectares. Tendo em vista os importantes problemas fitossanitários que afetam a cultura, com por exemplo o vírus do endurecimento dos frutos, que chega a rescindir completamente a produção de um pomar, bem como a manutenção da média de produtividade não deixa de ser um avanço.

O maior estado produtor de Maracujá no Brasil é a Bahia, que representa cerca de 32,7% de toda a produção do país com 227,867 toneladas de frutos em uma área de 18.574 ha, em seguida estão os estados do Ceará, Santa Catarina, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Minas Gerais e São Paulo. Estes estados representam 81% da produção nacional (IBGE, 2022), conforme pode ser observado pelo destaque na Figura 2.

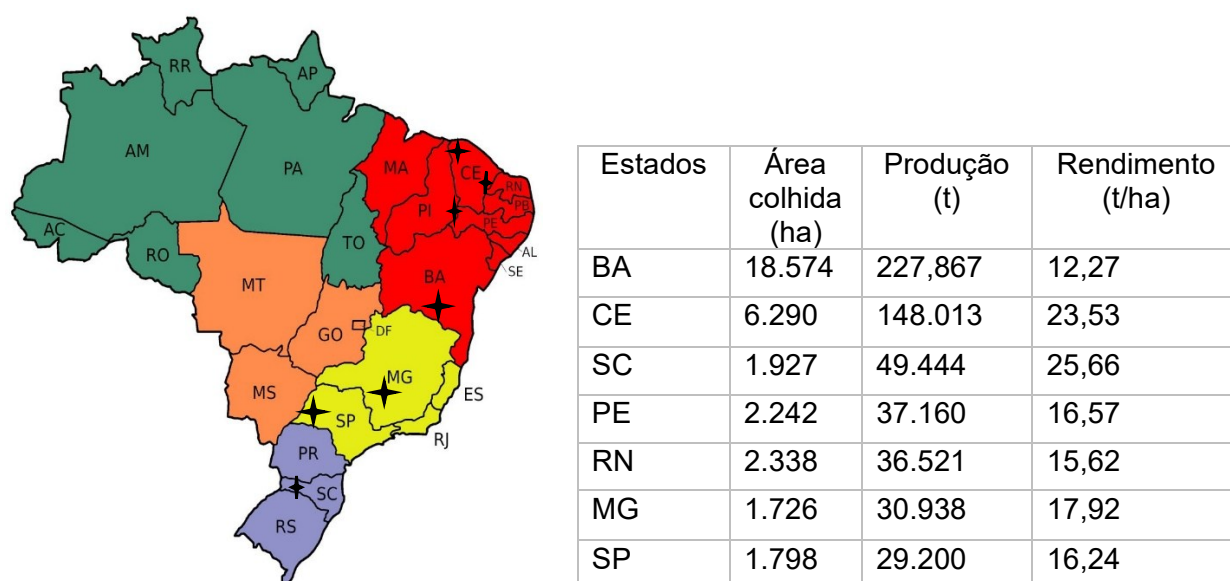


Figura 2 - Principais Estados Produtores de Maracujá no Brasil em 2022.
Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal (2022).

2.2 Maracujá

O nome maracujá é de origem tupi-guarani e significa “alimento que se toma de sorvo” ou “alimento em forma de cuia”. As primeiras referências às plantas do gênero *Passiflora* foram realizadas no século XVI, abrangendo sua citação na obra Tratado Descritivo do Brasil, de 1587, na qual o português Gabriel Soares de Sousa

fez referência ao maracujá, como uma planta exótica com múltiplas potencialidades alimentares, ornamentais e medicinais (FALEIRO et al., 2019).

O maracujá é um nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora*, (família *Passifloraceae*) é composto por mais de 500 espécies distribuídas na América do Sul, mas é amplamente cultivado em áreas subtropicais e tropicais em todo o mundo. Estima-se que são encontrados aproximadamente 19 gêneros, no entanto, no Brasil ocorrem quatro gêneros e cerca de 130 espécies (HE et al., 2020).

As principais espécies desse gênero são *Passiflora edulis* Sims (maracujá roxo), *Passiflora ligularis* Juss. (granadilla), *Passiflora edulis* Sims. fo *edulis* (gulupa), *Passiflora alata* Curtis (maracujá-doce), *Passiflora mollissima* (Kunth) Spreng (maracujá-banana) e a *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degenerer (CORRÊA et al., 2016).

No Brasil, a espécie de maracujazeiro mais cultivada é a *Passiflora edulis* Sims que tem como nome popular maracujá-amarelo ou maracujá-azedo, seguida pela *Passiflora alata* Curtis, conhecida pelo nome de maracujá-doce. As espécies *P. setacea* DC. (maracujá-do-sono ou maracujá-sururuca) e *P. cincinnata* Mast. (maracujá-do-mato ou maracujá-da-caatinga) também são cultivadas comercialmente. Estima-se que a espécie *P. edulis* (Figura 3) ocupe mais de 90% da área cultivada com maracujá no mundo e que a produção de *P. edulis* no Brasil corresponda a 80% da produção mundial (FALEIRO et al., 2019).



Figura 3 - *Passiflora edulis* Sims.
Fonte: Faleiro et al. (2019).

A espécie *Passiflora edulis* Sims é muito utilizada pela indústria alimentícia para produção de sucos e polpas, gerando grandes quantidades de subprodutos, como a casca e o bagaço composto por sementes cobertas pelo arilo (mucilagem). As cascas constituídas pelo epicarpo (pigmentado) e mesocarpo

(albedo branco) podem representar até 50% do peso da fruta. As partes do maracujá estão ilustradas na Figura 4.

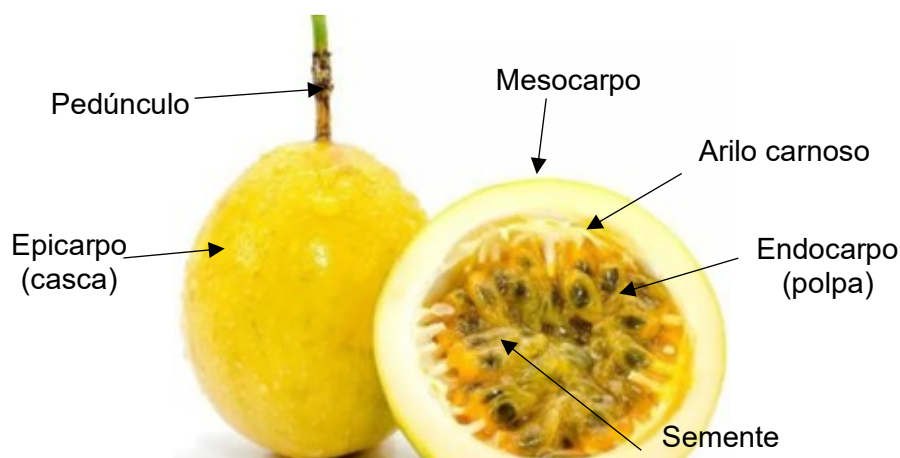


Figura 4 – Morfologia do maracujá *Passiflora edulis* Sims.
Fonte: Autora (2023).

O maracujá-amarelo (*P. edulis*) também tem suas diversas partes amplamente utilizadas para a preparação de produtos medicinais “caseiros” na terapia de diversas doenças, desde infecções e dores até como agente hipoglicemiante para o tratamento da Diabetes (NASCIMENTO et al., 2020). Seu cultivo está, basicamente, voltado para a indústria de sucos e polpas, em especial devido ao seu sabor mais ácido e maior rendimento.

2.3 Aproveitamento dos resíduos de maracujá (*Passiflora edulis* Sims)

A comercialização dos maracujás é, principalmente, para a produção de sucos, sendo que a casca é geralmente descartada, devido de falta de informações em relação da quantidade de nutrientes que estão presentes nestes substratos bem como de seu valor como matéria-prima em outros processos. (TLAIS et al., 2020).

Dos Santos et al. (2021) ressalta que a casca do maracujá contém alta proporção de flavonoides e fenóis, e o albedo da casca (mesocarpo) foi identificado como prebiótico, com fibras dietéticas, principalmente pectina, indigeríveis, que são fermentados pela microbiota intestinal, aprimorando a saúde.

A semente de maracujá é conhecida por possuir óleo com um bom potencial nutricional e econômico, de cor amarelada, além de sabor e odor suaves e agradáveis. O óleo de maracujá pode ser obtido a partir das sementes e resíduos do

processamento do maracujá, por processo tecnológico que envolve as etapas de limpeza secagem, extração e caracterização (ANTONIASSI et al., 2022).

A utilização de farinha de casca de maracujá é uma ótima estratégia de aproveitamento dos resíduos da fruta, que pode ser empregada, como complemento nutricional em receitas como bolos, pães, sorvetes, etc., o que permite o acréscimo das propriedades tecnológicas e funcionais do alimento, além do aproveitamento destas partes que seriam descartados (DAMIANI; BECKER, 2020).

Alguns dos produtos que podem ser fabricados com os resíduos do maracujá estão representados na Figura 5.

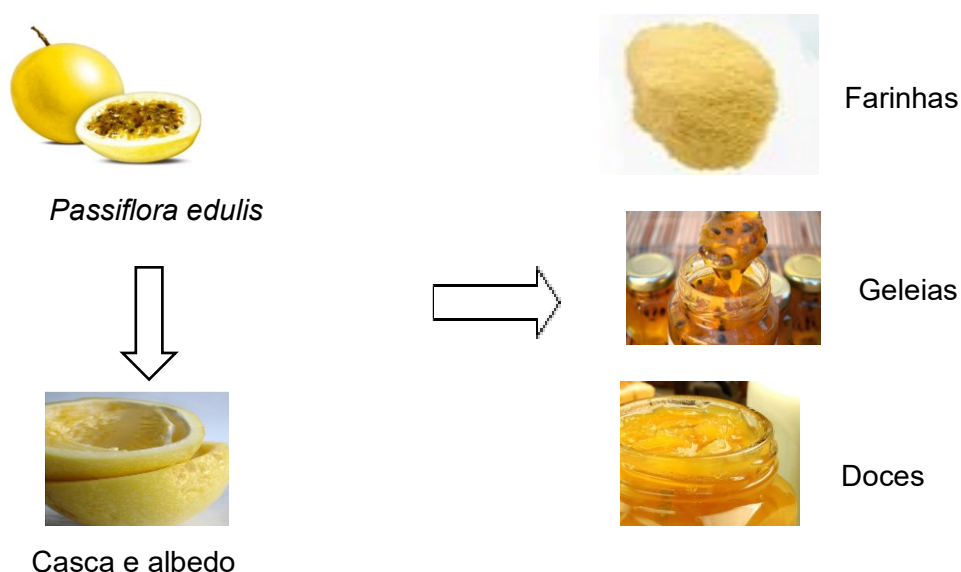


Figura 5 - Representação da utilização dos resíduos do maracujá (*Passiflora edulis*).
Fonte: Autora (2023).

Nesse sentido estudos têm demonstrado o potencial da casca do maracujá, visando o aproveitamento de resíduos agroalimentares para o preparo de diversos produtos de interesse biotecnológico, como bolos enriquecidos (Miranda, Caixeta, Flávio e Pinho, 2013; Ozores; Storck; Fogaça, 2015; Oliveira et al., 2016; Reis et al., 2018), massas frescas (Fogagnoli; Seravalli, 2014; Ribeiro et al., (2018), pão de mel (Conti-Silva e Roncari, 2015); biscoitos dietéticos enriquecidos (Santiago et al., 2016; Garcia, Milani e Ries 2019; Ning et al., 2020; Weng et al., 2021; Sampaio et al., 2022; Teles et al., 2023); biscoitos recheados (Andrade et al., 2018); barra de cereal (Bordim etl al., 2018); iogurte (Toledo et al., 2018); biscoitos tipo mignon (Lima et al., 2022). Além disso, sua aplicação também demonstrou apresentar atividade antibacteriana e antioxidante em produtos cárneos conservados (RAMLI et al., 2020). A semente de maracujá possui alto valor agregado, podendo ser empregada

para a fabricação de sabonetes, tintas, vernizes, e após refinação ou hidrogenação, e para fins comestíveis (Antoniassi et al., 2022). Já a pectina pode ser usada para a formação de bioplásticos biodegradáveis (Florentino et al., 2022). Na Tabela 1 estão apresentados alguns estudos realizados com subprodutos de maracujá, a quantidade de farinha testadas e os resultados obtidos.

Tabela 1 - Estudos realizados com subprodutos de maracujá.

PRODUTOS	SUBPRODUTOS	QUANTIDADE DE FARINHA TESTADA (%)	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Bolos	Farinha de casca de maracujá amarelo	6,66%, 8,88% e 12,22%	Os produtos apresentaram textura mais firme, alto teor de fibra, redução de carboidratos e proteínas. Na formulação de 12,22% foi obtido a maior quantidade de fibras, menores teores de proteínas e carboidratos.	Miranda, Caixeta, Flávio e Pinho (2013)
Massa alimentícia fresca	Farinha de casca de maracujá	Formulação ideal para a massa: 0,4% de emulsificante e 5% da farinha	A composição centesimal da massa fresca foi de: umidade 31,13%, 1,34% de gordura; 9,25% de proteína; 0,61% de cinzas; 0,0598% de sódio; 52,45% de carboidratos; e 5,22% de fibras. Os autores destacaram que a massa foi considerada uma fonte de fibra e que foi bem aceita sensorialmente.	Fogagnoli; Seravalli, (2014)
Pão de mel	Farinha de casca de maracujá	0, 10, 20, 30, 40 e 50%	Formulação de 20% cinzas (1,2g/100g para 4,0 g/100g), fibras (1,1g/100g para 4,0 g/100g), lipídios (1,7g/100g para 3,0 g/100g) e umidade (21,9 g/100g para 26,0 g/100g).	Conti-Silva e Roncari (2015)
Biscoito recheado	Farinha de casca de maracujá	5, 7,5 e 10	Alto teor de fibra (0,34 g/100g para 1,16 g/100g), proteína (5,09 g/100g para 6,11 g/100g), cinzas (1,94g/100g para 2,14 g/100g) e lipídios (0,34 g/100g para 1,16 g/100g)	Andrade et al., (2018)
Barras de cereais	Farinha de subprodutos do albedo de maracujá e resíduo da carambola suco	3, 6 e 9	De acordo com a análise dos dados de caracterização das farinhas, tanto o resíduo de carambola, quanto o albedo pode ser considerados como fonte alternativas de nutrientes, que vão desde a suplementação energética à sua inserção em produtos derivados devido a suas características tecnológicas. A barra de cereal elabora a partir das farinhas apresentou: Umidade (7,44 a 8,45%), cinzas de (7,36 a 8,83%) proteínas (6,65% a 12,85%), lipídeos (0,70 a 0,94%) atividade de água de (0,41 a 0,46) e carboidratos (69,23 a 77,13).	Bordim et al., (2018)
Produtos cárneos	Extrato em pó da casca de maracujá	30 g de carne e 6% de extrato de casca de maracujá	O valor de pH da carne marinada com extrato de amostra indicou que a carne é segura e não requer consumo imediato após 9 dias. O extrato das cascas de <i>P. edulis</i> mostrou a eficácia na atividade antibacteriana desde a formação da zona de inibição na placa que contém bactérias de origem alimentar que são <i>S. aureus</i> , <i>S. serratia</i> , <i>E. coli</i> . Em conclusão, o extrato de cascas de <i>P. edulis</i> pode ser considerado um antioxidante natural e antibacteriano na carne, bem como conservante de alimentos para carne congelada.	Ramli et al., (2020)

Fonte: Autora (2024).

2.4 Composição centesimal e compostos bioativos do maracujá

O maracujá é uma fruta climatérica muito consumida por seus atrativos nutricionais e sensoriais. Na Tabela 2 estão apresentados os valores da composição centesimal do maracujá cru e da polpa.

Tabela 2. Composição do maracujá cru (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) e da polpa de maracujá congelada por 100 g de parte comestível: centesimal, minerais, vitaminas e colesterol.

	Maracujá cru	Maracujá polpa congelada
Umidade (%)	82,9	88,9
Energia (kcal)	68	39
KJ	286	162
Proteína (g)	2,0	0,8
Lipídeos (g)	2,1	0,2
Colesterol (mg)	NA	NA
Carboidrato (g)	12,3	9,6
Fibra alimentar (g)	1,1	0,5
Cinzas (g)	0,8	0,5
Cálcio (mg)	5	5
Magnésio (mg)	28	10

NA: não aplicável; Fonte: (TACO, 2011)

Conforme pode ser observado na Tabela 2, tanto a polpa quanto o maracujá cru são alimentos nutritivos. Segundo estudos de Pereira *et al.* (2023), a composição centesimal, o conteúdo mineral em polpa de *Passiflora spp*, os valores diários recomendados (DV) e teor diário recomendado em 100 g de polpa podem apresentar pequenas variações a depender da espécie de maracujá e das formas de cultivo. Em se tratando de compostos bioativos é também uma fonte de vitamina C, compostos fenólicos como ácidos fenólicos, flavonoides e carotenoides, além de possuir capacidade antioxidante. O maracujá também é rico em alguns minerais essenciais, como potássio, fósforo, magnésio, cálcio e ferro.

2.4.1.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários derivados do metabolismo do chiquimato e dos poliacetatos, produzidos em plantas e que caracterizam-se por possuir pelo menos um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxila (Figura 6) e que podem ser divididos, de acordo com sua estrutura química, em flavonoides (incluindo flavonas, flavanóis, flavanonas,

isoflavonas e antocianinas), ácidos fenólicos (incluindo derivados do ácido hidroxibenzoico e hidroxicinâmico), taninos, estilbenos, cumarinas e lignanos. Possuem significativa responsabilidade nas propriedades de cor e sabor de alimentos vegetais e bebidas (SYTAR OKSANA, 2012; XIANG et al., 2019).

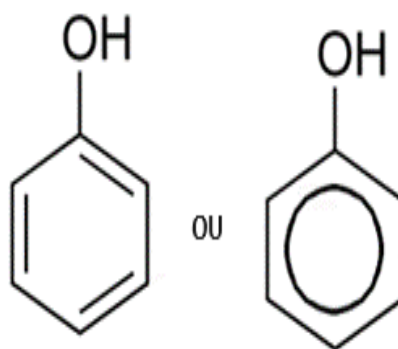


Figura 6- Estrutura química básica dos compostos fenólicos.
Fonte: Maestrovirtuale (2024).

A quantidade de compostos fenólicos no alimento pode variar conforme vários fatores, como fertilização, tipo de solo, temperatura, genótipo, maturação, luz e água. No entanto, no tocante a absorção, metabolismo e biodisponibilidade no organismo, também podem ocorrer variações dessas classes de polifenóis, devido às suas diferenças estruturais (CELEP; RASTMANESH; MAROTTA, 2013).

Os compostos bioativos provenientes de subprodutos de frutas encontram diversas aplicações nas diferentes áreas da indústria de processamento de alimentos. Podem ser considerados aditivos em produtos alimentares, promovendo assim a preservação e a melhoria da qualidade, bem como a prevenção da oxidação dos alimentos e do crescimento de microrganismos patogênicos (CHAOUCH; BENVENUTI, 2020).

O maracujá (*Passiflora* ssp.) é conhecido por suas características sensoriais e por apresentar diversos compostos bioativos (SANTOS, 2020). Medina et al. (2017) em estudo com polpa de maracujá *P. eduli* encontrou fenólicos como quercetina-3-glicosídeo, quercetina-3,7-dihexosídeo, luteolina-8-C-(2-ramnosil) -hexosídeo, ácido quercetina-3-(6-acetil) glucosil-2-sinápico, quercetina-7-glicosídeo e kaempferol-3-glicosídeo.

Da Silva et al., (2014) avaliaram o teor de fenólicos totais em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims). Eles encontraram 765,09 mg de equivalente de ácido gálico

(GAE) /100 g (base seca) na polpa e 451,06 mg de equivalente de ácido gálico/100 g de casca (base seca).

2.4.1.2 Flavonoides

Os flavonoides compõem a maior classe de fenólicos que estão disponíveis nas plantas, e conferem pigmentação, sabor e atividades bioativas. Os flavonoides possuem em sua estrutura química um esqueleto básico com 15 carbonos, organizados em dois anéis aromáticos ligados a um anel pirano heterocíclico. São conhecidos aproximadamente 4.200 flavonoides, sendo divididos em seis grupos principais: isoflavonas, flavanonas, flavanóis, flavonóis, flavonas e antocianidinas (Figura 7) (KOPUSTINSKIENE et al., 2020).

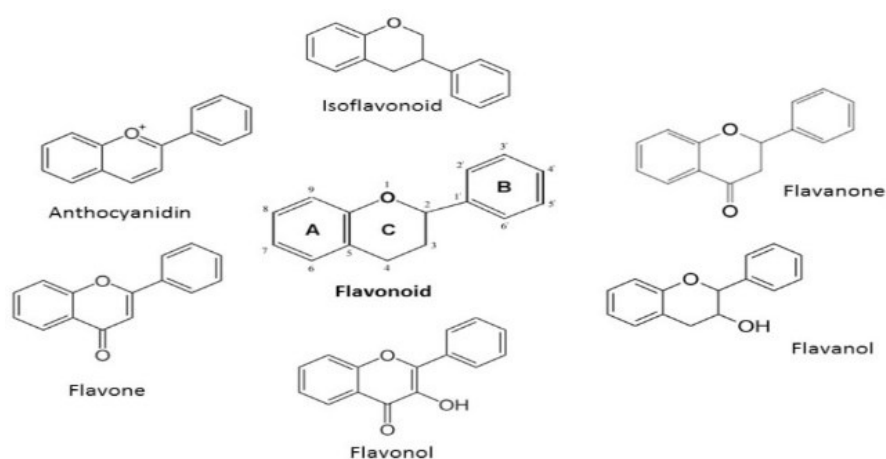


Figura 7 - Principais estruturas químicas dos flavonoides.
Fonte: Kopustinskiene et al., (2020).

A catequina é o principal flavonóide encontrado em *P. edulis* e esta espécie contém mais deste biocomposto do que outras espécies de *Passiflora* (BARBOSA SANTOS et al., 2021).

Os flavonoides da classe das flavonas foram identificados no maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims), entre eles a apigenina, diosmetina e luteolina. Característicos das espécies de *Passifloras*, as flavonas ocorrem geralmente na forma de C - glicosidas ligadas principalmente à hexoses e pentoses (SANTOS, 2020).

Septembre-Malaterre et al. (2016) encontraram 70,1 mg equivalente de quercetina /100 g na polpa de maracujá. Dos Reis et al. (2018) em estudo com potencial antioxidante e caracterização físico-química de maracujás amarelo, roxo e laranja encontraram valores de flavonoides para cascas de 760,21 mg /100 g de peso

seco (amarelo), 800,13 mg /100 g (laranja) e para a polpa de 506,45 mg /100 g (amarelo), 229,79 mg /100 g (roxo), e 16,28 /100 g equivalente a quercetina/100 g de peso seco (laranja).

2.4.1.3 Ácido Cítrico

O ácido cítrico anidro ou citrato de hidrogênio, cujo nome oficial é ácido 2-hidroxi-1,2,3- propanotricarboxílico, é um hidroxiácido tricarboxílico, por possuir um grupo funcional OH e três grupos funcionais COOH (Figura 8).

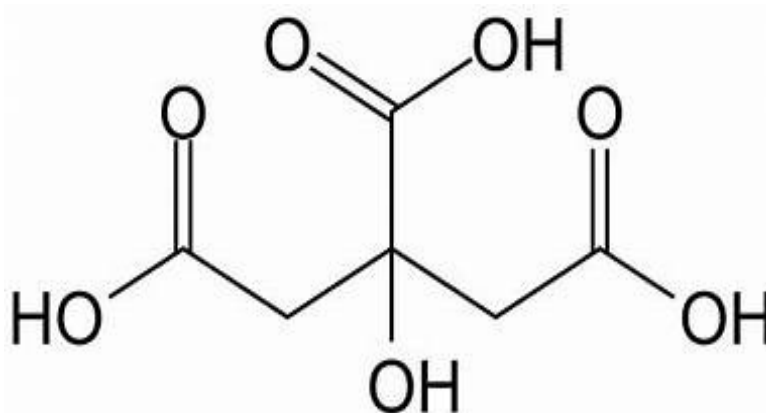


Figura 8 - Estrutura química do ácido cítrico
Fonte: Istockphoto (2022).

É um ácido orgânico fraco encontrado de forma abundante na natureza, presente na maioria das frutas, sobretudo em cítricos como o limão, laranja e tangerina, mas também está presente em menores concentrações em frutas como o maracujá.

Esse ácido tem sido amplamente utilizado na indústria alimentícia como acidulante na fabricação de refrigerantes, como auxiliar na fixação de geleias e de outras formas na indústria de confeitaria por apresentar sabor ácido agradável, baixa toxicidade e alta solubilidade, auxilia na retenção da carbonatação, potencializa os conservantes, confere sabor "frutal" característico, prolonga a estabilidade da vitamina C, realça aromas e tampona o meio. Esse ácido também tem sido utilizado como agente complexante no tratamento de metais pesados e como estabilizante de óleos e gorduras para reduzir a sua oxidação catalisada por estes metais, utilizado como monômero para polímeros funcionais e/ou biodegradáveis e como amaciante de água em detergentes, devido às suas propriedades de ácido orgânico, quelantes e tamponantes (K. KIRIMURA, Y. HONDA, 2011).

A Instrução Normativa nº 37 de 01 de outubro de 2018 do Ministério da Agricultura Abastecimento e Pecuária do Brasil, estabelece parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas, que determina que a polpa de maracujá contenha no mínimo 2,5 g/100 g de ácido cítrico (BRASIL, 2018).

Silva (2015) encontrou em seu estudo um teor de ácido cítrico de $2701,35 \pm 89,13$ mg ácido cítrico / 100 g em resíduo de maracujá *in natura*, e após processo de desidratação do resíduo de maracujá por ar quente obteve valores entre 1400 e 1600 mg ácido cítrico / 100 g amostra seca.

2.4.1.4 Ácido ascórbico (Vitamina C)

A vitamina C (ácido ascórbico) é a mais conhecida dentre as vitaminas. Trata-se de uma substância orgânica de baixo peso molecular, que atua em reduzidas doses, sem qualquer valor energético inerente (SANTOS et al., 2019). O ácido ascórbico, é um importante antioxidante amplamente encontrado nas plantas, e está intimamente relacionado à saúde humana (ZHENG et al., 2022).

Os seres humanos dependem da ingestão desta vitamina em uma dieta alimentar, suplementos alimentares ou medicamentos para a manutenção de seus níveis, já que o organismo não possui capacidade de biossíntese. Ela é classificada quanto a sua solubilidade como hidrossolúvel, e por esse motivo não é armazenada no corpo, sendo eliminada de forma direta pelas vias de excreção, ou seja, não é absorvida pelo organismo (SANTOS et al., 2019).

A falta de ácido ascórbico pode levar a uma doença nutricional aguda ou crônica causada pela carência de vitamina C no organismo chamada escorbuto (MACKNIGHT et al., 2017). Além disso, o ácido ascórbico também desempenha um papel importante na defesa contra doenças cardiovasculares, catarata, câncer, envelhecimento e outras doenças (LYKKESFELDT; TVEDEN-NYBORG, 2019; SMIRNOFF, 2018).

As principais fontes de ácido ascórbico são as frutas e hortaliças, particularmente as frutas cítricas e os vegetais folhosos (PHILLIPS et al., 2010). Contudo, o ácido ascórbico é considerado a vitamina mais sujeita à degradação por exposição ao calor, além de sofrer alterações aceleradas pela presença de oxigênio e pelo pH do meio, entre outras condições. Assim, o ácido ascórbico está sujeito a perdas significativas ao longo do armazenamento ou do processamento, sendo oxidado (química ou enzimaticamente). Sabe-se que diversos fatores afetam a

estabilidade do ácido ascórbico durante o armazenamento, incluindo o pH do meio, a presença de oxigênio e de íons metálicos, e a temperatura (SPÍNOLA et al., 2013).

A Instrução Normativa nº 37 de 01 de outubro de 2018 do Ministério da Agricultura Abastecimento e Pecuária do Brasil, estabelece parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas, porém não estabelece parâmetros para ácido ascórbico em maracujá (BRASIL, 2018).

Barbosa Santos et al. (2021), em estudo com compostos fitoquímicos e atividade antioxidante da polpa de maracujá *Passiflora Cincinnata* Mast. e *Passiflora edulis* Sims valores ácido ascórbico de 264,2 mg·kg⁻¹ para a polpa de *P. edulis* e 176,1 mg·kg⁻¹ para *P. cincinnata*, enquanto os resultados das atividades antioxidantes da polpa fresca de maracujá medida com ABTS e DPPH, onde os valores polpa de *P. edulis* para ABTS foi de foram de 1,47 e para DPPH• 1,43 mmol TE kg⁻¹, a polpa de *P. cincinnata* apresentou valores médios de 1,25 e 1,07 mmol TE kg⁻¹ para ABTS e DPPH•, respectivamente. Já com o método FRAP, a polpa de *P. edulis* e *P. cincinnata* apresentou valores médios de 5,92 e 4,50, respectivamente.

2.5 SECAGEM

A secagem é um dos métodos mais antigos para conservação de alimentos, em que é retirada e reduzida a água do alimento, na maioria dos casos com aplicação do calor em condições controladas, assim reduzindo a intensidade do crescimento microbiano e da atividade enzimática (WAGHMARE, 2021). Além disso, de forma geral, a secagem aumenta a vida útil do produto, proporciona disponibilidade do alimento mesmo fora de época, reduz os custos com embalagem, armazenamento, manuseio e transporte.

Durante o procedimento de secagem, podem ocorrer alterações nas propriedades físicas e sensoriais dos alimentos, como aroma, sabor, cor e textura, uma vez que muitos dos compostos presente na matriz alimentícia são sensíveis a altas temperaturas (MARCHESE; FIGUEIRA, 2005).

Atualmente, as pesquisas nessa área investigam principalmente os métodos de secagem por atomização (*spray drying*), liofilização, *refractance window* (RW), desidratação osmótica, secagem em cilindro rotativo (*drum drying*), e leito de espuma (*foam mat drying*).

2.5.1 Cinética de secagem

Em estudos que utilizam secagem convectiva é muito comum que os autores determinem a cinética de secagem, que permite analisar a perda de umidade do produto em função do tempo, e esse comportamento é representado pela curva de secagem. Por meio do tratamento dos dados é possível também determinar a taxa de secagem do processo e para muitos produtos é possível também definir claramente os períodos de secagem.

A taxa de secagem pode ser definida pela quantidade de umidade que foi removida em unidade de tempo, ou seja, matematicamente é a derivada do teor de umidade total (X) pelo tempo (t) de secagem (AHMED, 2011). Conhecendo a área e a taxa de secagem é possível também determinar o fluxo de secagem. Na Figura 9 estão apresentadas três curvas relacionadas ao processo de secagem, sendo elas a evolução da umidade com o tempo, a cinética de secagem e a evolução da temperatura do produto em função do tempo.

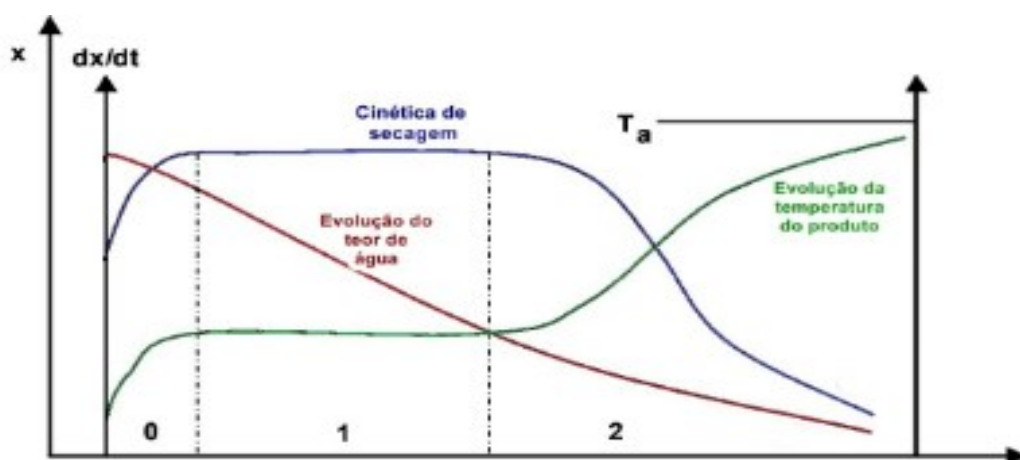


Figura 9 – Representação das curvas características de cinética de secagem de um produto.
Fonte: Adaptado Marches e Figueira (2005).

Na Figura 9, o intervalo 0 representa o período inicial da secagem, em que a temperatura do sólido é geralmente mais baixa que a do meio de secagem, ocorrendo um ajuste da temperatura da amostra ao meio, e a taxa de secagem aumenta até entrar no segundo estágio da secagem, o qual é representado pelo intervalo 1, período de taxa constante (FOUST, 1982; MARTINS et al., 2020).

Neste período de taxa constante, as temperaturas da superfície e do interior do sólido úmido tendem a ser iguais à temperatura de secagem. Neste período toda a superfície exposta do sólido está saturada de água. Assim a secagem ocorre como se o sistema fosse água pura evaporando. Este estado ocorre até que a umidade no interior do sólido se reduza, diminuindo a difusão da água para a superfície do sólido (MARCHESE; FIGUEIRA, 2005; MARTINS et al., 2020; PARK et al., 2007).

Uma vez que as forças de resistência à transferência de massa e a migração da água no interior do sólido começam a ser maiores do que a vaporização da água presente na superfície do sólido, ocorre um decréscimo na taxa de secagem e um aumento na temperatura da superfície do material, correspondente ao período 2, da Figura 9. A quantidade de umidade retirada neste período é menor que no período a taxa constante, necessitando de maiores tempos de secagem para a mesma massa de água ser removida e aumentando a temperatura da superfície do sólido. Com o decorrer do processo, a taxa de secagem aproxima-se de zero, quando se alcança a umidade de equilíbrio, que é a menor umidade atingível no processo de secagem com o sólido nas condições a que está submetido (MARTINS et al., 2020).

2.5.2 Secagem em estufa de circulação de ar

A secagem com circulação forçada de ar pode ser realizada em diferentes tipos de configuração de equipamentos, como túneis de secagem, secadores em correia transportadora, secadores de bandeja, sendo que em escala laboratorial é muito comum que se utilize a estufa. É um dos equipamentos de secagem, em suas diferentes configurações, amplamente utilizados pela indústria.

Na literatura encontraram alguns estudos sobre a secagem de polpa de maracujá e seus subprodutos por esses métodos. Silva (2015) avaliou a secagem de polpa de maracujá pelo método camada em espuma (*foam mat*) obtida a partir da polpa de maracujá com diferentes formulações de espumas, preparadas a partir da polpa de maracujá, com diferentes concentrações de adjuvantes (albumina, pectina, soro de leite em pó, clara de ovo, emustab® e/ou liga neutra), as quais variaram de 1% a 5%, em estufa com circulação forçada de ar, avaliando a qualidade da espuma e a capacidade de obtenção da polpa de maracujá no estado sólido particulado, nas condições de temperaturas de 60°C, 70°C e 80°C. De acordo com os resultados obtidos, a polpa de maracujá em pó apresentou características adequadas ao

processo com elevada solubilidade e curto tempo de reconstituição, e observou-se que dentre as 5 formulações, o tempo de secagem variou entre os tratamentos, sendo menor na formulação (F5) com concentrações de adjuvantes (albumina em pó 5 %) e maior na formulação (F1) com concentrações (emustalab® 1%, liga neutra 1% e pectina 1%). Os autores concluíram que é importante investigar diferentes aditivos alimentares pois eles podem contribuir para a redução do tempo de processo. pois atuam de forma efetiva na formação e estabilidade mecânica das espumas.

Machado (2017) estudou a avaliação físico-química da farinha da casca de maracujá amarelo produzida em secador convectivo tipo coluna, com circulação forçada de ar e controle de temperatura do ar de secagem a 70 °C. Para essa temperatura, o autor observou um tempo de aproximadamente 6,5 horas e que o esse processo foi adequado para a conservação do resíduo de maracujá, permitindo um melhor aproveitamento do fruto, agregando valor ao mesmo. A farinha pode ser incorporada na formulação de diversos produtos da indústria alimentícia.

2.5.3 Refractance Window ou *Cast-tape drying*

O método de secagem em *cast-tape drying* (CTD), também chamado na literatura por *Refractance Window* (RW), é um processo de secagem majoritariamente condutivo que consiste em espalhar ou acondicionar uniformemente o alimento a ser seco, geralmente líquido, pastoso ou semilíquido sobre um filme de poliéster, comercialmente conhecido por Mylar®, que é semitransparente à radiação infravermelha. A espessura do produto sobre o filme é controlada utilizando um *doctor blade*, normalmente, para auxiliar em um espalhamento contínuo, assim como pode ser utilizado um molde com espessura definida para processos em batelada. O filme de poliéster tem sua face inferior em contato com água aquecida ou vapor, a qual fornece a energia térmica necessária para a secagem (DURIGON, 2016; SIMÃO, 2018). Um esquema do equipamento contínuo pode ser observado a partir do esquema apresentado na Figura 10.

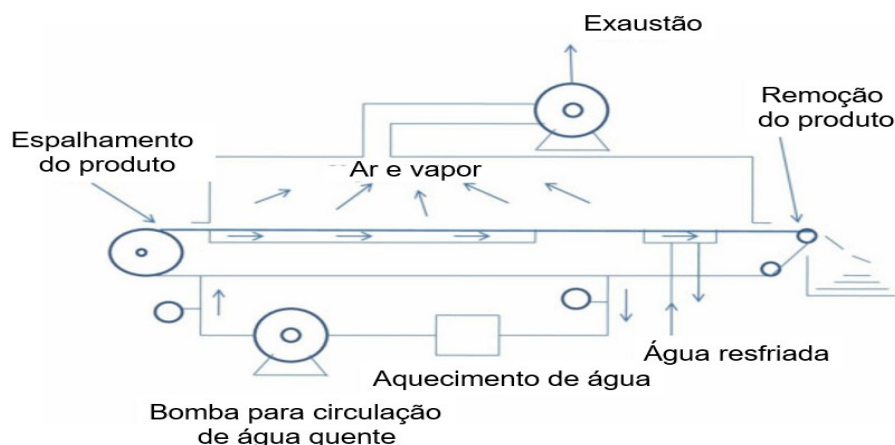


Figura 10 - Esquema do equipamento contínuo
Adaptado de Abonyi et al. (2002)

A principal característica desta tecnologia é a utilização de água quente como meio de transferência de calor a uma temperatura inferior ao seu ponto de ebulição (NINDO; TANG, 2007), mas também existem, estudos que pode ser utilizado vapor.

A taxa de secagem e o tempo de secagem do produto em *Refractance Window* são influenciados principalmente pela temperatura da água, temperatura inicial e espessura do produto, espessura do filme de poliéster e uso de exaustão no equipamento. Nesse método encontram-se os três mecanismos de transferência de calor: condução, convecção e radiação. Nos primeiros trabalhos publicados sobre o *refractance window* acreditava-se que majoritariamente a transferência de calor era por radiação. Entretanto, Zotarelli; Carciofi; Laurindo (2015) apontaram que a radiação colabora com menos de 5% do calor total transmitido para o método de secagem, sendo o método de condução do calor da água aquecida para o filme, o principal mecanismo de transferência de calor presente e, por isso esses pesquisadores sugeriram a nomenclatura de *cast-tape drying*, enquanto um outro grupo de pesquisadores observaram fatos semelhantes e nomearam o processo de *conductive-hydro drying*. Nesse trabalho será adotada a nomenclatura de *cast-tape drying* (CTD) para esse processo.

A secagem por meio do CTD vem sendo muito empregada, principalmente, para a secagem de polpas de frutas e hortaliças, bem como para a produção de alimentos em pó desidratados, grânulos ou filmes. Esse processo de desidratação permite a utilização de temperaturas relativamente baixas (quando comparadas a

outros métodos, como secagem por atomização), e tempos de secagem relativamente curtos (em alguns casos, alguns minutos), a depender da espessura do produto e da temperatura da água utilizada. Essas condições possibilitam a secagem de alimentos com componentes termossensíveis (SOUZA et al., 2015; ZOTARELLI et al., 2017).

O uso do CTD não se restringe apenas no segmento de alimentos, pois as indústrias cosmética, farmacêutica, nutracêutica e de manipulação de pigmentos também podem utilizar esse processo (RAGHAVI, 2018).

Como exemplos de aplicações, na literatura encontram-se diversos estudos desse processo de secagem, com a designação de *refractance window drying*, como para manga (Zotarelli et al., 2017); tomate (Durigon, 2016); romã (Baeghbali; Niakousari; Farahnaky, 2016); polpa de goiaba (Cichella Frabetti et al., 2021), morango (Cichella Frabetti et al., 2021); hortelã (Silva, 2021); e maracujá (ASIIMWE et al., 2022).

No trabalho de Asiiimwe et al. (2022) foi avaliado o efeito da temperatura e do tempo de secagem por *refractance window* sobre os nutrientes e a atividade antioxidante de purê de polpa maracujá, e verificou – se que o binômio tempo-temperatura adequado para a secagem da polpa de maracujá foi de 82,5°C e 60 min. Nessa condição, foram observados valores de retenção de ácido ascórbico, β -caroteno, atividade antioxidante total e conteúdo fenólico total de 90,2, 75,9, 89,7, 88,3%, respectivamente. Esse trabalho demonstra o potencial da aplicação desse processo de secagem para o maracujá.

Na literatura não foram encontrados estudos que utilizaram o *refractance window*, ou CTD, para a secagem da casca e demais resíduos de maracujá.

2.5.4 Liofilização

O princípio básico da liofilização consiste na mudança da água em três estados diferentes: líquido, sólido e gasoso (vapor). Na Figura 11 está mostrado um gráfico da relação entre temperatura, pressão e mudança de fase aquosa; a curva é o processo de transformação mútua dos estados sólido, líquido e gasoso. A temperatura no ponto de equilíbrio trifásico é 0,0098 °C e a pressão é 0,612 kPa, onde coexistem as três fases da água (líquido, gelo e vapor). O ponto C é o ponto crítico para a água (374 °C, 22.060 kPa), o congelamento da água ocorre quando a temperatura cai abaixo de 0,01 °C e a água sublima diretamente quando a pressão cai abaixo de 0,612 kPa. A liofilização baseia-se no princípio de que quando a temperatura é reduzida, a água

congela-se e à medida que a pressão do vapor de água diminui e o calor é fornecido, a sublimação é concluída, resultando num produto liofilizado (BHATTA; JANEZIC; RATTI, 2020; YAO; CHEN; FAN, 2023).

Como o processo acontece em temperaturas mais baixas, é especialmente adequado para uso com alimentos ricos em compostos bioativos, como é o caso das frutas (MARTÍNEZ-NAVARRETE et al., 2019). Além disso, é um processo que pode ser empregado para materiais biológicos e produtos farmacêuticos de alta qualidade, como proteínas, vacinas, bactérias e células (RATTI, 2001; ASSEGEHEGN, et al., 2020).

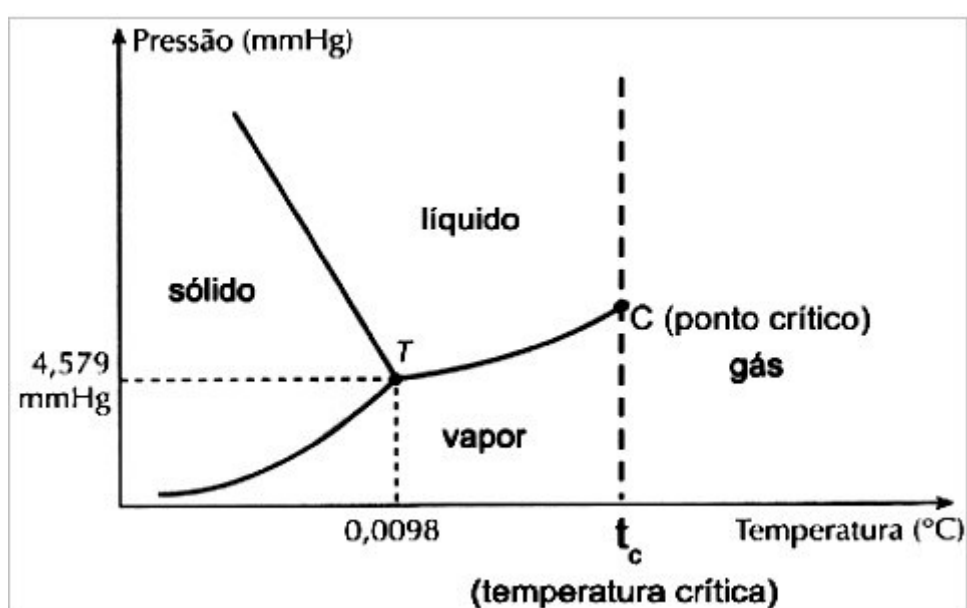


Figura 11 - Diagrama trifásico da água.
Em que: o ponto T é o ponto trifásico da água, C é o ponto crítico da água.
Fonte: Dias [s.d.].

Os produtos liofilizados são considerados como tendo características dos produtos frescos, e a liofilização tornou-se um dos métodos mais atraentes e aplicáveis para ingredientes alimentares (SHOFIAN et al., 2011). Em comparação com outras técnicas de secagem, a liofilização permite a máxima retenção da cor, aparência, textura e sabor das amostras frescas e evita a perda de nutrientes (GUO et al., 2023). O produto seco obtido possui alta capacidade de reidratação, pois o interior do produto é esponjoso e poroso (LIU; ZHANG; HU, 2022). A principal desvantagem desse método são os custos e o tempo de processo.

Na literatura há relatos de estudos que empregaram a liofilização para produzir alimentos em pó. Zotarelli et al. (2020) estudaram secagem de polpas de manga e as

propriedades de reidratação dos pós resultantes produzidos por secagem em *cast-tape drying*, liofilizador, e *spray drying* e observaram que a polpa de manga reconstituída após liofilização possui cor semelhante à polpa de manga sem reconstituição e retém melhor reidratação, permitindo assim sua utilização em diversas formulações alimentícias.

Silva et al. (2017) estudaram o impacto da liofilização nos compostos bioativos de resíduo de maracujá amarelo, observaram que sob condições operacionais adequadas, a liofilização é uma alternativa muito interessante para o possível reaproveitamento desse material em aplicações alimentícias e farmacêuticas.

2.6 PRODUTOS EM PÓ

Segundo Forny; Marabi; Palzer (2011) uma quantidade crescente de alimentos têm sido desenvolvidos e comercializados na forma de pó. Tais produtos incluem café, cappuccinos, achocolatados, leite, sopas, molhos, bolos, alimentos infantis, entre outros. Esta tendência está relacionada principalmente com a conveniência oferecida pelos produtos em pó, sua estabilidade química e microbiológica e a diminuição dos custos de transporte e armazenamento, além da praticidade no uso. Assim, os estudos sobre secagem e caracterização de produtos secos geralmente avaliam a umidade, cor, atividade de água, solubilidade, higroscopicidade, dentre outros parâmetros.

Em relação ao maracujá, os principais produtos secos que se encontram no mercado são as farinhas de maracujá e de sua casca, basicamente constituídas do albedo. Além disso, como são produtos comerciais não é possível saber quais os processos empregados e se há um controle adequado das condições para serem preservadas as propriedades bioativas do produto.

O consumo dessa farinha está associado à diversos benefícios à saúde, dentre eles como a redução nos níveis de glicose e colesterol no sangue e auxílio no controle de doenças, como a obesidade, por possuir capacidade de reduzir o colesterol (LDL) e aumentar o HDL, além de contribuir também no controle de doenças crônicas como câncer ou diabetes (DA SILVA et al., 2019; DE FAVERI et al., 2020).

Molina et al. (2019), em estudo sobre o potencial agroindustrial do epicarpo do maracujá como ingrediente, os autores concluíram que o epicarpo do albedo do maracujá representa um ótimo ingrediente, com grande potencial e interesse para a indústria alimentícia, devido ao seu alto teor de fibra dietética e o seu equilíbrio entre fibra solúvel e insolúvel, as quais apresentam vários efeitos benéficos à saúde

humana. Além disso, segundo os autores o produto apresenta uma elevada capacidade de emulsificação, alta solubilidade, que facilita o seu uso como ingrediente em alimentos funcionais, com intuito de promover a redução do teor de gordura, problemas de sinérese e modificação da textura e viscosidade dos produtos de origem animal, como os embutidos.

Nascimento et al. (2020), em estudo sobre a elaboração de biscoito com a farinha da casca do maracujá (*Passiflora edulis*), formularam três tipos de amostras de cada biscoitos e nomeadas como A, B e C, onde a amostra A foi formulada com (10%) de farinha de casca do maracujá, a amostra B com (20%) de farinha e a amostra C com (30%), e a análise sensorial foi realizada com 62 avaliadores não treinados. Os autores observaram que das três amostras a que apresentou maior percentual de intenção de compra foi a amostra A com 91,93% de aceitação, pois apresentava a menor concentração e sabor mais suave, com 10% da farinha da casca do maracujá, em relação a amostra B (20%), com 72,58%, e a amostra C (30%) com 40,32%. Os autores concluíram que a elaboração do biscoito se mostrou com potencial tecnológico no mercado de panificação e como uma opção alimentar saudável, sustentável e econômico.

Moura et al. (2021), em estudo de revisão de literatura sobre uso de farinha do albedo do maracujá (*Passiflora edulis Sims*) para o enriquecimento de produtos cárneos, concluíram que o uso da farinha do albedo do maracujá (*Passiflora edulis Sims*) revelou – se viável em vários trabalhos, onde seu emprego da farinha pode contribuir para diferentes formulações de produtos distintos, como hambúrgueres de frango e carne enlatada, agregando alto valor nutricional, reduzindo os impactos ambientais gerados pelo o desperdício das partes sólidas do maracujá, e ainda apresentaram agregaram valor aos produtos elaborados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e armazenamento das amostras de subproduto de maracujá.

O subproduto do processamento de maracujá (*Passiflora edulis*) foi gentilmente cedido pela agroindústria de Polpa de Frutas Novo Pomar Produtos Alimentícios Ltda, situada no município de Presidente Olegário, Minas Gerais. Na Figura 12 está apresentada uma fotografia do subproduto de maracujá utilizado. Industrialmente, os frutos passaram por processo de seleção, sanitização e extração em despulpadeiras de aço inoxidável, obtendo a polpa de maracujá e o resíduo heterogêneo, constituído por partes não comestíveis do fruto, isto é caule, cascas, albedo, sementes e restos de polpa aderida.



Figura 12 – Subproduto de processamento de maracujá – amarelo
Fonte: Autora (2024).

3.2 Preparação das amostras

Os subprodutos de maracujá, após chegarem nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia, foram divididos e acondicionados em embalagens de polietileno transparente, cada pacote contendo aproximadamente 1 kg, estocado e congelados em geladeira doméstica (Continental, modelo TC 56) a aproximadamente -18° C.

Para as análises, as amostras congeladas dos subprodutos foram descongeladas em temperatura de refrigeração, entre 6 e 10°C durante 24 h, sendo submetidas ao descongelamento somente nas quantidades necessárias para se realizar cada experimento. Após o descongelamento, o subproduto de maracujá foi

triturado em liquidificador industrial de alimentos (marca Camargo) por aproximadamente 1 min.

3.3 Secagem do resíduo de maracujá por convecção em estufa de circulação forçada

A secagem convectiva do subproduto de maracujá foi realizada em uma estufa com circulação forçada de ar quente (Marca Quimis Modelo Q314M252, Série 12120094) do Laboratório de Análise Química de Alimentos do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia Química, no *Campus* Patos de Minas (MG), da Universidade Federal de Uberlândia.

Os ensaios de secagem foram realizados em triplicata, onde foram avaliadas as temperaturas do ar de secagem de 65, 75 e 85°C e as espessuras de camada espalhada da pasta de subproduto úmido de 2, 3 e 4 mm. Para padronizar a espessura do subproduto do maracujá, foi realizado o espalhamento da porção amostral com o auxílio de molduras retangulares de acrílico de espessuras pré-definidas, formando placas/camadas. Na Figura 13 é possível observar o espalhamento das amostras, as amostras acondicionadas na estufa e a aferição da temperatura.

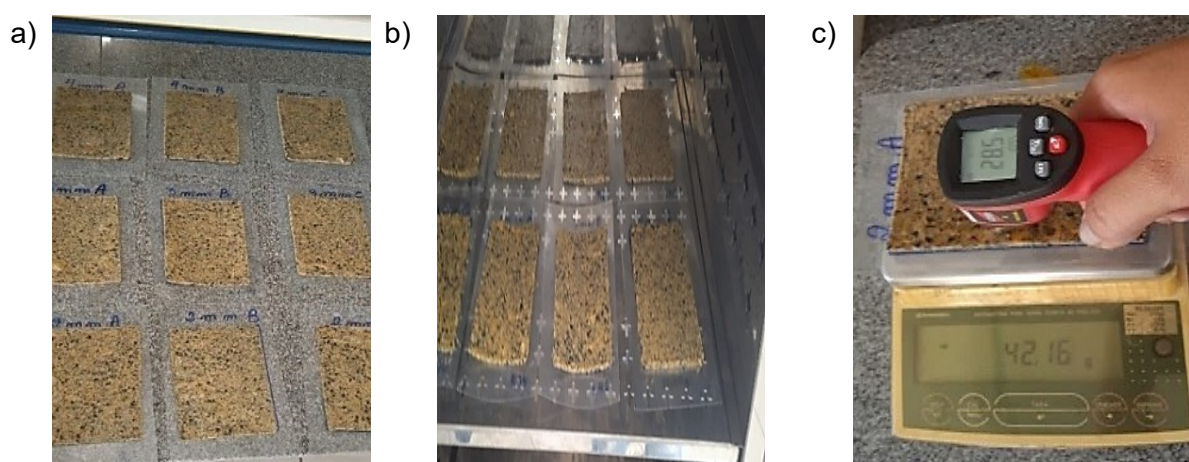


Figura 13 – Fotografias subproduto de maracujá espalhado em placas de *Mylar* (a); das amostras de resíduo de maracujá dentro da estufa (b); aferição da temperatura das amostras (c).

Fonte: Autora (2024)

3.3.1 Determinação da cinética de secagem em estufa do subprodutos de maracujá

A cinética de secagem do subprodutos de maracujá por estufa com circulação forçada de ar quente (Quimis Modelo Q314M252, Série 12120094) foi realizada por meio da pesagem das placas de *Mylar*® com amostras em uma balança eletrônica semi-analítica (Shimadzu do Brasil, modelo BL 3200H, Brasil) a cada 10 min de secagem durante 2 h e nesse momento foi aferida a temperatura da porção amostral do resíduo. A partir de 2 h de experimento, a medida foi realizada a cada 30 min, até não mais haver variação significativa da massa da amostra. Foram determinadas as umidades inicial e final das amostras (conforme metodologia descrita no tópico 3.7.1) espalhadas nas três espessuras (2, 3 e 4 mm).

3.4 Secagem do subprodutos de maracujá por *cast-tape dryng* (CTD)

Para a realização da secagem das amostras de subprodutos de maracujá por *cast-tape dryer* (CTD) foi utilizado um aparato experimental, operando em batelada, disponível no Laboratório de Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, da Faculdade de Engenharia Química, no *Campus* Patos de Minas (MG), da Universidade Federal de Uberlândia, utilizando o mesmo princípio de funcionamento do equipamento industrial.

A unidade experimental de secagem (Figura 14) utilizada no presente estudo é composta de um reservatório (bandeja de dimensões 0,30m×0,70m×0,05m) onde na qual circula água quente proveniente de um banho termostático (SOLAB, modelo SL 152/18, Brasil) associado a uma bomba peristáltica (Cole-Parmer, Masterflex® L/S 77250-62, Estados Unidos). O filme polimérico (nome comercial *Mylar*® fabricado pela Dupont, USA), de espessura 0,25 mm foi fixado no topo da bandeja do reservatório, de modo que a face inferior do filme ficasse em contato com a água quente circulante e a face superior servisse de suporte para a camada de subproduto de maracujá úmido que foi submetido à secagem. Foi utilizado um sistema de exaustão com ventiladores, conforme apresentado na Figura 14, o que proporcionou uma convecção forçada, auxiliando assim a retirada da água evaporada durante a secagem.

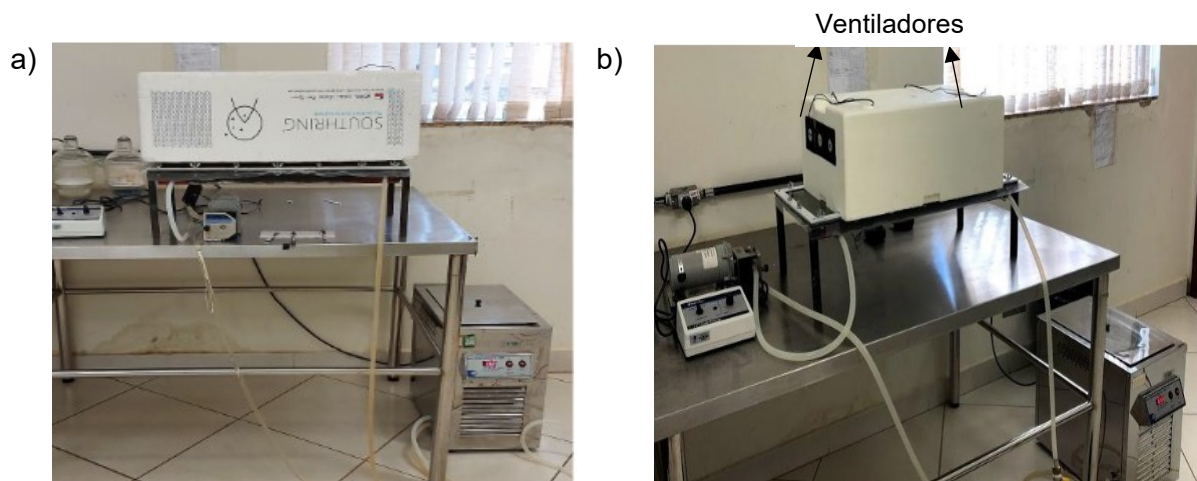


Figura 14 – Unidade Experimental de secagem por *cast tape* utilizada para a secagem do resíduo de maracujá (a); (b) Visão lateral e frontal do *cast-tape drying* com o sistema de exaustão com ventiladores.

Fonte: Autora (2024).

3.4.1 Condições do processo de secagem

Para obtenção do produto seco, foram avaliados os efeitos de três diferentes temperaturas da água circulante de 65, 75 e 85 °C e três espessuras de espalhamento do resíduo de maracujá de 2, 3 e 4 mm. Para padronizar a espessura do resíduo de maracujá, o espalhamento foi realizado na bancada de inox sobre papel filme com auxílio de molduras de acrílico (Figura 15(a)), que depois foram vertidas sobre o filme *mylar*® conforme (Figura 15 (b)). A faixa experimental selecionada para cada variável foi determinada partir de revisão da literatura e testes preliminares.

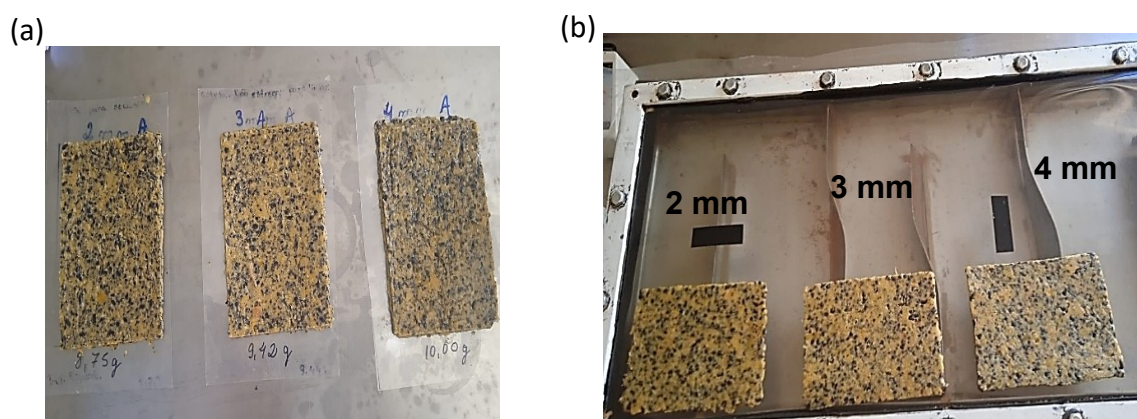


Figura 15- Padronização da espessura dos resíduos (a); e, resíduo de maracujá espalhado sobre o filme *mylar*® (b).

Fonte: Autora (2024).

A aferição da temperatura durante o processo de secagem do filme *Mylar*® e da superfície amostral do subproduto de maracujá nas espessuras de 2, 3 e 4 mm, foi realizada por meio de um termômetro digital portátil infravermelho (Caution IR Thermometer MT – 320, Brasil), com valor de emissividade de 0,95.

As aferições de temperatura foram coletadas em diferentes regiões das três espessuras do subproduto e sobre as três fitas isolantes pretas colocadas no filme de *Mylar*® da unidade experimental do CTD, conforme pode ser visualizado na Figura 16.



Figura 16 – Aferições de temperaturas das amostras e da unidade experimental; Os círculos amarelos representam os locais de aferição da temperatura da superfície do secador enquanto os círculos vermelhos exemplificam da região de leitura da temperatura da amostra.

Fonte: Autora (2024).

As medidas de temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram realizadas com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Incoterm, modelo 7663.02.0.00, Brasil) com precisão da temperatura de $\pm 1\%$ e com precisão da umidade relativa de $\pm 5\%$.

3.4.2 Determinação da cinética de secagem por *cast-tape drying*

A cinética de secagem dos subproduto de maracujá secos por *cast-tape drying* foi determinada por meio da retirada de amostras (método destrutivo), em triplicata, de posições distintas da parte central, evitando-se o efeito de borda, a cada 10 min de secagem, durante 2 h, e nesse momento foi aferida a temperatura da porção amostral do subproduto. A partir de 2 h de experimento, a medida foi realizada a cada 30 min, até não mais haver variação significativa da massa da

amostra. A porção das amostras retiradas era pesada em cadinhos em balança analítica (Shimadzu do Brasil, modelo AUW320, Brasil) e, posteriormente, esses cadinhos foram encaminhados para a estufa para sua determinação da umidade, conforme metodologia AOAC (2012), descrita no item 3.7.1

3.5 Liofilização

A desidratação do subproduto de maracujá por liofilização foi realizada em um liofilizador de bancada (Liobrás, Liotop L 101, Brasil) que consiste em uma câmara de secagem acrílica cilíndrica e transparente conforme apresentado na (Figura 17 a)). Na parte superior da câmara, há uma tampa em aço inox onde é possível acoplar oito torneiras de silicone para o encaixe dos frascos (cones) de vidro com o sistema de alívio de vácuo e, no interior da câmara de secagem há um suporte em aço inoxidável para quatro bandejas de inox.

A polpa de subproduto de maracujá com espessura aproximada de 2 mm foi espalhada, e acondicionada nas bandejas de alumínio do liofilizador (Figura 17 (b)) e congeladas em um ultra congelador (ultra freezer Indrel, IULT CRP 335D) a - 65°C por 24 h. Após este período, as bandejas foram transferidas para as prateleiras do interior da câmara de secagem do liofilizador de forma rápida, para evitar o descongelamento. As amostras foram liofilizadas por um período de 48 horas sendo que, ao longo da secagem a pressão foi mantida abaixo de 28 mmHg e temperatura abaixo de -50° C. Após a obtenção do produto seco, este foi macerado com auxílio de um pistilo e almofariz até a redução granulométrica.

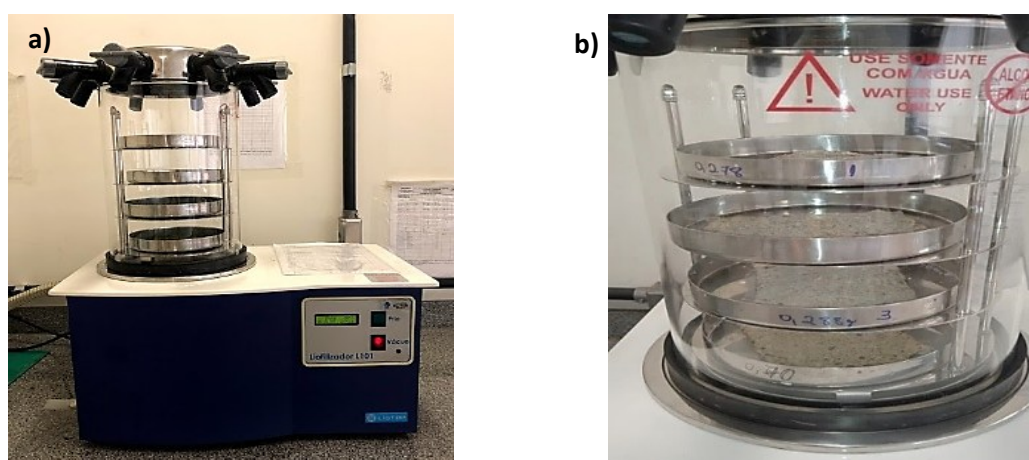


Figura 17 – Equipamento de liofilização (a); câmara com amostras nas bandejas (b).
Fonte: Autora (2024).

3.6 Planejamento experimental

Para realizar os ensaios de secagem do subproduto de maracujá, para cada método de secagem estudado (*cast-tape drying* e secagem convectiva em estufa) foi aplicado um planejamento fatorial a três níveis com dois fatores (3^2). Assim, foi possível estimar os efeitos de dois fatores investigados nos processos, isto é, espessura de espalhamento de uma camada da pasta de subproduto de maracujá moído e temperatura da fonte de calor (água quente em CTD e ar aquecido na secagem convectiva) sobre as variáveis resposta, que foram: atividade de água, higroscopicidade e cor instrumental (parâmetros L^* , a^* e b^*). Então, a partir da execução desses dois planejamentos 3^2 , foi avaliado um terceiro planejamento fatorial, neste caso, um planejamento fatorial a dois níveis com três fatores (2^3), analisando além das duas variáveis independentes consideradas nos planejamentos 3^2 , uma terceira variável, visando estimar também o efeito do método de secagem utilizado. Para este planejamento 2^3 não foram feitos experimentos adicionais, apenas utilizou-se os resultados dos planejamentos a três níveis.

Na Tabela 3 são apresentados as variáveis independentes e os níveis estudados nos planejamentos fatoriais 3^2 e 2^3 executados. Na Tabela 4 é apresentada a matriz dos planejamentos fatoriais 3^2 realizados para os dois métodos de secagem. Já na Tabela 5 é mostrada a matriz do planejamento fatorial 2^3 avaliado.

Tabela 3 – Fatores e níveis de planejamento fatorial 3^2 e 2^3

Fator	Planejamento				
	2^3		3^2		
	-1	+1	-1	0	+1
X₁ - Temperatura do meio secante (° C)	65	85	65	75	85
X₂ - Espessura de espalhamento da amostra (mm)	2	4	2	3	4
X₃ – Método de secagem	<i>Cast-tape drying</i>	Secagem convectiva em estufa	*	*	*

*não se aplica ao planejamento.

Fonte: Autora (2023).

Tabela 4 - Planejamento fatorial 3^2

Experimentos	Variáveis Codificadas		Variáveis Reais	
	X_1	X_2	Temperatura (°C)	Espessura (mm)
1	-1	-1	65	2
2	-1	0	65	3
3	-1	+1	65	4
4	0	-1	75	2
5	0	0	75	3
6	0	+1	75	4
7	+1	-1	85	2
8	+1	0	85	3
9	+1	+1	85	4

Fonte: Autora (2023).

Tabela 5 – Planejamento fatorial 2^3

Exp.	Variáveis Codificadas			Variáveis Reais		
	X_1	X_2	X_3	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Método de secagem
1.	-1	-1	-1	65,0	2	Cast – tape drying
2.	1	-1	-1	85,0	2	Cast – tape drying
3.	-1	+1	-1	65,0	4	Cast – tape drying
4.	+1	+1	-1	85,0	4	Cast – tape drying
5.	-1	-1	+1	65,0	2	Convectiva em estufa
6.	+1	-1	+1	85,0	2	Convectiva em estufa
7.	-1	+1	+1	65,0	4	Convectiva em estufa
8.	+1	+1	+1	85,0	4	Convectiva em estufa

Fonte: Autora (2023).

Os dados experimentais de caracterização do resíduo de maracujá seco foram analisados estatisticamente por regressão múltipla a um nível de significância de 10% ($p \leq 0,10$) na estimativa dos efeitos (planejamento 2^3) e dos coeficientes do modelo (planejamentos 3^2).

Assim, a análise estatística realizada para cada um dos 3 planejamentos fatoriais investigados possibilitou estimar os efeitos relacionados a cada variável independente (temperatura da fonte de calor e espessura de espalhamento da amostra para os planejamentos fatoriais a três níveis, e, o método de secagem no

planejamento fatorial a dois níveis) nas variáveis respostas estudadas. Para o planejamento fatorial a dois níveis foram quantificados os efeitos (o valor do efeito é o dobro do valor do coeficiente estimado na regressão) relacionados às variáveis independentes de forma isolada (efeitos principais), assim como os efeitos de interação entre os fatores. Para os planejamentos a três níveis, além dos efeitos principais e de interação entre as variáveis, foram estimados os efeitos referentes aos termos quadráticos. Desta forma, a partir das regressões múltiplas para os planejamentos 3^2 foram obtidas equações empíricas (superfícies de respostas) para melhor observar o efeito das variáveis independentes nas variáveis respostas. Os resíduos das regressões foram distribuídos de forma independente e aleatória de acordo com uma distribuição normal com média zero e variância constante.

As variáveis independentes analisadas foram adimensionalizadas, conforme mostrado nas Equações de 1 e 2. Estas variáveis são X_1 para temperatura (T) ($^{\circ}\text{C}$) e X_2 para espessura (E) (mm).

$$X_1 = \frac{T[^{\circ}\text{C}] - 75}{10} \quad (1)$$

$$X_2 = E[\text{mm}] - 3 \quad (2)$$

A Equação 3 apresenta a forma da superfície de resposta em função das variáveis de interesse por meio da metodologia de superfície de resposta (Myers, 1976), sendo que b são os coeficientes a serem estimados.

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{jj} x_j^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k b_{ij} x_i x_j \quad i < j \quad (3)$$

3.7 Caracterização físico-química do resíduo *in natura* e dos produtos em pó e do pó comercial

Foram realizadas análises físico-químicas para avaliar o efeito das variáveis de processo sobre as propriedades do material seco, buscando comparar com o subproduto de maracujá *in natura*.

O subproduto *in natura* (antes do processo de secagem) foi caracterizado por meio de análises de umidade, atividade de água, acidez, ácido ascórbico, cor instrumental e compostos bioativos (fenólicos e flavonoides). As amostras secas

foram submetidas às análises de umidade, atividade de água, higroscopicidade, acidez, ácido ascórbico, cor instrumental, compostos bioativos (fenólicos e flavonoides), densidade de bulk, tempo de molhamento e distribuição de tamanho de partícula

Para a secagem convectiva em estufa com circulação forçada de ar quente e por *cast-tape drying* o tempo de secagem para o qual foram executadas as análises de caracterização do produto seco foi determinado para cada condição de planejamento, a partir dos resultados de cinética, avaliando como tempo final aquele alcançado para atingir-se em torno de 10% de umidade.

3.7.1 Determinação da Umidade

A umidade das amostras foi determinada segundo a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* – (A.O.A.C.2005).

A umidade das amostras, em base seca (b.s.) e base úmida (b.u.), foi calculada por meio da relação mássica antes e após a secagem, conforme as Equações 4 e 5, respectivamente:

$$X_{bs} = \frac{M - M_s}{M_s} \quad (4)$$

$$X_{bu} = \frac{M - M_s}{M} \times 100 \quad (5)$$

Em que X_{bs} é a umidade do produto em base seca (g água/g de sólidos secos); X_{bu} é umidade da amostra em base úmida (g água/g de sólidos úmido) (%), M é a massa do sólido úmido (g); M_s é a massa de sólido seco (g).

3.7.2 Atividade de Água (a_w)

A atividade de água (a_w), foi determinada em um higrômetro digital Aqualab (Aqualab PRE Dewpoint, Water Activity Analyzer), sendo que o equipamento utiliza o método por ponto de orvalho. A amostra foi distribuída em uma pequena quantidade, na cápsula própria para uso no equipamento, cobrindo toda a superfície inferior. A cápsula com a amostra foi introduzida na câmera do equipamento, que realiza a leitura automaticamente em alguns minutos. Os valores

de atividade de água expressos pelo equipamento variaram entre 0,05 e 1,000, sendo que o valor 1 é atribuído à água pura.

3.7.3 Determinação da Higroscopicidade

A higroscopicidade do produto seco (pó) foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações baseadas no estudo de Tonon et al. (2011). Foi pesado aproximadamente 1 g de cada amostra em cadinhos de alumínio aquecidos previamente em estufa convectiva a 105° C por no mínimo 30 min, e resfriados em um recipiente hermético (dessecador) até atingirem a temperatura ambiente. Em seguida, os cadinhos contendo a amostra do produto seco foram colocados em um recipiente hermético (dessecador) contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29 %) a 25 °C.

Após 7 dias, as amostras foram pesadas e a higroscopicidade foi expressa com g umidade adsorvida·100g⁻¹ de massa seca da amostra (g / 100 g) e calculada conforme apresentado na Equação 6:

$$H = \frac{m_{ads}}{M_{ss}} \times 100 \quad (6)$$

Que H representa a higroscopicidade (g umidade adsorvida·100g⁻¹ de massa seca); m_{ads} é a massa de água adsorvida (g) e M_{ss} é a massa de sólidos secos (g).

Vale ressaltar que a massa seca da amostra é calculada por meio da Equação 7:

$$M_{ss} = (M_s - (M_s \times X_{bu})) \quad (7)$$

Em que M_{ss} é a massa de sólidos secos (g), M_s é a massa total da amostra (massa de água + massa de sólido seco) (g) e X_{bu} é a umidade em base úmida (g água · g⁻¹ de massa total da amostra).

3.7.4 Acidez total titulável (ATT)

A análise de acidez total titulável (ATT) foi realizada com o objetivo de quantificar o ácido cítrico na amostra, sendo realizada de acordo com o método

titulométrico proposto pela Association of Official Analytical Chemist – AOAC (1995). As amostras foram previamente maceradas com água destilada até se atingir um volume de 250 mL de solução, denominada “suco”. Para um volume de 20 mL do suco obtido foram adicionadas 3 gotas do indicador ácido base fenolftaleína 1% e, posteriormente, a amostra foi titulada com hidróxido de sódio 0,1 N padronizado, até a mudança da coloração. Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico·100 g⁻¹ de amostra em base seca.

3.7.5 Determinação do Teor de Ácido Ascórbico (AA)

A determinação do teor de ácido ascórbico (AA) também foi realizada por titulometria de acordo com o proposto pela (AOAC, 1995), utilizando - se o mesmo suco obtido na análise de acidez. A metodologia de determinação do teor de AA baseou se na redução do composto 2,6 diclorofenol-indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico. O DCFI em meio básico ou neutro é azul, em meio ácido é rosa, e sua forma reduzida é incolor. O ponto final da titulação é detectado pela viragem da solução de incolor para rosa, quando a primeira gota de solução de DCFI é introduzida no sistema, com todo o ácido ascórbico já consumido. Para tal, adicionou - se ao suco uma solução de ácido oxálico 2%, e então submeteu - se o mesmo a titulação a partir do uso da solução de 2,6 diclorofenol indofenol (DCFI) 0,025% padronizado. Os resultados obtidos foram expressos em mg de ácido ascórbico·100 g⁻¹ amostra em base seca.

3.7.6 Determinação da Cor Instrumental

Os parâmetros de cor das amostras foram determinados por reflectância com o auxílio de um colorímetro digital (Chroma Meter CR 400, Konica Minolta, Japão) com escala CIELab (L*, a*, b*). As análises foram realizadas em ambiente com temperatura controlada a 25 °C e as medidas de coloração foram expressas em dois espaços de cor, o CIE (L*, a*, b*) e o CIE (L*, C* h*) definidos pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE). Os espaços de cores diferem-se no tipo de coordenadas utilizadas, sendo termos CIE (L*, C* h*) coordenadas cilíndricas e CIE (L*, a*, b*) coordenadas retangulares (Figura 18).

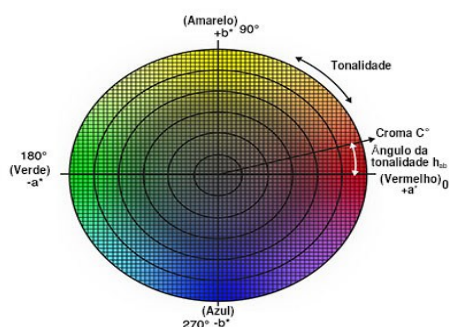


Figura 18 – Diagrama de cor espaço $L^* C^* h^\circ$
 Fonte: Konica Minolta (2023).

A luminosidade é indicada por L^* (onde $L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco), e as coordenadas da cromaticidade definidas por a^* ($+60 a^* =$ vermelho e $-60 a^* =$ verde) e b^* ($+60 b^* =$ amarelo e $-60 b^* =$ azul). No espaço de cor CIE ($L^*, C^* h^\circ$) semelhante ao espaço CIE (L^*, a^*, b^*). Nesse espaço de cor CIE ($L^*, C^* h^\circ$) o L^* representa luminosidade e o parâmetro C^* indica a cromaticidade ou saturação, a intensidade de uma cor. A saturação é determinada como a distância radial do centro do espaço até o ponto da cor, e corresponde à concentração do elemento corante, que representa uma característica quantitativa para intensidade, e o parâmetro h° representa o (*ângulo de hue*) e indica o ângulo de tonalidade.

3.7.7 Determinação de compostos fenólicos totais

3.7.7.1 Extração dos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram extraídos e quantificados segundo a metodologia descrita por Singleton et al. (1999) adaptada. Foram adicionados 20 mL de metanol 80% em um tubo cônico tipo Falcon, contendo aproximadamente 0,3 g da amostra. Em seguida os extratos foram centrifugados a 1500 rpm por 10 min, permaneceram em repouso no escuro por 1 h, e foram filtrados com filtro de papel.

3.7.7.2 Determinação do teor de compostos fenólicos totais (TPC)

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada segundo o método de Folin-Ciocalteu, utilizando ácido gálico ($C_7H_6O_5$) como padrão de acordo com Singleton et al. (1999). Foi transferida uma alíquota de 0,25 mL do

extrato fenólico da amostra a cada tubo de ensaio e, em seguida, foram adicionados 2,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (1:10) e mantido em banho maria termostatzado (Modelo TE 2005 - TECNAL) a 50 °C por cinco minutos. Após esse tempo, foram adicionados 2,0 mL de solução de carbonato de cálcio (Na_2CO_3) e os tubos foram agitados em vórtex (QL-901 da Biomixer) por 10 segundos e levados novamente em banho maria termostatzado (Modelo TE 2005 - TECNAL) a 50 °C por cinco minutos.

O padrão “branco” foi preparado com o mesmo procedimento nas devidas proporções, substituindo – se o extrato por água destilada. As leituras espectrofotométricas da amostra e do branco foram realizadas a 622 nm em espectrofotômetro (Modelo Espectrofotômetro UV-1280 UV-VIS-Shimadzu). As análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram calculados com base na curva-padrão de ácido gálico de 0,2 a 1,2, preparada nas mesmas condições que a amostra. O conteúdo fenólico total foi expresso em miligramas de equivalentes de ácido gálico $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de resíduo de maracujá em base seca.

3.7.8 Determinação do Teor de Flavonoides Totais (TFC)

A determinação do teor de flavonoides totais foi realizada pelo método colorimétrico, utilizando a rutina como padrão de acordo com Zhishen et al. (1991). Foi transferida uma alíquota de 0,5 mL de extrato metanólico da amostra, obtido segundo o item 3.7.7.1, para um tubo de ensaio, e em seguida foram acrescentados 0,3 mL de nitrito de sódio (NaNO_2) a 5 %. Após cinco minutos foram adicionados 0,6 mL de solução de cloreto de alumínio (AlCl_3) a 10% em cada tubo de ensaio. Após onze minutos foram adicionados 2 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 1 M. As soluções foram agitadas manualmente e as leituras espectrofotométricas das amostras e do branco foram realizadas em espectrofotômetro (Modelo Espectrofotômetro UV-1280 UV-VIS-Shimadzu) a 450 nm. O padrão “branco” foi preparado com o mesmo procedimento nas devidas proporções, substituindo – se o extrato por água destilada.

Os resultados foram calculados com base na curva-padrão de rutina, preparada nas mesmas condições que a amostra. O conteúdo de flavonoides totais foi expresso em gramas de equivalentes de rutina por 100 g de resíduo de maracujá em base seca.

3.7.9 Densidade bulk

A densidade *bulk* do leito de partículas dos pós de resíduo de maracujá obtidos a partir da secagem foi determinada vertendo-se aproximadamente 5 g do produto seco em uma proveta graduada (10 mL) conforme a Figura 19. Essa proveta foi repetidamente batida sobre uma superfície plana, por cerca de 1 minuto até que as diferenças desprezíveis entre as batidas (compactação do pó) sucessivas fossem observadas (BARBOSA CÁNOVAS et al., 2005). A partir da massa da amostra adicionada à proveta, e do volume ocupado na mesma, foi calculada a densidade *bulk*. As medidas foram realizadas à temperatura ambiente.

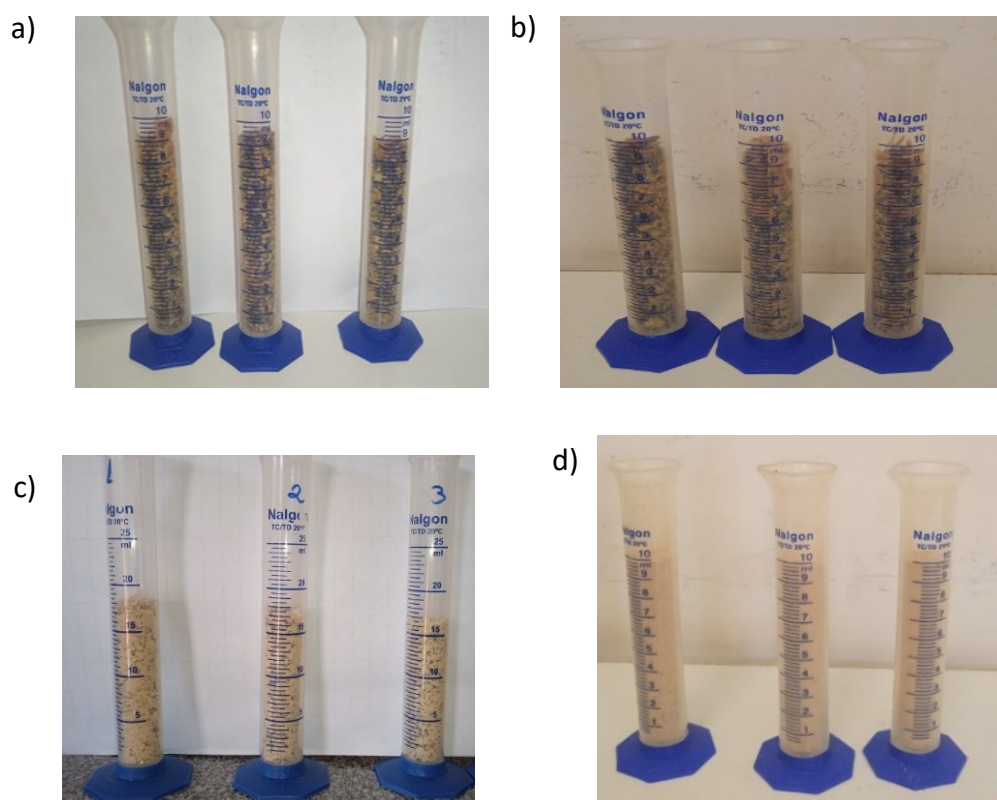


Figura 19 – Triplicatas das medidas de densidade de *bulk* por secagem convectiva em estufa (a); por secagem em *cast tape drying* (b); por secagem no liofilizador(c); para o pó comercial(d).

Fonte: Autora (2024).

3.7.10 Tempo de molhamento

O tempo de instantaneização, ou tempo de molhamento, consiste no tempo necessário para que uma amostra de pó fique completamente submersa após ter

sido colocada sobre a superfície de um líquido. O tempo de molhamento foi determinado de acordo com o método descrito por Dacanal; Menegalli (2010), com adaptações, e consiste na queda de 1 g do produto seco sobre 80 mL de água destilada a 25°C, em um recipiente. Foi utilizado um cronômetro para a medição do tempo necessário para que todas as partículas se molhassem. Na Figura 20 está apresentado o dispositivo utilizado na determinação do tempo de molhamento.

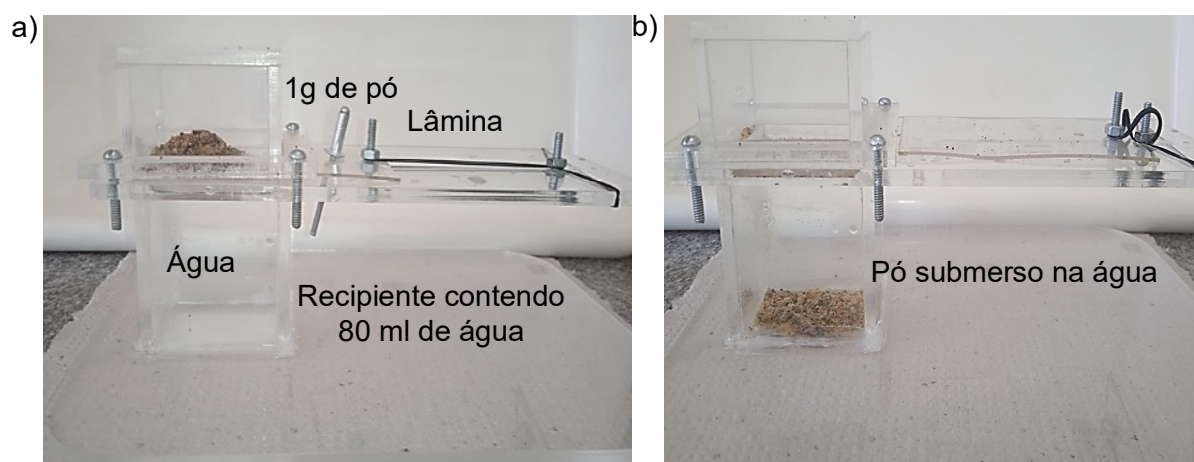


Figura 20 – Esquema do dispositivo usado para determinar o tempo de molhamento: (a) antes do acionamento do pino; (b) após o deslocamento da lâmina fazendo com que os pós de maracujá ficassem submersos.

Fonte: Autora (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do resíduo de maracujá *in natura*

Na Tabela 6 estão dispostos os resultados das análises de caracterização do subproduto de maracujá *in natura* fresco.

Tabela 6 - Resultados de caracterização do subproduto de maracujá *in natura* de umidade, atividade de água, acidez, ácido ascórbico, cor, fenólicos totais, flavonoides.

Parâmetros	Resíduo <i>in natura</i>
Umidade (%)	70,31 ± 2,88
Atividade de água (a_w)	0,993 ± 0,001
Acidez total titulável (ATT) mg (ác. cítrico·100 g ⁻¹ (b.s)	7993,38 ± 988,92
Ácido ascórbico (TAA) mg (ác. Ascórbico·100 g ⁻¹ (b.s)	332,84 ± 17,34
L*	12,44 ± 0,240
a*	- 0,600 ± 0,06
b*	8,54 ± 0,06
Teor de fenólicos totais (TPC) mg ác. gálico·100 g ⁻¹ (b.s)	3324,72 ± 425,08
Teor de flavonoides totais (TFC) mg rutina·100 g ⁻¹ (b.s)	113,17 ± 20,18

Fonte: Autoria Própria (2024). Os valores são médias ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Nota-se na Tabela 6 que a umidade do subproduto de maracujá *in natura* foi de 70,31% ± 2,88 (b.u). É importante salientar que o subproduto de maracujá utilizado nesse trabalho era constituído de casca, semente e em menor concentração polpa aderida. Martins *et al.* (2019) registraram 64,2% (b.u) de umidade ao avaliar a cinética da secagem artificial e natural da casca do maracujá – amarelo (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*). Por outro lado, Jinkings *et al.* (2021) obtiveram 85,34% ± 0,50 (b.u) de umidade ao avaliar a composição centesimal para a casca *in natura* do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis Sim*).

O valor de atividade de água (a_w) no subproduto *in natura* foi em média de 0,993, revelando-se próximo ao valor de 0,980 encontrado por Rosário *et al.* (2022) ao avaliar a atividade de água do albedo de maracujá (*Passiflora edulis*). O valor de atividade de água de 0,993 para o subproduto *in natura*, exposto na Tabela 6,

demonstra que o produto é suscetível à deterioração, indicando a necessidade de um processo de conservação, como a secagem.

No que se refere à acidez (ATT) do subproduto de maracujá *in natura*, observou-se o valor médio de 7993,38 mg ácido cítrico·100 g amostra seca. Silva (2015) ao avaliar resíduo *in natura* de maracujá, encontrou um valor de 2701,35 mg ácido cítrico·100 g amostra seca. Portanto, dado o resultado de acidez total encontrado para resíduos de maracujá *in natura* no presente estudo, quando comparado com Silva (2015) e demais estudos foi considerado um produto de alta concentração de acidez (7993,38 mg ácido cítrico·100 g amostra seca). Segundo Faleiro (2019) essas diferenças podem ter diferentes origens, como diferença de metodologia empregada para análise, cultivar, grau de maturação, tempo entre o processamento da matéria-prima e a análise, dentre outros.

O teor médio de ácido ascórbico (AA) do subproduto de maracujá *in natura* foi em média de $332,84 \pm 17,34$ mg·100g amostra seca revelando-se superior ao valor de 94,34 mg ácido cítrico·100 g amostra encontrado por Rosário et al. (2022) ao avaliar a albedo de maracujá (*Passiflora edulis*).

Considerando os resultados de cor de subproduto de maracujá *in natura* conforme apresentado é possível observar que o valor de luminosidade (parâmetro L^*) do subproduto de maracujá *in natura* foi registrado em $12,44 \pm 0,24$, considerado baixo para a escala de 0 a 100. É relevante destacar que quanto maior (mais próximo de 100) o valor de L^* , mais clara é a aparência do produto. No entanto, deve - se considerar que esse subproduto tem também cor heterogênea, especialmente pela quantidade de sementes, com coloração escura, presentes na massa, o que também torna difícil a comparação desses resultados com os da literatura. Barbosa Santos et al. (2021) encontrou valores de L^* para a polpa (sem a semente) do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims*) de 62,27.

Na análise dos resultados de cor de subproduto de maracujá *in natura* é muito importante avaliar os valores do parâmetro a^* , pois ele indica uma tendência às cores verdes (quanto mais negativo o valor) ou vermelhas (quanto mais positivo). No caso do presente estudo, o subproduto apresentou o valor de a^* de $-0,600 \pm 0,06$, indicando a prevalência da cor verde, e provavelmente esse resultado sofreu influência da parte da casca do maracujá que no geral é amarela esverdeada. Na análise, o parâmetro b^* , que indica a tendência em direção à coloração amarela, quanto mais positivos e maiores seus valores, observou-se um valor de $8,54 \pm 0,06$. E esse resultado está relacionado também à casca e a parte do albedo. Dos Reis

et. al (2021) avaliando o potencial antioxidante e caracterização físico-química de maracujás amarelos, roxos e alaranjados encontraram valores de cor para parâmetro de L^* para polpa 58,05, casca 43,16 e semente 33,86. Enquanto para os parâmetros a^* polpa 8,44, casca 2,29 e semente 1,91 e para os parâmetros b^* foram encontrados os valores de cor para polpa 42,83, casca 31,33 e semente 19,36.

O teor médio de compostos fenólicos totais (TPC) no subproduto de maracujá *in natura* foi de 3324,72 mg ácido gálico·100 g⁻¹, revelando - se superior ao valor que Silva (2015), que encontrou um teor de 119,87 ± 8,48 mg ácido gálico·100 g amostra seca em casca de maracujá *in natura*. Septembre-Malaterre *et al.* (2016) encontrou 286,6 mg gálico·100 g amostra seca em polpa de maracujá (*Passiflora edulis*). Vasco (2009) determinou que produtos com concentração superior a 1000 mg de ácido gálico·100 g amostra seca são considerados um produtos com alta concentração de compostos fenólicos, enquanto produtos com valores inferiores a 100 mg de ácido gálico·100 g amostra seca são considerados produtos de baixa concentração. Portanto, dado o resultado de fenólicos encontrado para resíduos de maracujá no presente estudo, este pode ser considerado um produto de alta concentração de fenólicos (3324,72 mg / 100 g amostra seca).

Barbosa Santos et al. (2021) encontraram valores de fenólicos totais para a espécie *P. edulis* de 476,1 mg·kg⁻¹ estudo com compostos fitoquímicos e atividade antioxidante da polpa de maracujá *Passiflora Cincinnata* Mast. e *Passiflora Edulis* Sims.

Estudos avaliando o conteúdo fenólico total da polpa de maracujá pelo método Folin-Ciocalteu relataram que os valores podem variar de 277 a 600 mg·kg⁻¹ em espécies de *P. edulis* (amarelo), *P. edulis* (roxo), *P. edulis* (Frederick), *P. maliformes*, *P. quadrangularis*, *P. edulis* (rosa), *P. edulis flavicarpa* e *P. glandulosa* Cav. (RAMAIYA et al., 2013; CHEN *et al.*, 2018; SONG *et al.*, 2018). Portanto, o resultado de fenólicos encontrado para resíduos de maracujá no presente estudo foi superior ao encontrado pelos pesquisadores citados acima.

No que se refere aos flavonoides totais, o subproduto de maracujá *in natura* apresentou valor de 113,17 ± 20,18 mg rutina·100 g amostra seca amostra seca inferior ao encontrado por López-Vargas et al., (2013) que obtiveram as maiores concentrações de equivalente a rutina: 1363 mg·100 g⁻¹ de polpa e semente de maracujá amarelo (matéria fresca) (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*).

Silva et al. (2015) avaliou o teor de flavonóides em subproduto de maracujá *in natura* e encontrou o valor de $0,47 \pm 0,05$ mg rutina·100 g amostra seca. Rotta et al. (2019) avaliou os flavonoides em polpa fresca de *P. edulis*, e encontrou um teor de rutina na polpa de *P. edulis* de $0,23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Barbosa Santos et al. (2021) encontraram valores de rutina nas polpas das duas espécies *Passiflora Cincinnata* Mast. e *Passiflora Edulis* Sims, onde os valores apresentaram - se baixos, variando de 0,04 a $0,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. O resultado de teores de rutina encontrado para resíduos de maracujá no presente estudo foi superior ao encontrado por Silva et al. (2015) e Barbosa Santos et al. (2021).

4.2 Caracterização do resíduo de maracujá seco por estufa convectiva com ar quente e por *cast-tape drying*

4.2.1 Cinética de secagem do resíduo de maracujá por estufa convectiva com circulação forçada de ar quente e por *cast-tape drying*.

Por meio da cinética de secagem, é possível determinar a perda de umidade do material sólido que é seco em relação ao tempo, até atingir a umidade de equilíbrio dinâmico.

Vários pesquisadores têm discutido sobre a umidade aceitável para o armazenamento de alimentos desidratados, visto que a maioria desses pesquisadores concorda que valores de umidade de alimentos secos inferiores a 10% podem garantir uma vida útil adequada, quando armazenados em condições controladas especialmente de temperatura, umidade relativa e luz (REY, 1965; ANGEL et al., 2009; COSTA, 2012; PICH, 2019).

Na Figura 21 estão apresentadas as curvas de cinéticas de secagem do subproduto de maracujá seco por estufa de circulação de ar e *cast-tape drying*, nas condições de temperatura 65, 75 e 85 °C com espessura de resíduo com 2, 3 e 5 mm.

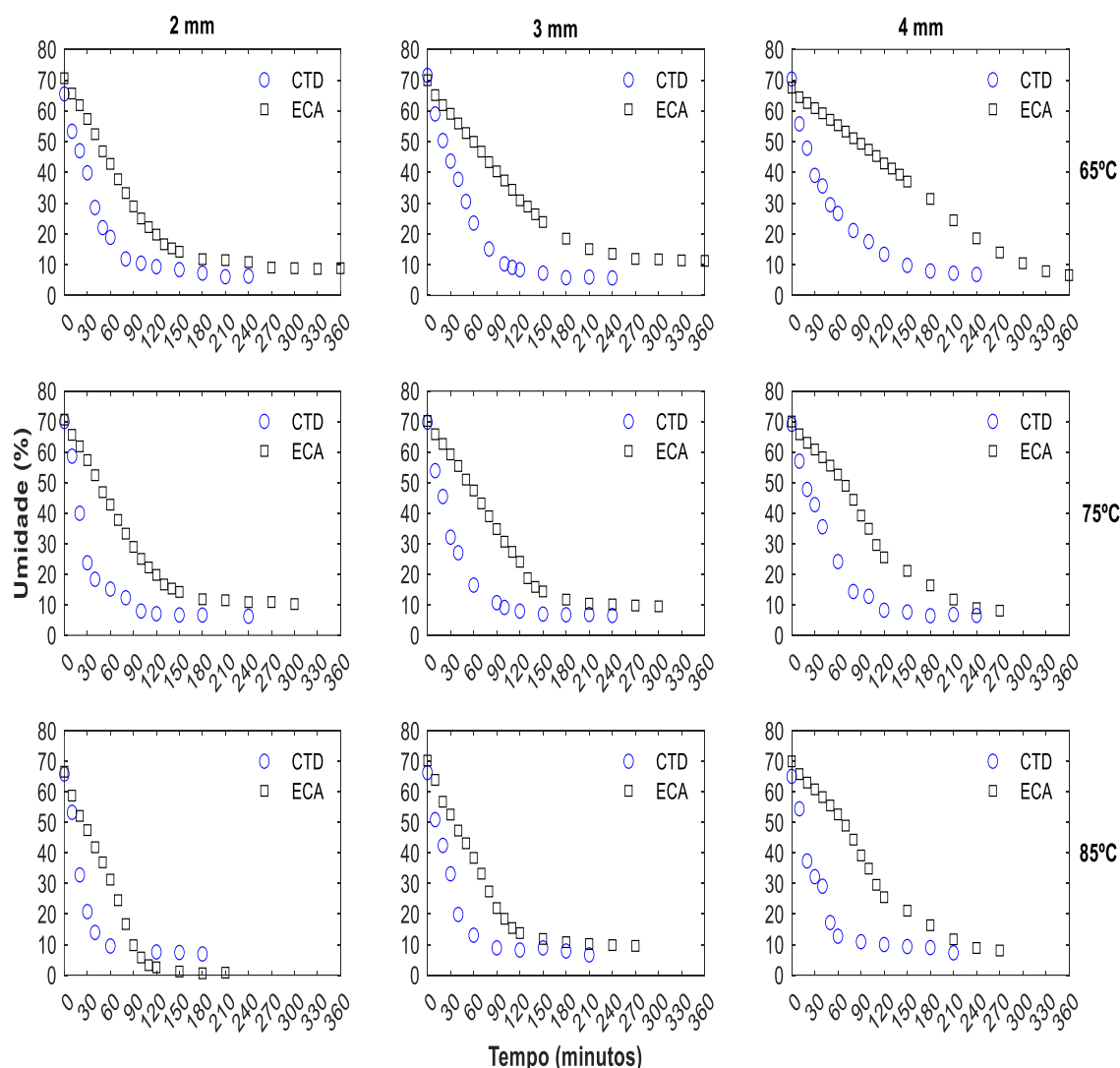


Figura 21. Cinética de secagem do subproduto de maracujá seco por estufa com circulação de ar (ECA) e *cast-tape drying* (CTD) nas temperaturas de 65, 75 e 85°C e com espessura do resíduo de 2, 3 e 4 mm
Fonte: Autora (2024).

Por meio das cinéticas de secagem, é possível observar que, para todas as condições de temperatura e espessura, o *cast-tape drying* atingiu umidades de 10% ou inferiores em tempos menores do que a estufa de circulação de ar. O *cast-tape drying* tem transferência de calor majoritariamente por condução, mas o sistema de exaustão acoplado ao equipamento também contribui com uma parcela de convecção, o que faz com que as secagens nesse equipamento sejam mais rápidas. Na espessura de 2 mm, para o *cast-tape drying*, umidades em torno de 10% foram atingidas nos tempos de 100 min, 90 min e em torno de 50 min, para as temperaturas de 65, 75 e 85°C, respectivamente. Enquanto para as mesmas condições, na estufa de circulação de ar, os tempos foram de 240 min a 65°C, 180

min a 75°C e 90 min a 85°C. Ou seja, para a maior temperatura, o tempo foi 44% maior na estufa de circulação de ar em comparação com o *cast-tape drying*.

A espessura também apresenta um efeito significativo ao nível de 10% nesses processos de secagem, mesmo tratando-se de um material bastante heterogêneo como o subproduto de maracujá. Para a temperatura de 85°C, umidades de 10% foram atingidas em torno dos tempos de 50, 80 e 90 min para as espessuras de 2, 3 e 4 mm, respectivamente, no *cast-tape drying*. Enquanto para a estufa de circulação de ar, nas mesmas condições, os tempos foram de aproximadamente. Em ambos os processos, quando se tem uma espessura mais elevada do material, há maior resistência para o calor ser transferido para o interior do material e maior resistência para a umidade 90, 180 e 230 min, respectivamente, para as espessuras de 2, 3 e 4 mm.

Uma amostra comercial de farinha de casca de maracujá apresentou umidade de $7,47 \pm 0,27$ %.Silva; Angioletto (2018) realizaram secagem polpa de maracujá azedo em *refractance window* nas temperaturas de 60 e 80°C e obtiveram valores de umidade para a temperatura de 60° C de 24,71 e de 19,16 % para a temperatura de 80° C ambos com um tempo de secagem de 2 horas. Lopes de Menezes *et al.* (2013) analisaram a cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá amarelo, e verificaram que conforme a temperatura de secagem aumentou o tempo de secagem diminuiu. Eles também destacaram que para 50°C foram necessários 1290 min (21,5h) e para as temperaturas de 60, 70 e 80°C foram necessários, respectivamente, 930 (15,5h), 690 (11,5h) e 570 min (9,5h).

Spoladore *et al.* (2014) analisaram a influência da temperatura de secagem sobre as características de cor, compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de maracujá em secagem com circulação forçada de ar avaliando 4 temperaturas diferentes (60, 70, 80 e 90 °C). Os autores observaram que o produto atingiu umidade constante aos 240 minutos para secagem a 90°C, 300 minutos para 80 °C, 390 minutos para 70 °C e 360 minutos para 60 °C, valores superiores aos observados no presente estudo para temperaturas próximas às trabalhadas. Essa diferença nos tempos pode ter dois motivos: diferença de material seco, umidade inicial e diferença de espessura de espalhamento. O material do presente trabalho foi composto do resíduo de maracujá que além da casca continha também semente e restos de polpa, enquanto no estudo de Spoladore *et al.* (2014) o material era composto somente da casca, que além da diferença de estrutura pode

também apresentar diferença na umidade inicial. Além disso, os autores não apresentaram a espessura de espalhamento, inclusive discutem que esse parâmetro possa ter influenciado no tempo de processo.

Bezerra *et al.* (2015) em estudo com secagem de casca de maracujá observaram que as taxas de secagem causadas por diferentes temperaturas foram maiores no início da secagem, enquanto no final dos processos todas as curvas de secagem estavam mais próximas umas das outras. Isso significa que nos processos no final da secagem a influência da temperatura na cinética de secagem é menor do que no início e que o transporte de umidade é controlado por fatores internos, ou seja, a natureza do material.

Silva *et al.* (2016), estudando a produção e caracterização da farinha de albedo de maracujá para uso alimentício, observaram que o equilíbrio cinético na secagem do albedo macerado foi alcançado após 1290, 930, 690 e 570 min com as temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, respectivamente.

4.2.1.1 Atividade de água e Higroscopicidade

Na Tabela 7, são apresentados os valores da atividade de água para o subproduto de maracujá seco obtido por secagem convectiva com ar quente e *cast tape drying* (CTD), em diferentes condições de processo de acordo com os experimentos do planejamento experimental, assim como os valores obtidos por liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial. A atividade de água é um critério decisivo para considerar a estabilidade e segurança microbiológica de um produto desidratado (JANGAM, S. V.; MUJUMDAR, 2010).

Os alimentos podem ser classificados em três categorias: alimentos com baixa umidade (atividade de água $<0,60$), alimentos com umidade intermediária (atividade de água $0,60-0,85$) e alimentos com alta umidade (atividade de água $>0,85$) (ERKMEN; BOZOGLU, 2016). Quanto maior a atividade de água, maiores são as chances de deterioração. As bactérias requerem valores mais altos de atividade de água para o crescimento do que os fungos. Abaixo de 0,60, não há crescimento microbiano (PATIL, 2022).

A atividade de água nos pós produzidos através da secagem por estufa convectiva com ar quente variou entre 0,227 e 0,304, sendo que o maior valor foi encontrado na menor temperatura estudada, 65°C, espessura de 2 mm e o menor valor foi encontrado na maior temperatura, 85°C, espessura 3 mm.

Tabela 7 - Atividade de água do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva com ar quente, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Atividade de água (a_w)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
<i>In natura</i>		0,993			
65	2	0,304	0,437		
65	3	0,277	0,425		
65	4	0,290	0,396		
75	2	0,254	0,445		
75	3	0,243	0,440	0,463	0,378
75	4	0,235	0,415		
85	2	0,241	0,416		
85	3	0,227	0,396		
85	4	0,248	0,418		

Fonte: Autora (2024). Os valores são médios das análises em triplicatas.

Da Silva *et al.* (2019) realizaram a secagem de albedo e casca inteira de maracujá (*Passiflora edulis*) a 70 e 80 °C e obtiveram valores de atividade de água de 0,285 para o material seco a 70° C e 0,292 para o produto obtido a 80°C. Do Rosário et al. (2022), avaliando farinha de albedo de maracujá (*Passiflora edulis*) submetidos a secagem em estufa de circulação de ar a 55° C encontraram valores médios de atividade de água para farinha de albedo de 0,374 para a amostra seca. Portanto, os resultados de atividade de água dos pós do subproduto de maracujá submetidos a secagem convectiva no presente trabalho tenderam a ser inferiores quando comparados com os Da Silva *et al.* (2019) e Do Rosário et al. (2022).

Na secagem por CTD os produtos secos obtidos apresentaram valores de atividade de água variaram na faixa entre 0,396 e 0,445, sendo os resultados, em geral, ao contrário do verificado na secagem convectiva, maiores que 0,4. Silva; Angioletto (2018) realizaram secagem de polpa de maracujá azedo em *cast-tape* e obtiveram um valor de atividade de água de 0,387 para a temperatura de 60°C e de 0,295 para a temperatura de 80°C, valores inferiores aos obtidos por CTD no presente estudo.

Segundo Mahanti et al., (2021), a atividade de água final do produto obtido em secagem por CTD depende principalmente da espessura da amostra, do tempo de secagem e da temperatura de secagem. Pavan et al., (2012), ressalta que a capacidade de absorção de água da amostra em CTD seria menor do que outras

técnicas de secagem convencionais, resultando em uma vida útil maior do produto devido à sua menor área de superfície e estrutura compacta.

A atividade de água no subproduto liofilizado foi de 0,463, revelando-se maior que o valor de 0,278 encontrado por Silva; Angioletto (2018), ao avaliarem polpa de maracujá azedo seca por liofilização.

O valor de atividade de água do pó comercial de farinha de casca de maracujá foi de 0,378 e, quando comparado com os valores de atividade de água obtidos nos três processos de secagens encontrados no presente trabalho, apresentou-se mais próximo aos achados por CTD e liofilização.

Segundo Gava (1998) a maioria do crescimento bacteriano é inibido para atividades de água abaixo de 0,6. Nesse sentido, os valores de atividade de água encontrados para os diferentes métodos de secagem neste estudo asseguram a estabilidade e conservação do produto em temperatura ambiente.

Na Tabela 8 encontram-se os valores da higroscopicidade para o subproduto de maracujá seco por secagem convectiva com ar quente e por *cast-tape drying* obtidos em diferentes condições de processo, de acordo com os experimentos do planejamento experimental, assim como os valores obtidos por liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial. A higroscopicidade mede a capacidade de adsorção de água das partículas quando expostas ao ambiente e se relaciona à retenção desta umidade, uma das principais características da estabilidade de um pó seco. Alimentos desidratados ricos em açúcares, como as frutas, são sensíveis às condições ambientais e suscetíveis a danos devido à higroscopicidade (CHITRAKAR; ZHANG; ADHIKARI, 2019; ZOTARELLI *et al.*, 2017).

Tabela 8 - Higroscopicidade do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, CTD, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Higroscopicidade (%)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
65	2	9,17 ± 0,39	5,43±0,12	17,30 ±11,68	11,71 ±0,11
65	3	9,32 ± 0,17	5,93±0,18		
65	4	9,19 ± 0,47	6,70±0,18		
75	2	8,75 ±1,80	5,93±0,69		
75	3	9,75 ±1,71	5,57±0,15		
75	4	9,24 ± 0,44	6,39±0,03		
85	2	8,63 ±1,52	6,75±0,43		

85	3	9,93 ± 0,40	7,15 ± 0,51
85	4	9,26 ± 1,00	6,54 ± 0,40

Fonte: Autora (2024). Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 8, o menor valor de higroscopicidade ($8,63 \pm 1,80\%$) foi obtido para o subproduto de maracujá seco por secagem convectiva foi encontrado na condição 85°C a 2 mm e o maior valor médio foi de $9,93 \pm 0,40\%$ na temperatura de 85°C , espessura de 3 mm (experimento 8). Já para a secagem no CTD, o menor valor, $5,43 \pm 0,12\%$, foram obtido na condição de 65°C e 2 mm (experimento 1), e o maior valor médio foi de $7,15 \pm 0,51\%$, encontrado nas condições de 85°C e 3 mm (experimento 8). De modo geral, em todas as condições de secagem avaliadas, os valores de higroscopicidade para as amostras secas por CTD foram menores que as amostras secas em estufa. Para o pó obtido por liofilização o valor tendeu a ser mais elevado, $17,30 \pm 11,68\%$. Já valor de higroscopicidade do pó comercial de farinha de casca de maracujá foi de $11,71 \pm 0,11\%$, sendo superior aos valores encontrados na secagem convectiva e na secagem por *cast-tape*.

Segundo GEA (2010), são considerados não higroscópicos aqueles produtos que apresentam valores de higroscopicidade inferiores a 10%, valores entre 10,1% e 15% levemente higroscópicos, valores 15,1% e 20% higroscópicos, muito higroscópicos para valores entre 20,1% e 25% e extremamente higroscópicos, pós com valores acima de 25%. Dessa forma, com base nesta classificação, os pós obtidos para a secagem por estufa e para a secagem por CTD se enquadram como não higroscópicos, pois os valores variam entre 5,43% e 9,93%. O pó comercial pode ser classificado como levemente higroscópicos. Já o pó liofilizado foi considerado como higroscópio.

Segundo Santana e Silva *et al.*, (2021) e Sousa *et al.*, (2021) há uma relação entre temperatura, espessura e higroscopicidade no processo de secagem de frutas, que afeta diretamente a qualidade do produto final. A temperatura influencia a taxa de evaporação da água, acelerando a secagem, mas secagens em altas temperaturas podem comprometer a retenção de nutrientes e pigmentos sensíveis, como vitaminas e antocianinas. A espessura da camada de frutas também é crucial: camadas finas secam mais rapidamente e de forma mais uniforme, enquanto camadas espessas podem resultar em secagem desigual, prejudicando a textura. A higroscopicidade, por sua vez, está ligada à capacidade de absorver ou liberar

água, e frutas secas a temperaturas mais baixas tendem a reter mais umidade residual, aumentando a probabilidade de aglomeração durante o armazenamento.

Zotarelli *et al.* (2020) realizaram secagem de manga em pó por *cast-tape* na temperatura de 95° C e obtiveram um teor de higroscopicidade de 25,4%. Wang *et al.* (2023) encontraram valores variando de 4,69% a 7,74 % em pó de amora em secagem convectiva. Oliveira (2023), variando temperatura entre 65 e 85°C, e espessura de 3 a 5 mm, encontrou valores variando de 7,46% a 11,76% em pó de resíduo de cupuaçu em secagem convectiva e valores de 6,30% a 11,75% em secagem por CTD. Ribeiro (2014) encontrou valores variando de 7,90% a 11,0% em pó da polpa de acerola liofilizada, e Souza (2018) encontrou valores variando de 4,97 % a 8,57 % em pó da polpa de manga cv. Kent liofilizada. Kobo *et al.* (2022) encontraram valores de higroscopicidade que variaram de 2,05 a 2,13 em estudos com pós de casca de maracujá liofilizados obtidos com amido ceroso, goma arábica e maltodextrina como agentes aditivos.

Na Tabela 9, levando em conta o planejamento fatorial 2³, são apresentados os valores dos efeitos quantificados dos fatores obtidos para a atividade de água e higroscopicidade.

Tabela 9 - Efeitos significativos para atividade de água, higroscopicidade para o planejamento fatorial 2³.

Fator	Atividade de água		Higroscopicidade	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Média	0,344	0,0051	7,71	0,0000
X ₁	-	-	-	-
X ₂	-	-	-	-
X ₃	-0,073	0,0240	1,35	0,0002
X ₁ X ₂	-	-	-	-
X ₁ X ₃	-	-	-	-
X ₂ X ₃	-	-	-	-
R ²	0,9887		0,9118	

(-) efeito com p-valor maior que 0,1

As equações empíricas com os coeficientes significativos ($\alpha=10\%$) obtidas, a partir dos planejamentos fatoriais a três níveis, para representar a variação de atividade de água e higroscopicidade do produto seco são apresentadas, respectivamente, nas Equações 9 e 10 para a secagem em estufa convectiva, e nas Equações 11 e 12 para *cast-tape drying*. Os coeficientes de determinação (R²) para estas equações foram 0,9222 e 0,8064, respectivamente, para atividade de

água e higroscopicidade na secagem em estufa. Já na secagem em CTD, os valores de R^2 foram 0,8238 e 0,8462, respectivamente, para atividade de água e higroscopicidade. As superfícies de resposta representadas pelas Equações de 9 a 12 são mostradas na Figura 22.

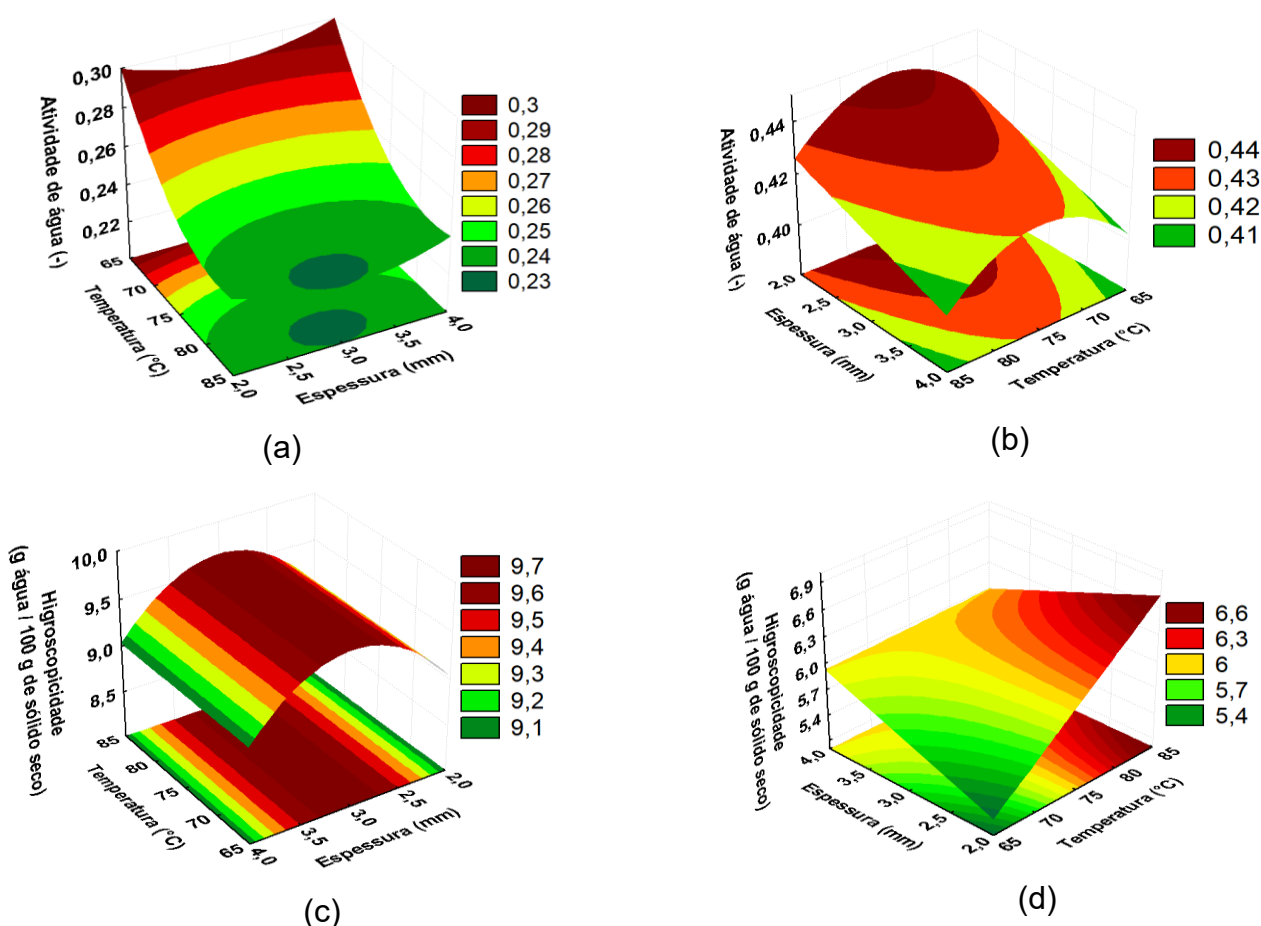
$$\hat{y}_1 = 0,24 - 0,03X_1 + 0,02X_1^2 + 0,01X_2^2 \quad (9)$$

$$\hat{y}_2 = 9,66 - 0,63X_2^2 \quad (10)$$

$$\hat{z}_1 = 0,433 - 0,012X_2 - 0,019X_1^2 \quad (11)$$

$$\hat{z}_2 = 5,96 + 0,40X_1 - 0,37X_1X_2 \quad (12)$$

Figura 22 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura da camada espalhada de resíduo de maracujá para: (a) e (b) atividade de água; (c) e (d) higroscopicidade; sendo (a) e (c) para secagem em estufa convectiva e (b) e (d) para *cast-tape drying*.



Fonte: Autora (2024).

De acordo com as Equações de 9 a 12, em geral, os dois fatores investigados afetaram de forma significativa (embora nem sempre por meio do efeito principal) nas respostas, tanto na secagem convectiva quanto na CTD. Por outro lado, segundo a Equação 10, na variação da higroscopicidade no processo de secagem convectiva, somente a variável espessura da camada a ser seca foi significativa. Além disso, os efeitos calculados (Tabela 9) para o planejamento 2³ mostram que o método de secagem também influenciou de forma significativa nessas respostas, sendo que a secagem em estufa convectiva resultou em menor atividade de água (efeito negativo para X_3), e o material seco foi menos higroscópico no CTD (efeito positivo para X_3).

Analisando as superfícies de resposta da Figura 22 nota-se que a atividade de água foi menor: para secagem em estufa convectiva (Figura 22 (a)), associando níveis mais elevados temperatura com e níveis intermediários de espessura; e, para o processo de CTD (Figura 22 (b)), combinando níveis extremos de temperatura com maiores espessuras.

Em relação à higroscopicidade, percebe-se na Figura 22 (c) que para a secagem em estufa convectiva o produto obtido foi mais higroscópico para espessuras intermediárias, sendo menor nos níveis extremos (efeito quadrático). Já no processo de CTD, observa-se na Figura 22 (d) que o material seco apresentou maior higroscopicidade combinando maiores temperaturas e menores espessuras.

4.2.1.2 Cor Instrumental

Os resultados dos parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* e b^*) do subproduto de maracujá *in natura* e dos pós obtidos no processo de secagem convectiva e por *cast-tape drying* são apresentados na Tabela 10. A cor é uma característica determinante da qualidade de produtos alimentícios, sendo um parâmetro de aceitação ou não para o consumidor final. É um aspecto muito importante que a cor do alimento seja preservada após a secagem (SPRICIGO, P. C ; FERREIRA, 2017). Assim, foi realizado um comparativo entre os parâmetros de cor encontrados no subproduto de maracujá *in natura* e nas amostras desidratadas. Na Figura 23 são mostradas as imagens do resíduo *in natura* e dos subproduto secos por secagem convectiva com ar quente, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

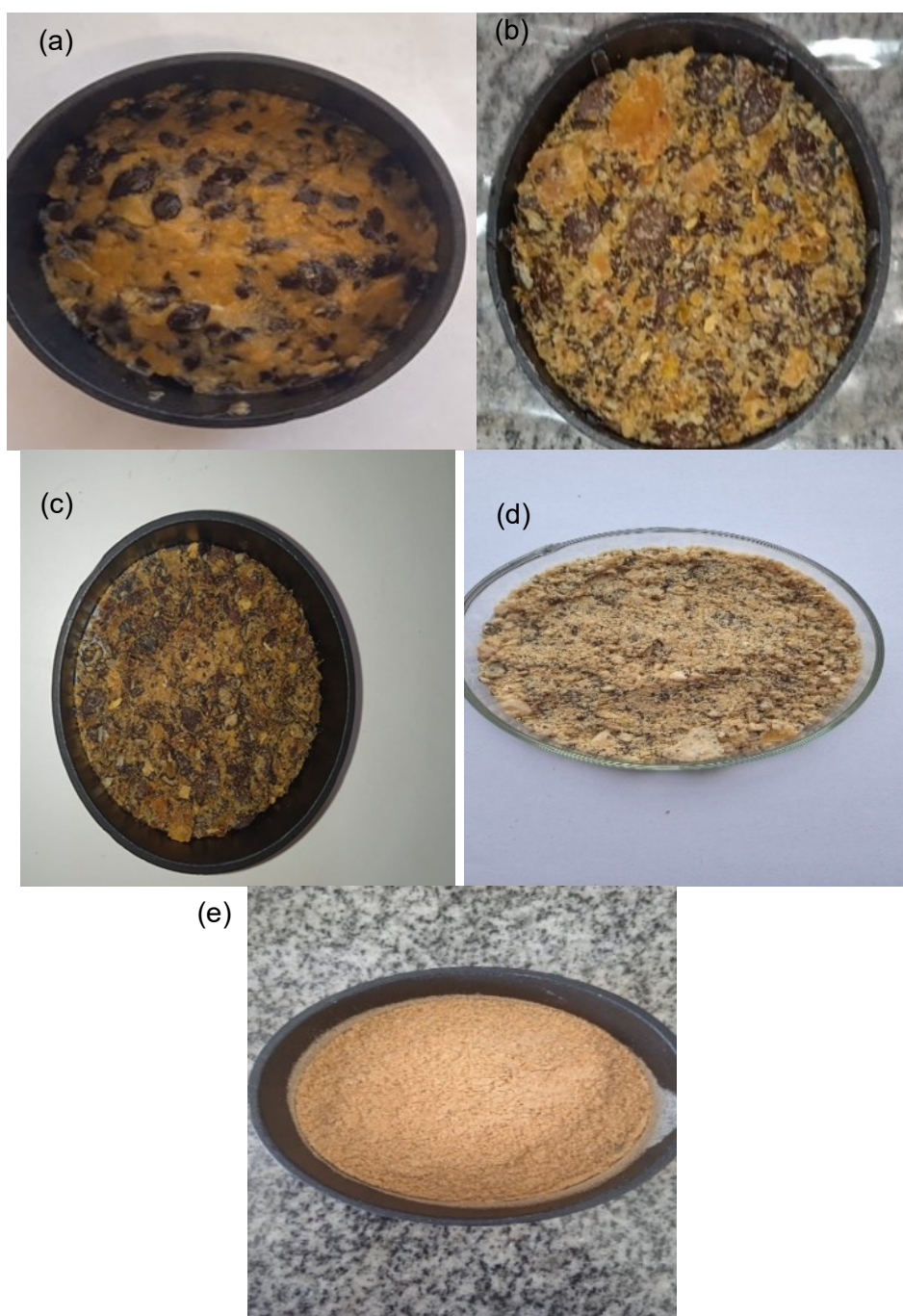


Figura 23 - Imagens do subproduto *in natura* (a); resíduo seco pelo método de secagem em estufa convectiva (b); resíduo seco por CTD (c); resíduo seco por liofilização (d); pó da farinha de casca de maracujá comercial (e).

Fonte: Autoria própria (2024).

Observando os valores apresentados na Tabela 10, pode ser notado que o parâmetro L^* obtido nos pós de resíduos de maracujá por secagem em estufa convectiva variou de $8,29 \pm 0,15$ a $12,07 \pm 0,28$, sendo que o resultado após a secagem convectiva tendeu a ser menor quando comparado ao material *in natura* ($12,44 \pm 0,24$). O maior valor de luminosidade no produto seco por secagem convectiva foi encontrado na condição de 65°C 2 mm (experimento 1), e o menor

valor na temperatura de 75°C e espessura de 4 mm (experimento 6), lembrando que quanto maior esse valor, mais claro o produto. Por outro lado, no processo de CTD, a luminosidade variou entre $11,43 \pm 0,03$ a $14,59 \pm 0,19$, sendo que nem sempre o material seco foi mais claro em comparação ao *in natura*. Também, nesta faixa, o maior valor de luminosidade foi encontrado na condição de temperatura de 65° C e espessura de 2 mm (experimento 1), e o menor valor foi obtido na condição de 75°C e 3 mm (experimento 5).

Tabela 10 - Parâmetros de cor do subproduto de maracujá seco em estufa convectiva, *caste – tape Drying*, liofilização e do pó comercial.

Amostra/ Experimento	Estufa Convectiva			Caste-tape Drying		
	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
<i>In natura</i>	$12,44 \pm 0,24$	$-0,600 \pm 0,06$	$8,54 \pm 0,06$	$12,44 \pm 0,24$	$-0,600 \pm 0,06$	$8,54 \pm 0,06$
65° C – 2 mm	$12,07 \pm 0,28$	$-1,49 \pm 0,08$	$13,14 \pm 0,24$	$14,59 \pm 0,19$	$1,76 \pm 0,07$	$14,16 \pm 0,18$
65° C – 3 mm	$10,15 \pm 0,08$	$-1,31 \pm 0,14$	$11,38 \pm 0,12$	$13,43 \pm 0,24$	$1,28 \pm 0,07$	$12,50 \pm 0,36$
65° C – 4 mm	$11,38 \pm 0,02$	$-1,35 \pm 0,01$	$12,32 \pm 0,05$	$13,87 \pm 0,17$	$2,10 \pm 0,10$	$13,60 \pm 0,12$
75° C – 2 mm	$9,62 \pm 0,04$	$-1,79 \pm 0,03$	$10,60 \pm 0,08$	$12,17 \pm 0,04$	$1,17 \pm 0,04$	$12,59 \pm 0,14$
75° C – 3 mm	$10,73 \pm 0,01$	$-1,94 \pm 0,03$	$12,12 \pm 0,06$	$11,43 \pm 0,41$	$0,99 \pm 0,13$	$11,93 \pm 0,13$
75° C – 4 mm	$8,29 \pm 0,15$	$-2,05 \pm 0,05$	$10,18 \pm 0,01$	$11,44 \pm 0,03$	$0,93 \pm 0,18$	$11,57 \pm 0,10$
85° C – 2 mm	$10,86 \pm 0,15$	$-2,12 \pm 0,01$	$15,34 \pm 0,01$	$12,09 \pm 0,03$	$1,03 \pm 0,16$	$11,88 \pm 0,08$
85° C – 3 mm	$11,01 \pm 0,02$	$-3,02 \pm 0,13$	$13,71 \pm 0,02$	$11,93 \pm 0,05$	$1,29 \pm 0,06$	$12,49 \pm 0,03$
85° C – 4 mm	$9,09 \pm 0,02$	$-2,50 \pm 0,41$	$11,31 \pm 0,05$	$12,55 \pm 0,15$	$0,91 \pm 0,07$	$12,40 \pm 0,02$
	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>			
Liofilização	$28,57 \pm 0,04$	$0,8 \pm 0,04$	$13,95 \pm 0,02$			
Pó comercial	$25,09 \pm 0,01$	$1,91 \pm 0,08$	$13,45 \pm 0,13$			

Fonte: Autora (2024). Os valores são médios $\pm$ desvio padrão das análises em triplicatas.

O parâmetro *b** representa a coloração amarela, sendo que quanto maior (mais positivo) for seu valor, mais amarelo é o material (característica visual do subproduto de maracujá *in natura* - Figuras 12 ou 20 (a)). Na secagem convectiva os valores encontrados para esse parâmetro foram maiores que no subproduto *in natura* ($8,54 \pm 0,06$), variando de $10,18 \pm 0,01$ a $15,34 \pm 0,01$, sendo que o maior valor foi encontrado na temperatura de 85°C e espessura de 2 mm, e o menor valor foi obtido na condição de 75°C e 4 mm. Já na secagem em *caste-tape dryer*, os valores encontrados para o parâmetro *b** variaram de $11,57 \pm 0,10$ a $14,16 \pm 0,18$, sendo que, assim como na secagem convectiva, os pós se mostraram mais amarelos em relação ao resíduo *in natura*. O maior valor na secagem por *caste-tape* foi na temperatura de 65°C e na espessura de 2 mm, e menor valor foi condição de 75°C e 4 mm.

O parâmetro a^* indica uma tendência às cores verdes (quanto mais negativo o valor) ou vermelhas (quanto mais positivo). Na secagem em estufa convectiva, verifica-se que, em geral, os valores do parâmetro a^* apresentaram-se negativos, e nota-se uma tendência de diminuir com o aumento da temperatura, o que mostra uma tendência do aumento da coloração verde com temperaturas mais elevadas. Além disso, os valores encontrados para esse parâmetro tenderam a diminuir comparando a amostra *in natura* com o produto seco, sendo que após a secagem os valores variaram de $-3,02 \pm 0,13$ a $-1,31 \pm 0,14$, em que o menor valor foi na temperatura de 85°C e na espessura de 3 mm, e o maior valor na condição de 65°C e 3 mm. Por outro lado, na operação por CTD, os valores encontrados de parâmetro a^* foram de $0,91 \pm 0,07$ a $2,10 \pm 0,10$ (positivos, ao contrário do observado no produto seco na estufa), sendo que o maior valor foi na temperatura de 65°C e na espessura de 4 mm, e menor valor foi na condição de 85°C e 4 mm.

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados dos parâmetros de cor instrumental (L^* , a^* e b^*) para o subproduto de maracujá seco obtido no processo de secagem por liofilização e para o pó comercial de farinha de casca de maracujá.

Diante dos resultados apresentados nas Tabelas 10, observa-se que o parâmetro de luminosidade (L^*) para o produto liofilizado foi de $28,57 \pm 0,04$, sendo maior em relação ao *in natura* e aos materiais desidratados obtidos na secagem convectiva e por CTD, ou seja, um produto mais claro foi encontrado a partir da liofilização. Ainda em relação ao material obtido no liofilizador, o valor de a^* verificado foi de $0,8 \pm 0,04$ e o parâmetro b^* apresentou valor de $13,95 \pm 0,02$ (tendendo a ser mais amarelo em relação às demais amostras).

Comparando o valor de cor do pó comercial (farinha de casca de maracujá) com as amostras secas no presente trabalho, nota-se que o parâmetro L^* do pó comercial foi inferior ao valor do pó liofilizado, mas superior ao encontrado por estufa convectiva e CTD. Já em relação aos parâmetros a^* e b^* tem-se que: o a^* tendeu a ser maior e o b^* menor que no pó liofilizado; e, em geral, tenderam a ser maiores em relação aos produtos obtidos por secagem convectiva e CTD (considerando o conjunto de experimentos do planejamento). Vale destacar que no presente estudo o resíduo de maracujá foi composto por caule, cascas, albedo, sementes e restos de polpa aderida, e o pó comercial é descrito na embalagem como sendo casca de maracujá.

Silva *et al.* (2016) em estudo de caracterização de farinha do albedo de maracujá para uso alimentício realizado em secagem convectiva (secador de

bandejas) nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C encontraram valores de luminosidade (L^*) em farinhas de maracujá variando entre 83,99 para a farinha a 50°C e 94,50 para a farinha a 70°C. O parâmetro a^* variou entre 1,82 para a farinha a 50°C, a 4,62 farinhas a 80°C. O parâmetro b^* , que representa a coloração amarela, variou de 20,09, para a farinha a 50 °C, a 30,06, para as farinhas a 80°C, aumentando com a elevação da temperatura. Em geral, esses resultados da literatura se mostraram maiores em comparação aos obtidos no presente estudo.

Na Tabela 11, para o planejamento 2³, são mostrados os efeitos estimados para os resultados de cor instrumental, para os parâmetros L^* e a^* . Para o parâmetro b^* , a estimativa dos efeitos apresentou um coeficiente de determinação (R^2) baixo e os efeitos não foram significativos.

Tabela 11 - Efeitos significativos para cor instrumental (parâmetros L^* e a^*) para o planejamento fatorial 2³.

Fator	Parâmetro L^*		Parâmetro a^*	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Média	12,06	0,0000	-0,21	0,0007
X ₁	-0,92	0,0115	-0,46	0,0001
X ₂	-	-	-	-
X ₃	-1,21	0,0052	-1,66	0,0000
X ₁ X ₂	-	-	-0,12	0,0021
X ₁ X ₃	-	-	0,02	0,0887
X ₂ X ₃	-	-	-0,06	0,0093
R²	0,9684		0,9999	

(-) efeito com p-valor maior que 0,1

A partir dos planejamentos fatoriais a três níveis, as equações empíricas com os coeficientes significativos ($\alpha=10\%$) obtidas para representar a variação da cor, isto é, parâmetros L^* , a^* e b^* , são apresentadas, respectivamente, nas Equações de 13 a 15 para a secagem em estufa convectiva, e nas Equações 16 e 17 para *cast-tape drying* (para L^* e b^* - para o parâmetro a^* , a estimativa dos coeficientes do modelo apresentou um coeficiente de determinação (R^2) baixo e os coeficientes estimados do modelo não foram significativos). Os coeficientes de determinação (R^2) para estas equações foram 0,9222, 0,8935 e 0,8970, respectivamente, para os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* , na secagem em estufa. Já na secagem em CTD, os valores de R^2 foram 0,9634 e 0,9220, respectivamente, para os parâmetros L^* e b^* .

As superfícies de resposta representadas pelas Equações de 13 a 17 são mostradas na Figura 24.

$$\hat{y}_3 = 10,48 - 0,94X_1 - 0,63X_2 + 1,71X_1^2 - 1,41X_2^2 \quad (13)$$

$$\hat{y}_4 = -2,06 - 0,58X_1 \quad (14)$$

$$\hat{y}_5 = 11,73 - 0,88X_2 + 2,35X_1^2 \quad (15)$$

$$\hat{z}_3 = 11,33 - 0,89X_1 + 1,40X_1^2 + 0,52X_2^2 \quad (16)$$

$$\hat{z}_4 = 12,03 - 0,81X_1 + 1,04X_1^2 \quad (17)$$

Conforme as Equações de 13 a 17, as duas variáveis independentes tenderam a influenciar os parâmetros de cor de forma significativa, porém, o parâmetro a^* , para secagem convectiva, e o parâmetro b^* , para *cast-tape drying*, foram afetados somente pela temperatura. Ademais, o processo de secagem também afetou de forma significativa nos parâmetros L^* e a^* (Tabela 12 para o planejamento 2³), sendo que o efeito negativo para X_3 para a resposta luminosidade mostra que o material seco obtido no CTD tendeu a ser mais claro que na secagem convectiva.

Observando a superfície de resposta da Figura 24 (a) verifica-se que para a secagem em estufa convectiva a luminosidade foi maior associando espessuras intermediárias com menores temperaturas. Já em *cast-tape drying* (Figura 24 (b)), o material seco foi mais claro combinando temperaturas mais baixas com níveis extremos de espessura.

No que diz respeito ao parâmetro b^* , para secagem convectiva (Figura 24 (c)) percebe-se que o material seco tendeu a ser mais ao amarelo aliando menores espessuras com temperaturas extremas. Já na secagem por *cast-tape* (Figura 24 (d)), o parâmetro b^* foi maior para temperaturas mais baixas.

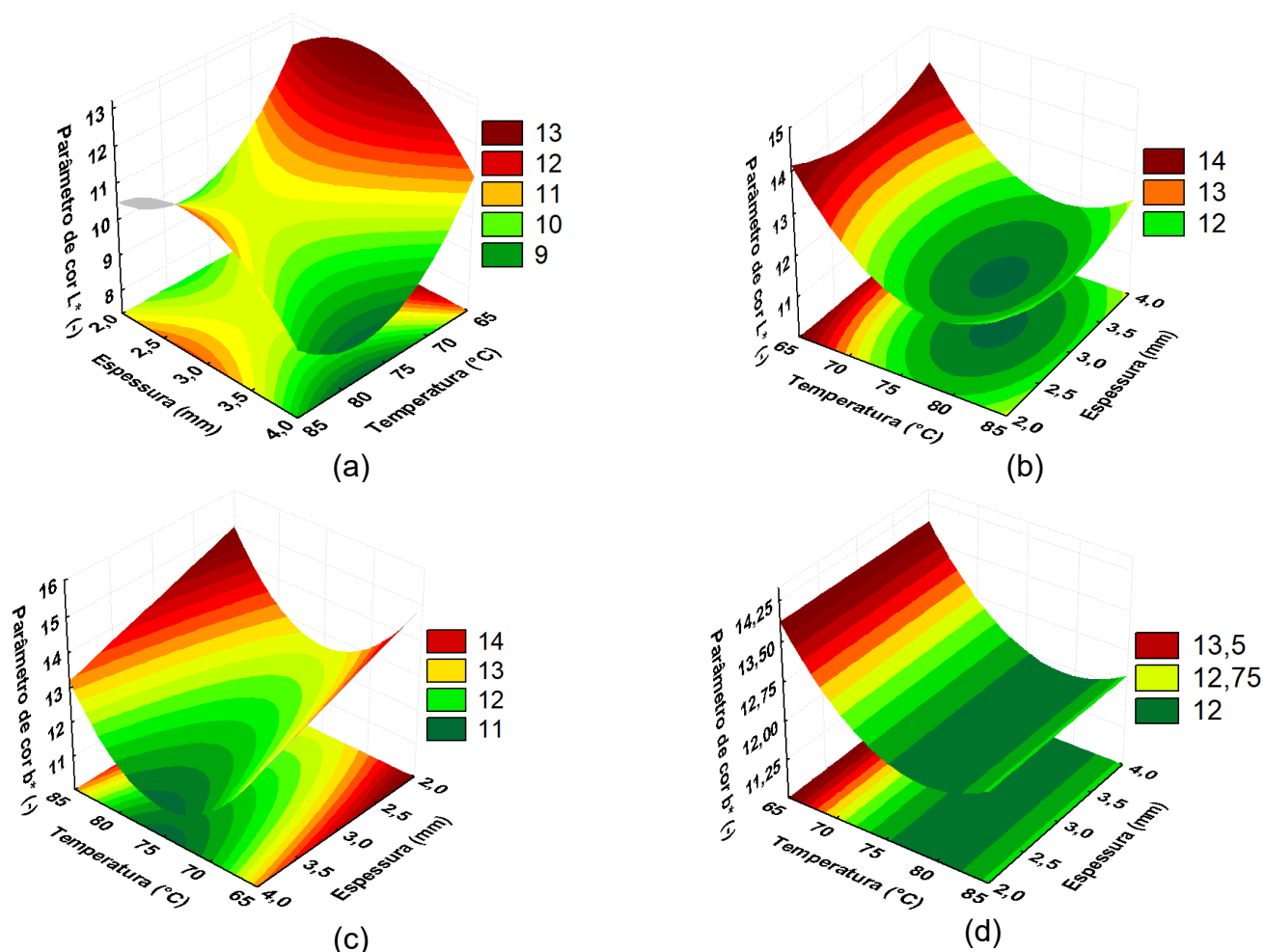


Figura 24 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura da camada espalhada de subproduto de maracujá para: (a) e (b) parâmetro L^* ; (c) e (d) parâmetro b^* ; sendo (a) e (c) para secagem em estufa convectiva e (b) e (d) para *cast-tape drying*.

Fonte: Autora (2024).

4.2.1.3 Acidez Total e Compostos Bioativos

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados da acidez total do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Tabela 13 - Acidez total do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva com ar quente, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Acidez total (mg ácido cítrico / 100 g amostra seca)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
<i>In natura</i>		7993,38 ± 988,92			
65	2	4034,9±317,66	2599,05±207,92		
65	3	3997,8±314,74	2716,82±417,97		
65	4	4074,56±320,78	2782,33±206,09		
75	2	4403,12±476,65	4812,21±801,27	4446,20±398,16	
75	3	4371,79±236,63	4312,36±210,35		2649,98±407,69
75	4	4980,59±718,88	3489,04±211,45		
85	2	4280,79±239,17	4487,65±399,68		
85	3	4306,56±466,19	4345,98±211,99		
85	4	4340,18 ±469,83	4570,18±407,03		

Fonte: Autoria própria (2024). Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Os resultados de acidez total encontrados no presente trabalho variaram para estufa de 3997,8 a 4980,59 mg ácido cítrico·100 g amostra seca, sendo que o maior valor foi encontrado no experimento 6 na temperatura de 75°C, espessura de 4 mm (experimento 6), e o menor valor obtido na condição de 65°C e 3 mm (experimento 2), enquanto para o método de CTD os valores variaram entre 2599,05 e 4812,21 mg ácido cítrico·100 g amostra seca, com o maior valor encontrado na temperatura de 75°C e na espessura de 2 mm (experimento 4), e o menor valor encontrado na combinação 65°C e 2 mm (experimento 1). Já no resíduo de maracujá liofilizado foi obtido um valor de 4446,20 mg ácido cítrico·100 g amostra seca. Portanto, a acidez nos produtos secos foi, nos três métodos, menor que o valor de encontrado subproduto *in natura*, 7707,9 mg ácido cítrico·100 g⁻¹. Por outro lado, o valor de acidez no pó comercial de farinha de casca de maracujá, 2649,98±407,69 mg ácido cítrico·100 g amostra seca, em geral, tendeu a ser menor que os resultados observados nos produtos de secagem do presente estudo nos diferentes métodos.

Silva (2015) avaliou a acidez do maracujá *in natura* e após a secagem. O valor encontrado pelo autor para o maracujá *in natura* foi de 2701,35±89,13 mg ácido cítrico·100 g amostra seca e após a desidratação por ar quente, a acidez variou entre 1400 e 1600 mg ácido cítrico·100 g amostra seca. Também, Silva (2015) ao avaliar subproduto maracujá de liofilizado, encontrou valores variando de 1396,17 a 2561,38 mg ácido cítrico·100 g amostra seca.

Na Tabela 14 estão apresentados os resultados de ácido ascórbico do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Tabela 14 – Teor de ácido ascórbico do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico / 100 g amostra seca)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
<i>In natura</i>		332,84±17,34			
65	2	95,54±12,20	51,57±11,30	127,30±6,80	60,68±12,79
65	3	103,68±6,98	93,31±11,35		
65	4	101,07±7,11	88,61±10,56		
75	2	88,74±16,72	79,58±8,47		
75	3	84,72±8,30	90,45±17,04		
75	4	88,35±16,64	83,92±18,76		
85	2	102,76 ±22,51	113,91±11,34		
85	3	126,86±16,35	133,22±10,86		
85	4	114,39±16,48	119,52±10,89		

Fonte: Autora (2024). Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Os resultados de ácido ascórbico encontrados no presente trabalho variaram, para secagem em estufa, de 84,72 a 126,86 mg de ácido ascórbico/100 g amostra seca, sendo que o maior valor médio foi encontrado na temperatura de 85°C e na espessura de 3mm, e o menor valor na condição de 75°C e 3 mm. Na operação por CTD os valores foram entre 51,57 e 133,22 mg de ácido ascórbico/100 g amostra seca, em que o maior valor foi encontrado na temperatura de temperatura de 85°C, espessura de 3 mm e o menor valor foi encontrado associando 65°C e 2 mm. Já teor de ácido ascórbico do resíduo de maracujá liofilizado foi de 127,3 mg de ácido ascórbico/100 g amostra seca. Desta forma, o teor de ácido ascórbico encontrado nos diferentes métodos de secagem e condições experimentais revela-se inferior ao obtido no resíduo *in natura*, que foi de 332,84 mg de ácido ascórbico/100 g amostra seca. Além disso, o valor obtido para este composto bioativo no produto comercial foi de 60,68 mg de ácido ascórbico/100 g amostra seca, tendendo a ser, em geral, menor que o valor observado nos três métodos de secagem investigados.

Silva (2015) avaliou o teor de ácido ascórbico do maracujá *in natura* e após a desidratação, utilizando diferentes métodos de secagem e obteve valores de

ascórbico de 0,54 mg ácido ascórbico/100 g amostra seca para resíduo *in natura* e após a desidratação por ar quente, os teores de ácido ascórbico variaram entre 0,35 e 2,86 mg ácido ascórbico/100 g amostra seca. Portanto, o resultado de ácido ascórbico do resíduo de maracujá seco do presente estudo foi superior quando comparados com os Silva (2015).

Silva; Angioletto (2018) em estudo em secagem de polpa de maracujá-azedo por *cast-tape drying* nas temperaturas de 60 e 80°C encontraram valores de ácido ascórbico de 200,01 mg/100g sólido seco para polpa seca a temperatura de 60°C e de 145,13 mg/100g sólido seco para polpa seca na temperatura de 80°C. Portanto, os resultados de ácido ascórbico do resíduo de maracujá após desidratação por CTD no presente estudo foram inferiores quando comparados com os achados de Silva; Angioletto, (2018). Os mesmos autores, ao avaliarem a polpa de maracujá azedo seca por liofilização encontraram um valor de 223,68 mg/100 g sólido seco para vitamina C. Shende; Datta (2020)

No estudo conduzido por Abonyi et al. (2002), os autores investigaram a retenção de qualidade em purês de morango e cenoura secos utilizando o método *cast-tape drying* a uma temperatura de 95 °C. Os resultados indicaram que a secagem por *cast-tape drying* preservou melhor a cor, o teor de vitamina C e os compostos voláteis de sabor nos purês de morango, bem como a cor e o teor de β -caroteno nos purês de cenoura, em comparação com outros métodos de secagem avaliados.

Na Tabela 15 estão apresentados os resultados dos fenólicos totais do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Na secagem convectiva em estufa os valores de fenólicos totais variaram de 4282,30 $\pm$ 330,11 a 6172,23 $\pm$ 321,29 mg ácido gálico /100g amostra seca sendo que a maior quantidade foi obtida para 75°C e 2 mm (experimento 4), e menor quantidade para 75°C e 3 mm (experimento 5). Já para o processo de CTD o menor valor foi de 3185,75 $\pm$ 1005,28 na condição de 85°C e 4 mm (experimento 9), e o maior valor foi de 4995,60 $\pm$ 408,98 mg ácido gálico /100g amostra seca combinando 75°C e 4 mm (experimento 6), sendo sempre menor que o resultado para o subproduto *in natura*, 5491,63 $\pm$ 197,65 mg ácido gálico /100g amostra seca. A determinação de fenólicos totais no resíduo liofilizado resultou em 2892,34 $\pm$ 309,09 mg ácido gálico /100g amostra seca, valor menor em comparação ao observado no subproduto *in natura* e nos produtos secos obtidos pelos outros dois métodos de

secagem. Por fim, para o produto comercial, verificou-se $5463,20 \pm 464,72$ mg ácido gálico /100g amostra seca, sendo maior que os valores encontrados na liofilização e no *cast-tape drying*, mas dentro da faixa de valores verificados na secagem convectiva no presente estudo.

Tabela 15 - Fenólicos totais do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Fenólicos (mg ác. gálico·100 g ⁻¹) (b.s.)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
<i>In natura</i>		5491,63±197,65			
65	2	5821,54±457,22	4193,57±262,66		
65	3	4713,74±366,09	4007,10±349,80		
65	4	5804,34±329,85	4112,41±185,89		
75	2	6172,23±321,29	4503,24±302,99	2892,34 ± 309,09	5463,20 ± 464,72
75	3	4282,30±330,11	4793,06±471,53		
75	4	6011,13±308,72	4995,60±408,98		
85	2	5084,41±666,52	3343,49±827,60		
85	3	6077,08±663,40	3643,63±651,32		
85	4	5815,22±732,62	3185,75±1005,28		

Fonte: Autora (2024). Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Silva *et al.* (2014) avaliaram o teor de fenólicos totais em maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims) em secador roto-aerado, e encontraram 765,09 mg de equivalente de ácido gálico/100 g (base seca) na polpa e 451,06 mg de equivalente de ácido gálico/100 g (base seca) de casca. Silva (2015) avaliando a secagem de maracujá por ar quente obteve valores variando entre 100,42 e 179,97 mg/ ácido gálico/100 g (base seca) e obteve em seus resultados com resíduo de maracujá liofilizado teores de 180-190 mg ácido gálico / 100 g amostra seca após 72 h. Já Setembro-Malaterre *et al.* (2016) encontraram 286,6 mg equivalente de ácido gálico/100 g na polpa de maracujá.

Reis *et al.* (2018) em estudo de caracterização físico-química encontraram valores de fenólicos totais para maracujá amarelo de 1061,87 mg ácido gálico / 100 g amostra seca para cascas, e de 346,69 mg ácido gálico / 100 g amostra seca para sementes. Rosário *et al.* (2022) em estudo com secagem em estufa de circulação de ar na temperatura a 55°C obtiveram teores de fenólicos totais de 18,88 mg ácido gálico / 100 g amostra seca para farinha de albedo de maracujá. Samyori; Deka; Das (2021) em estudo sobre propriedades físico-químicas e

fitoquímicas do pó de maracujá seco (*Passiflora edulis Sims*) por *foam mat drying* nas temperaturas de 40 e 60°C encontraram valores para o teor de fenólicos totais do pó de maracujá seco de 182,5 a 319,62 mg ácido gálico / 100 g amostra seca.

Asiimwe *et al.* (2022) em estudo de otimização das condições de secagem por *cast-tape drying* de purê de maracujá, encontraram valores para o pó da mistura de polpa de maracujá com carboximetilcelulose, que variaram de 226,98 a 385,21 mg ácido gálico / 100 g amostra seca. Waghmare (2021) em estudo de *cast-tape drying* afirmou que o aumento dos compostos fenólicos após a secagem pode ser devido à maior degradação dos componentes celulares e à descarga de compostos fenólicos ligados. O composto fenólico total em seu estudo foi afetado pela espessura da polpa. Ele observou que a maior espessura do material apresentou maior teor de fenólicos totais na secagem por *cast-tape*.

Para Papoutsis *et al.* (2018) e Waghmare (2021) as condições de processamento de secagem têm um efeito significativo sobre os compostos fenólicos no processo de secagem por *cast-tape*, os parâmetros de secagem como exposição de luz, oxigênio e alta temperatura afetam a retenção de compostos fenólicos.

Na Tabela 16 estão apresentados os resultados dos flavonoides totais do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Para os resultados de flavonoides totais, a secagem por estufa convectiva apresentou maior valor, de 66,15 mg rutina·100 g amostra seca de flavonoides, na temperatura de 65°C e na espessura de 2mm (experimento 1), e menor valor, de 35,63 mg rutina·100 g amostra seca na condição de 85°C a 4 mm (experimento 9). Para o processo de CTD, o maior valor foi de 45,50 mg rutina·100 g amostra seca de flavonoides, associando 85°C e 2mm (experimento 7), e menor valor foi de 28,24 mg rutina·100 g amostra seca, na condição de 75 °C e 3 mm (experimento 5). Já subproduto de maracujá liofilizado apresentou valor de 199,39 mg rutina·100 g amostra seca amostra seca, tendendo a ser superior quando comparado ao subproduto de maracujá *in natura* foi de 113,17 mg rutina·100 g amostra seca, ao contrário do que foi verificado para secagem convectiva e CTD. Por fim, o valor de flavonoides totais do pó comercial de farinha de casca de maracujá foi de 82,17 mg rutina·100 g amostra seca, e, quando comparado com os valores médios de flavonoide dos produtos secos obtidos nos três processos de secagens: tendeu a

ser superior aos valores encontrados na secagem convectiva por *cast-tape drying*, e menor em relação ao produto liofilizado.

Tabela 16 - Flavonoides totais do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Flavonoides totais (mg rutina·100 g-1) (b.s.)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
<i>In natura</i>		113,17±20,18			
65	2	66,15±4,08	34,77±4,35		
65	3	48,1 ± 3,84	34,22±9,67		
65	4	62,23±3,10	37,60±6,28		
75	2	59,09±4,27	31,67±5,03		
75	3	46,00±6,31	38,55±7,14	199,39±52,44	82,17±12,81
75	4	54,87±4,84	42,95±11,43		
85	2	44,25±3,75	45,50±17,46		
85	3	42,71±2,84	43,08±15,78		
85	4	35,63±4,36	41,98±12,74		

Fonte: Autoria própria (2024). Os valores são médios ± desvio padrão das análises em triplicatas.

Silva (2015) avaliando secagem de maracujá em secagem por ar quente obteve valores variando entre 1,84 e 2,70 mg rutina·100 g amostra seca, e obteve em seus resultados com subproduto de maracujá liofilizado teores de 180-190 mg ácido gálico·100 g amostra seca amostra seca após 72 h. Já Septiembre-Malaterre *et al.* (2016) encontraram 70,1 mg equivalente de quercetina·100 g amostra seca na polpa de maracujá.

Reis *et al.* (2018) em estudo de caracterização físico-química de maracujás amarelo, roxo e laranja encontraram valores de flavonoides para maracujá amarelo de 506,45 mg quercetina·100 g amostra seca para polpa, e de 375,32 mg quercetina·100 g amostra seca para sementes. Rosário *et al.* (2022) em estudo com secagem em estufa de circulação de ar na temperatura a 55°C obtiveram teores de flavonoides de 0,75 mg·100 g amostra seca *in natura* e de 13,51 mg·100 g amostra seca para farinha de albedo de maracujá. Portanto, o resultado de flavonoides dos pós do resíduo de maracujá foi inferior quando comparados com os Silva (2015), Reis *et al.* (2018) e próximo aos de Septiembre-Malaterre *et al.* (2016) e Rosário *et al.* (2022).

Em resumo, o melhor método para preservar os flavonoides do subproduto de maracujá depende do equilíbrio entre temperatura, tempo de secagem e

espessura da amostra. A liofilização é o método mais eficiente para retenção desses compostos, enquanto a secagem convectiva e o *cast-tape drying* podem ser otimizados para minimizar perdas, ajustando temperatura e tempo de exposição. A farinha comercial, por passar por processamento industrial e armazenamento prolongado, geralmente apresenta menores teores de flavonoides.

Na Tabela 17, considerando o planejamento fatorial 2^3 , são apresentados os valores dos efeitos quantificados dos fatores obtidos para a acidez total, ácido ascórbico, fenólicos totais e flavonoides.

Tabela 17 - Efeitos significativos para acidez total, ácido ascórbico, fenólicos totais e flavonoides para o planejamento fatorial 2^3 .

Fator	Acidez total		Ácido ascórbico		Fenólicos totais		Flavonoides	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Média	3862,30	0,0000	99,04	0,0001	4670,09	0,0000	45,78	0,0004
X ₁	489,59	0,0002	14,84	0,0280	-312,87	0,0284	-3,94	0,0046
X ₂	-	-	-	-	-	-	-1,42	0,0129
X ₃	252,49	0,0024	-	-	961,29	0,0002	5,82	0,0031
X ₁ X ₂	-	-	-	-	-	-	-1,62	0,0113
X ₁ X ₃	-429,53	0,0003	-	-	-	-	-7,72	0,0024
X ₂ X ₃	-	-	-	-	-	-	-1,25	0,0147
R ²	0,9890		0,9041		0,9510		0,9999	

(-) efeito com p-valor maior que 0,1

As equações empíricas com os coeficientes significativos ($\alpha=10\%$) obtidas, a partir dos planejamentos fatoriais a três níveis, para representar a variação de acidez total, ácido ascórbico, e flavonoides do produto seco são apresentadas nas Equações de 18 a 20 para a secagem em estufa convectiva (para os fenólicos totais a estimativa dos coeficientes do modelo apresentou um coeficiente de determinação (R^2) baixo e os efeitos não foram significativos), e para acidez total, ácido ascórbico e fenólicos nas Equações de 21 a 23 para *cast-tape drying* (para os flavonoides totais a estimativa dos coeficientes do modelo apresentou um coeficiente de determinação (R^2) baixo e os coeficientes estimados não foram significativos). Os coeficientes de determinação (R^2) para estas equações foram 0,7925, 0,9056, e 0,9255, respectivamente, para acidez total, ácido ascórbico e flavonoides na secagem em estufa. Já na secagem em CTD, os valores de R^2 foram 0,8537, 0,9648 e 0,9340, respectivamente, para acidez total, ácido ascórbico e

fenólicos totais. As superfícies de resposta representadas pelas Equações de 18 a 23 são mostradas na Figura 25.

$$\hat{y}_8 = 4471,05 - 438,66X_2^2 \quad (18)$$

$$\hat{y}_9 = 85,94 + 7,89X_1 + 20,26X_1^2 \quad (19)$$

$$\hat{y}_{10} = 49,72 - 10,73X_1 \quad (20)$$

$$\hat{z}_7 = 5204,5 + 884,3X_1 - 620,9X_1^2 \quad (21)$$

$$\hat{z}_8 = 95,41 + 22,19X_1 + 7,83X_2 + 15,37X_1^2 - 16,14X_2^2 \quad (22)$$

$$\hat{z}_9 = 4925,47 - 356,7X_1 - 1076,31X_1^2 \quad (23)$$

Analisando as superfícies de resposta das Figuras 25 (a) e (b), nota-se que a acidez total na estufa convectiva foi afetada somente pela espessura (sendo maior para níveis intermediários desta variável), e no *cast-tape dryer* foi influenciada somente pela temperatura (sendo maior para níveis mais elevados desta variável).

Para o teor de ácido ascórbico verifica-se que os maiores valores foram encontrados: na secagem convectiva (Figura 25 (c)), em temperaturas mais elevadas (a espessura não foi significativa); e, para CTD (Figura 25 (d)), para temperaturas mais altas combinadas com espessuras intermediárias. Também em relação à compostos bioativos, observa-se: na Figura 25 (e) que os flavonoides no produto seco na estufa foram mais elevados para menores temperaturas (a espessura não foi significativa); e, na Figura 25 (f), que os fenólicos no produto seco em *cast-tape dryer* foram mais elevados para temperaturas intermediárias (a espessura não foi significativa).

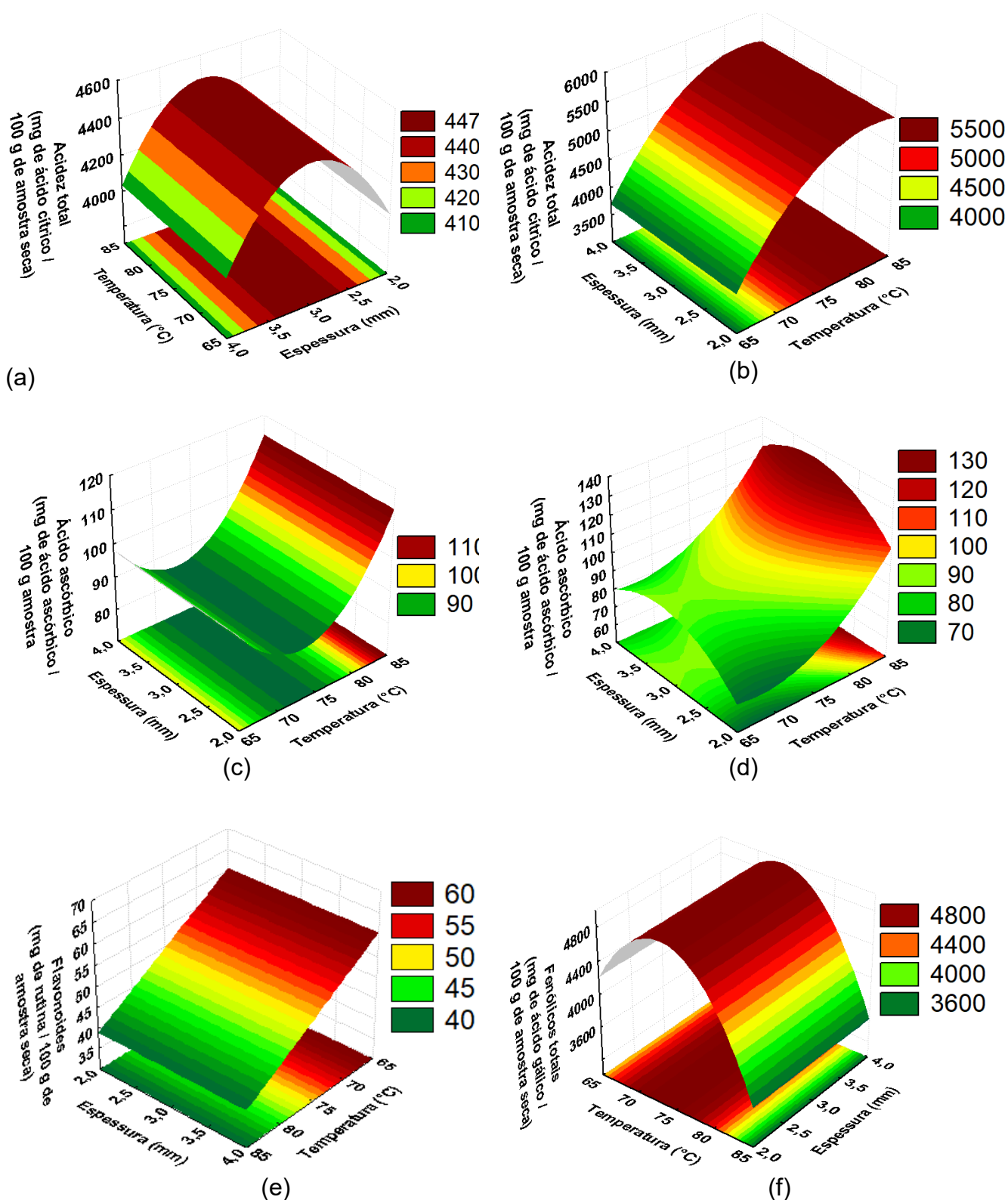


Figura 25 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura de espalhamento do subproduto de maracujá para: (a) e (b) acidez total; (c) e (d) ácido ascórbico; (e) flavonóides totais; (f) fenólicos totais; sendo (a), (c) e (e) para secagem em estufa convectiva e (b), (d) e (f) para *cast-tape drying*.

Fonte: Autora (2024).

4.2.1.4 Densidade de bulk e Tempo de Molhamento

A densidade é um parâmetro crucial no que diz respeito ao manuseio, armazenamento, embalagem, reconstituição e transporte de um produto (SAMBORSKA et al., 2024). De acordo com a literatura, a densidade aparente da maioria dos alimentos em pó está dentro da faixa de 0,3–0,8 g·cm⁻³ (LEE et al., 2012).

Na Tabela 18 estão apresentados os resultados de densidade *bulk* do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Tabela 18 - Densidade *bulk* do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura da fonte de calor (°C)	Espessura (mm)	Densidade de bulk (g·cm ⁻³)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
65	2	0,625±0,03	0,547±0,08		
65	3	0,626±0,03	0,514±0,14		
65	4	0,591±0,03	0,536±0,08		
75	2	0,575±0,05	0,547±0,16		
75	3	0,589±0,00	0,551±0,08	0,292±0,202	0,647±0,081
75	4	0,646±0,01	0,545±0,10		
85	2	0,555±0,04	0,540 ±0,08		
85	3	0,592±0,04	0,514±0,07		
85	4	0,608±0,01	0,503 ±0,07		

Fonte: Autora (2024). Os valores são médios e desvio padrão das análises em triplicatas.

Conforme mostrado na Tabela 18, os valores de densidade *bulk* do material seco de subproduto de maracujá em secagem por estufa variaram de 0,555 a 0,646 g·cm⁻³. Observa-se que o maior valor médio foi encontrado na temperatura 75°C e na espessura de 4 mm, enquanto o menor valor de densidade *bulk* foi encontrado na condição de 85 °C e 2 mm. Para a secagem por CTD os valores de densidade *bulk* variaram de 0,503 g·cm⁻³, associando 85 °C com 4 mm, a 0,551 g·cm⁻³, combinando 75°C a 3 mm. O pó liofilizado apresentou densidade *bulk* de 0,292 g·cm⁻³. Por fim, o produto comercial apresentou densidade bulk de 0,647 g·cm⁻³.

Kobo et al. (2022) avaliando o potencial de agregação de valor dos resíduos de casca de maracujá obtiveram teores de densidade *bulk* variando de 0,77 a 0,82 g·cm⁻³. É importante considerar que a densidade pode estar ligada ao teor de umidade do pó, tamanho das partículas, distribuição do tamanho das partículas, formato das partículas e força de coesão entre partículas (Saifullah *et al.*, 2016; Shi *et al.*, 2018).

A molhabilidade é definida como a capacidade de um líquido penetrar em um aglomerado poroso, substituindo a fase gasosa por água na superfície do pó. A eficiência desse processo é afetada pelo tamanho das partículas (diretamente proporcional) e pelo grau de polaridade na superfície (compostos hidrofílicos possuem maior molhabilidade) (BARBOSA-CÁNOVAS, 2005; FOURNAISE; PETIT; GAIANI, 2021).

Na Tabela 19 estão apresentados os resultados do tempo de molhamento dos pós de subproduto de maracujá obtidos por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Tabela 19 - tempo de molhamento do subproduto de maracujá seco por secagem convectiva, *cast-tape drying*, liofilização e para a farinha de casca de maracujá comercial.

Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Tempo de molhamento (s)			
		Secagem convectiva	CTD	Liofilização	Pó comercial
65	2	29,33±0,57	46,66±1,52		
65	3	31,33±0,67	39,00±1,73		
65	4	33,66±2,08	44,00±1,73		
75	2	34,33±1,15	40,66±1,15		
75	3	32,66±0,57	35,66±1,52	22,75±1,5	36,33±1,15
75	4	37,33±0,57	37,33±1,15		
85	2	30,33±0,57	26,66±2,51		
85	3	33,66±1,15	30,0±2,00		
85	4	34,66±0,57	30,00±1,73		

Fonte: Autora (2024).

Nota-se que, para a secagem convectiva o menor valor encontrado foi na temperatura de 65°C e na espessura 2 mm (experimento 1), tempo de 29,33±0,57 s, enquanto o maior foi na temperatura 75°C e na espessura de 4 mm (experimento 6), tempo de 37,33±0,57 s. Na secagem por CTD, o tempo de molhamento variou entre 26,66±2,51 e 46,66±1,52 s, sendo o menor valor encontrado na temperatura de 85°C e na espessura de 2 mm, e o maior valor obtido na combinação de 65° C e 2 mm. Para o material obtido na secagem por liofilização o tempo de molhamento

foi de $22,75 \pm 1,5$, se mostrando, em geral, menor que os valores encontrados para o material seco em estufa e *cast-tape dryer*. Já para o produto comercial, o valor de tempo de molhamento de $36,33 \pm 1,15$ se revelou dentro das faixas verificadas para secagem convectiva e CTD.

Zotarelli *et al.* (2020) em estudo avaliando a secagem de polpas de manga por CTD com e sem maltodextrina obtiveram um tempo de molhamento de 33,00 s para polpa seca por CTD sem maltodextrina e de 28,3 s para polpa seca com maltodextrina. Vinod *et al.* (2021) avaliando pó de suco de pitaya secos por *spray drying* encontraram valores de tempos de molhamento variando de 8,52 a 14,33 s. Wang *et al.* (2023) avaliando as propriedades físico-químicas de variedades de amoreira encontraram valores médios de molhabilidade variando de 27 a 110 s.

Na Tabela 20, levando em conta o planejamento fatorial 2^3 , são apresentados os valores dos efeitos quantificados dos fatores obtidos para densidade *bulk* e tempo de molhamento.

Tabela 20 - Efeitos significativos para densidade *bulk* e tempo de molhamento para o planejamento fatorial 2^3 .

Fator	Densidade <i>bulk</i>		Tempo de molhamento	
	Efeito	p-valor	Efeito	p-valor
Média	0,56	0,0000	34,41	0,0000
X ₁	-	-	-4,00	0,0176
X ₂	-	-	-	-
X ₃	0,03	0,0335	-2,42	0,0637
X ₁ X ₂	-	-	-	-
X ₁ X ₃	-	-	4,5	0,0128
X ₂ X ₃	-	-	-	-
R ²	0,8544		0,9535	

(-) efeito com p-valor maior que 0,1

As equações empíricas com os coeficientes significativos ($\alpha=10\%$) obtidas, a partir dos planejamentos fatoriais a três níveis, para representar a variação de densidade *bulk* e tempo de molhamento do produto seco são apresentadas, respectivamente, nas Equações 24 e 25 para a secagem em estufa convectiva, e nas Equações 26 e 27 para *cast-tape drying*. Os coeficientes de determinação (R^2) para estas equações foram 0,9733 e 0,8276, respectivamente, para densidade *bulk* e tempo de molhamento na secagem em estufa. Já na secagem em CTD, os

valores de R^2 foram 0,7954 e 0,9281, respectivamente, para densidade *bulk* e tempo de molhamento. As superfícies de resposta representadas pelas Equações de 24 a 27 são mostradas na Figura 26.

$$\hat{y}_{11} = 0,589 - 0,015X_1 + 0,020X_1^2 - 0,014X_2^2 + 0,022X_1X_2 \quad (24)$$

$$\hat{y}_{12} = 34,77 + 1,94X_2 - 2,61X_1^2 \quad (25)$$

$$z_{10} = 0,54 - 0,02X_1^2 \quad (26)$$

$$z_{11} = 36,11 - 7,17X_1 \quad (27)$$

De acordo com as Equações 24 e 25, os dois fatores investigados afetaram de forma significativa (embora nem sempre por meio do efeito principal) na densidade *bulk* e no tempo de molhamento na secagem convectiva. Por outro lado, segundo as Equações 26 e 27, na variação da densidade *bulk* e do tempo de molhamento no processo de *cast-tape drying*, somente a variável temperatura da camada a ser seca foi significativa. Além disso, os efeitos calculados (Tabela 20) para o planejamento 2^3 mostram que o método de secagem também influenciou de forma significativa nessas respostas, sendo que a secagem em estufa convectiva resultou em maior densidade *bulk* (efeito positivo para X_3).

Analisando a superfície de resposta da Figura 26 (a) nota-se que na secagem em estufa convectiva a densidade *bulk* foi maior associando níveis mais baixos de temperatura e de espessura. Já em *cast-tape dryer* (Figura 26 (b)) menores valores de densidade *bulk* foram obtidos para temperaturas intermediárias (a espessura não foi significativa).

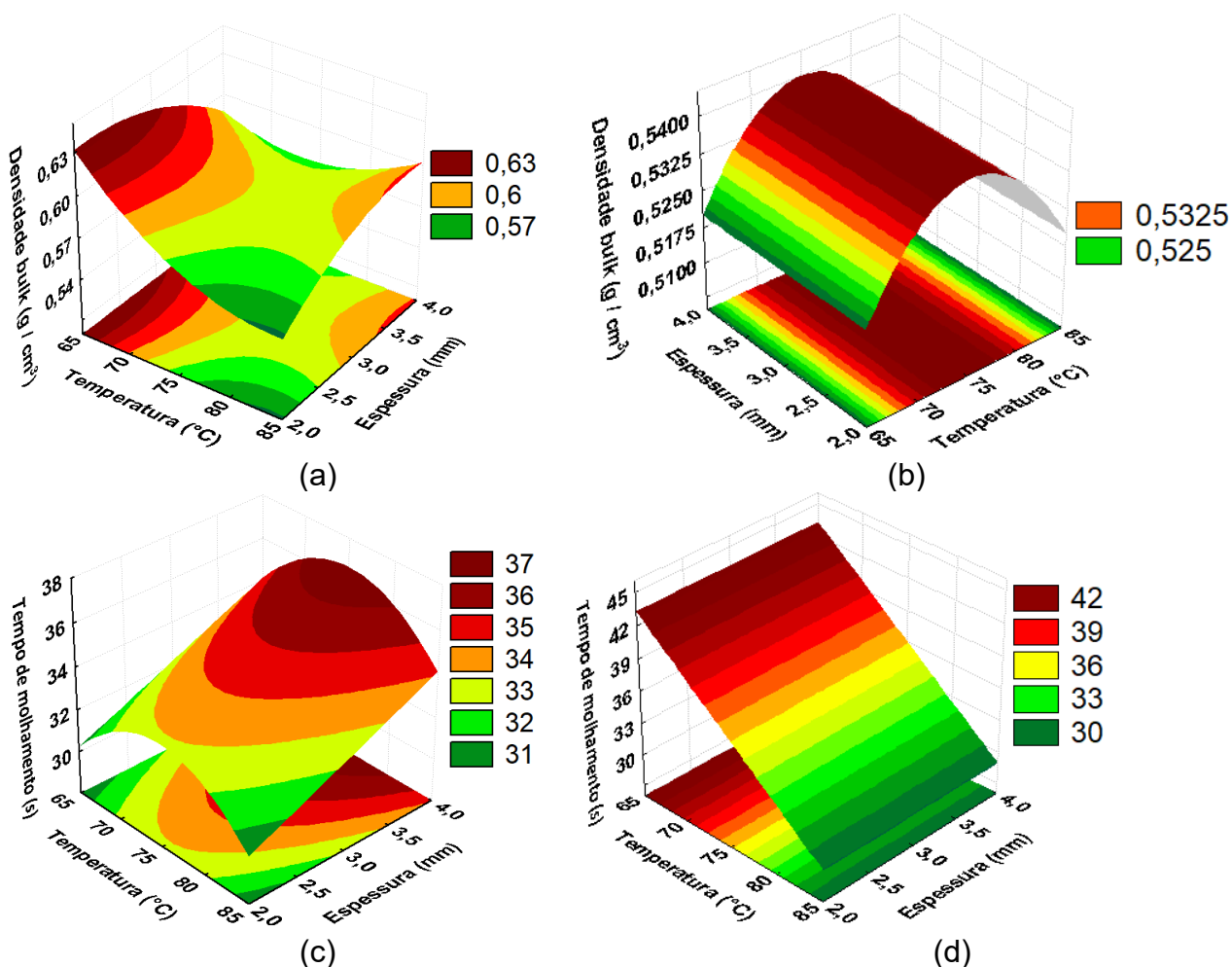


Figura 26 - Superfícies de respostas em função da temperatura de secagem e da espessura da camada espalhada de subproduto de maracujá para: (a) e (b) densidade *bulk*; (c) e (d) tempo de molhamento; sendo (a) e (c) para secagem em estufa convectiva; e, (b) e (d) para *cast-tape drying*.

Fonte: Autora (2024).

Em relação ao tempo de molhamento, observa-se na Figura 26(c) que para a secagem em estufa convectiva o tempo de molhamento foi menor associando temperaturas extremas (maiores e menores níveis) com camadas menos espessas. Já na Figura 26 (d) visualiza-se que o material seco apresentou menor tempo de molhamento para temperaturas mais baixas (a espessura não foi significativa). Verifica-se ainda, comparando simultaneamente as superfícies de resposta para densidade *bulk* e tempo de molhamento que para CTD o material tendeu a ser menos denso e resultar em maior tempo de molhamento.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que foi possível a produção de resíduo de maracujá seco por secagem convectiva com ar quente em estufa, por *cast-tape drying* e por liofilização, e a comparação com uma farinha de casca de maracujá comercial, sendo possível alcançar valores de umidade final inferiores a 10% em base úmida. Baseado nos resultados obtidos as conclusões que podem ser consideradas no presente trabalho são:

As variáveis analisadas temperatura (65,75 e 85° C) e espessura (2,3 e 4 mm) influenciaram significativamente nas propriedades físico-químicas do produto seco. Em geral, menores tempos de secagem, maiores taxas de secagem e menores teores de umidade final foram observadas em temperatura mais elevada para espessuras de espalhamento menores.

A secagem convencional de alimentos realizada em estufa convectiva apresentou desempenho geral inferior a secagem por *cast-tape drying*, resultando em maior tempo de processo e maior degradação da cor do resíduo de maracujá, distanciando assim, dos parâmetros de controle, da amostra *in natura*.

De modo geral, todos os processos resultaram em produtos com preservação de compostos bioativos. Assim, os resultados obtidos neste trabalho permitiram expor o potencial do aproveitamento de resíduos providentes do processamento de maracujá, cuja o destino mais comum ainda tem sido o descarte ou produção de fertilizantes. A maioria das farinhas comerciais desse produto são feitas só da casca. Assim, esse trabalho também mostrou o potencial de aproveitamento das sementes e do residual da polpa, e que a desidratação é uma alternativa muito viável para agregar valor a este material. Dentre os métodos de secagem estudados, o uso de *cast-tape drying* se destacou como o mais eficaz em vários aspectos, abrindo muitas oportunidades para um aproveitamento dessa tecnologia para desidratação dos resíduos de maracujá.

É possível sim definir uma condição ótima de secagem para os métodos de secagem. A condição ótima de secagem para CTD seria uma temperatura na 65° e espessuras de 2 mm, para garantir a eficiência do processo, preservar os compostos bioativos e evitar a degradação do produto final. Essas condições permitem um equilíbrio entre velocidade de secagem e manutenção das qualidades nutricionais e sensoriais.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- ✓ Desidratação do resíduo de maracujá por outras metodologias de remoção de umidade;
- ✓ Realizar a caracterização dos subprodutos de maracujá por *cast-tape drying* quanto a: composição centesimal, teores de fibras, suas isotermas de sorção de umidade, extração e teor de pectina, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante por DPPH, rendimento e microscopia eletrônica de varredura.
- ✓ Análise nutricional e sensorial da farinha de maracujá obtida pelo melhor método de desidratação (*cast-tape drying*) e seu posterior aproveitamento e aplicação com o intuito de avaliar a aplicação da farinha de resíduo de maracujá como ingrediente em produtos alimentícios;
- ✓ Desidratação de outros subprodutos de frutas pelas metodologias estudadas neste trabalho;

REFERÊNCIAS

- ABONYI, H. FENG, J. TANG, C.G. EDWARDS, B.P. CHEW, D.S. MATTINSON, AND J.K. FELLMAN. Quality Retention in Strawberry and Carrot Purees Dried with Refractance Window TM System. **JOURNAL OF FOOD SCIENCE**, [s. l.], v. 67, p. 1051–1056, 2002. DOI. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09452.x>.
- ABRAFRUTAS. Dados de exportação do Primeiro trimestre de 2022. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2022/05/dados-de-exportacao-do-primeiro-trimestre-de-2022/>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- ADAMS, G.D, COOK, I, WARD K.R. The principles of freeze-drying. **Methods Mol Biol**. 2015; 1257:121-43. doi: 10.1007/978-1-4939-2193-5_4. PMID: 25428004. DOI. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2193-5_4.
- AHMED, J. **Drying of vegetables**: principles and dryer design. In: Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, SINHA, N. K. Ed. USA: Blackwell Publishing Ltd, 2011. v. 1, cap. 13, p. 279-298.
- AKTHER, Shireen *et al*. Physicochemical properties of mango (Amropali cultivar) powder and its reconstituted product as affected by drying methods. **International Journal of Food Properties**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 2201–2216, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1849278>. DOI. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1849278>.
- ÁLVARES, Virgínia de Souza. **Manual de classificação de farinha de mandioca**. [S. l.: s. n.], 2014. v. 1 *E-book*. Disponível em: <http://www.cpafac.embrapa.br>.
- ALVES, Cibele Cristina de Oliveira. PÓS OBTIDOS DA POLPA DE PEQUI (Caryocar brasiliense Camb.) LIOFILIZADA: HIGROSCOPICIDADE E MICROESTRUTURA. [s. l.], p. 9–10, 2007.
- ANGEL, Ruiz Cabrera Miguel *et al*. Spray-drying of passion fruit juice using lactose-maltodextrin blends as the support material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s. l.], v. 52, n. 4, p. 1011–1018, 2009.
- ÁNGEL CALÍN-SÁNCHEZ LEONTINA LIPAN, Marina Cano-Lamadrid Abdolreza Kharaghani *et al*. Comparison of Traditional and Novel Drying Techniques and Its Effect on Quality of Fruits, Vegetables and Aromatic Herbs. **v.9**, [s. l.], 2020. DOI. <https://doi.org/10.3390/foods9091261>.
- ANTONIASSI, Rosemar *et al*. Expeller pressing of passion fruit seed oil: Pressing efficiency and quality of oil. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 25, p. 1–12, 2022. DOI. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16821>.
- ANUÁRIO. MARACUJÁ FRUTA NATIVA DO BRASIL PARA O MUNDO. [s. l.], p. 79–81, 2022.

ASIIIMWE, A. *et al.* Optimization of refractance window drying conditions for passion fruit puree. **Lwt**, [s. l.], v. 154, n. October 2021, p. 112742, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112742>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112742>.

ASSEGEHEGN, G.; BRITO-DE LA FUENTE, E.; FRANCO, J.M.; GALLEGOS, C. Freeze-drying: A relevant unit operation in the manufacture of foods, nutritional products, and pharmaceuticals. **Adv. Food Nutr. Res**, [s. l.], p. 1–58., 2020. DOI. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.04.001>.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC) (2005) Official Methods of Analysis of the AOAC. 16th Edition, Washington DC, 1298 p.

BABBAR, N., OBEROI, H. S.; UPPAL, D. S.; PATIL, R. T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, [s. l.], v. 44, p. 391–396, 2011. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.001>.

BAEGHBALI, Vahid; NIAKOUSARI, Mehrdad; FARAHNAKY, Asgar. Refractance Window drying of pomegranate juice: Quality retention and energy efficiency. **Lwt**, [s. l.], v. 66, p. 34–40, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.017>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.017>.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; VEGA-MERCADO, H. **Dehydration of Foods**. [S. l.: s. n.], 1996. DOI. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2456-1>.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; JULIANO, P. Chapter 3—Physical and Chemical Properties of Food Powders. In: ONWULATA, C. (org.). **Encapsulated and Powdered Foods**. 1st Editioed. USA: [s. n.], 2005. p. 39–74. DOI. <https://doi.org/10.1201/9781420028300.ch3>.

BARBOSA SANTOS, T. *et al.* Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of the Pulp of Two Brazilian Passion Fruit Species: *Passiflora Cincinnata* Mast. And *Passiflora Edulis* Sims. **International Journal of Fruit Science**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 255–269, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1872050>. DOI. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1872050>.

BEUCHAT, Larry R. *et al.* Low-water activity foods: Increased concern as vehicles of foodborne pathogens. **Journal of Food Protection**, [s. l.], v. 76, n. 1, p. 150–172, 2013. DOI. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-211>.

BEZERRA, Carolina Vieira *et al.* A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, [s. l.], v. 85, p. 750–755, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.02.027>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.02.027>.

BHATTA, Sagar; JANEZIC, Tatjana Stevanovic; RATTI, Cristina. Freeze-drying of plant-based foods. **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–22, 2020. DOI. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>.

BORDIM, J. Aproveitamento tecnológico de farinhas obtidas a partir dos subprodutos do albedo de maracujá e do resíduo da extração do suco de carambola na formulação de barra de cereais. 2017. 1–32 f. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [s. l.], 2017.

BRASIL. Instrução normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. [s. l.], p. 1–16, 2018. DOI. <https://doi.org/10.5327/Z16794435201816S1019>.

BRITO, T. B. *et al.* Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, [s. l.], v. 121, n. August 2018, p. 412–421, 2019. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.058>.

Cai, Y; Corke, H. (2000) Production and Properties of Spray-Dried Maranthusbetacyanin Pigments. *Journal of Food Science*, 65, 1248-1252. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>.

ÇALISKAN, Gülsah; ERGÜN, Kadriye; DIRIM, S. Nur. Freeze drying of kiwi (*Actinidia deliciosa*) puree and the powder properties. **Italian Journal of Food Science**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 385–396, 2015.

CAO, Qiqi *et al.* Phenolic compounds, bioactivity, and bioaccessibility of ethanol extracts from passion fruit peel based on simulated gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 356, n. May 2020, p. 129682, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129682>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129682>.

CELEP, Gulcin Sagdicoglu; RASTMANESH, Reza; MAROTTA, Francesco. **Microbial Metabolism of Polyphenols and Health**. [S. l.]: Elsevier Inc., 2013. v. 1 *E-book*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00043-8>. DOI. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00043-8>.

CELESTINO, SONIA MARIA COSTA. **Princípios de secagem de alimentos**. [S. l.: s. n.], 2010-. ISSN 2176-5081.

CHAGUIRI, L. Operações em sistemas particulados. **29 slides. Perry et. al., Perry's Chemical engineers handbook, 2008**, São Paulo, 2019.

CHAOUCH, Mohamed Aymen; BENVENUTI, Stefania. The role of fruit by-products as bioactive compounds for intestinal health. **Foods**, [s. l.], v. 9, n. 11, 2020. DOI. <https://doi.org/10.3390/foods9111716>.

CHEN, Shuangshuang *et al.* Identification of Telosma mosaic virus infection in *Passiflora edulis* and its impact on phytochemical contents. **Virology Journal**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1–8, 2018. DOI. <https://doi.org/10.1186/s12985-018-1084-6>.

CHITRAKAR, B., ZHANG, M., & ADHIKARI, B. Dehydrated foods: Are they microbiologically safe?. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 59, n. 17, p. 2734–2745., 2019. DOI. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1466265>.

CHUTIA, Hemanta; MAHANTA, Charu Lata. Green ultrasound and microwave extraction of carotenoids from passion fruit peel using vegetable oils as a solvent: Optimization, comparison, kinetics, and thermodynamic studies. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 67, n. September 2020, p. 102547, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102547>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102547>.

CICHELLA FRABETTI, Ana Caroline *et al.* Strawberry-hydrocolloids dried by continuous cast-tape drying to produce leather and powder. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 121, n. June, 2021. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107041>.

COELHO, E. M., AZEVÊDO, L. C., VIANA, A. C., RAMOS, I. G., GOMES, R.; G., LIMA, M. S., & UMSZA-GUEZ, M. A. Physico-chemical properties, rheology and degree of esterification of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 98, n. 1, p. 166–173, 2018. DOI. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8451>.

COELHO, Emanuela Monteiro *et al.* Passion fruit peel flour – Technological properties and application in food products. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 62, p. 158–164, 2017. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.07.027>.

COELHO, Emanuela M. *et al.* Physico-chemical properties, rheology and degree of esterification of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel flour. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 98, n. 1, p. 166–173, 2017. DOI. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8451>.

CORRÊA, Rúbia C.G. *et al.* The past decade findings related with nutritional composition, bioactive molecules and biotechnological applications of *Passiflora* spp. (passion fruit). **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 58, p. 79–95, 2016. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.006>.

COSTA, Juliana Nascimento da. **ESTUDO DA ESTABILIDADE DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) EM PÓ, PROVENIENTE DE CULTIVO ORGÂNICO**. 2012. 1–102 f. - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, [s. l.], 2012.

CUNICO, M. W. M. *et al.* PLANEJAMENTO FATORIAL: uma ferramenta estatística valiosa para a definição de parâmetros experimentais empregados na pesquisa científica. **Visão Acadêmica** v.9, n.1, Curitiba, p. 23–43, 2008. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/14635>. DOI. <https://doi.org/10.5380/acd.v9i1.14635>.

DACANAL, G. C., MENEGALLI, F. C. Selection of operational parameters for the production of instant soy protein isolate by pulsed bed agglomeration. *Power Technology*, 203, 3, p. 565–573, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.06.023>.

DA SILVA, Elaine C.O. *et al.* Physico-chemical characteristics of passion fruit flour under removal of flavedo and of maceration. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 11, p. 869–875, 2019. DOI. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n11p869-875>.

DA SILVA, Larissa Morais Ribeiro *et al.* Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 143, p. 398–404, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.001>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.001>.

DALLARIVA, KASSIANA LUIZA PEDRALLI. **Secagem e caracterização da grama de trigo (*Triticum aestivum* L.) por cast-tape drying e liofilização**. 2021. 279–288 f. [s. l.], 2021.

DAMIANI, Clarissa; BECKER, Fernanda Salamoni. **To D. E. W.** [S. l.: s. n.], 2020-. ISSN 0009-4056.v. 16.

DE FAVERI, Aline *et al.* Effects of passion fruit peel flour (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O. Deg.) in cafeteria diet-induced metabolic disorders. **Journal of Ethnopharmacology**, [s. l.], v. 250, n. December 2019, 2020. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112482>.

DENARDI, Celina Adriana S *et al.* Avaliação da atividade de água e da contaminação por bolores e leveduras em mel comercializado na cidade de São Paulo – SP , Brasil Assessment of water activity and molds and yeasts contamination in honey traded on São Paulo city -SP , Brazil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 219–222, 2005. DOI.<https://doi.org/10.53393/rial.2005.64.32987>.

DIAS, Diogo Lopes. **O Diagrama de fases**. [s. l.]. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/o-diagrama-fases.htm>. Acesso em: 12 out. 2024.

DO ROSÁRIO, Rosely Carvalho *et al.* Bioactive, technological-functional potential and morphological structures of passion fruit albedo (*Passiflora edulis*). **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], v. 42, p. 1–10, 2022. DOI. <https://doi.org/10.1590/fst.22222>.

DOS REIS, L.C.R.; FACCO, E.M.P.; SALVADOR, M.; FLÔRES, S.H.; DE OLIVEIRA RIOS, A. A. Characterization of Orange Passion Fruit Peel Flour and Its Use as an Ingredient in Bakery Products. **J. Culin. Sci. Technol**, [s. l.], v. 18, p. 214–230, 2020. DOI. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1564103>.

DOS REIS, Luzia Caroline Ramos *et al.* Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 55, n. 7, p. 2679–2691, 2018. DOI. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3190-2>.

DOS SANTOS, Elaine Alves *et al.* Exploitation of byproducts from the passion fruit juice and tilapia filleting industries to obtain a functional meat product. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 41, n. March, 2021. DOI.<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101084>.

DURIGON, Angelise. **Produção E Caracterização De Tomate Em Pó Por Cast-Tape Drying**. [s. l.], p. 162, 2016.

EGGERSDORFER, Manfred; WYSS, Adrian. Carotenoids in human nutrition and health. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, [s. l.], v. 652, n. June, p. 18–26, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2018.06.001>.

ELIK, A.; KOÇAK, D.; GÖ, F. Microwave-Assisted Extraction of Carotenoids from Carrot Juice Processing Waste Using Fl Axseed Oil as a Solvent. **LWT-Food Sci. Technol.**, [s. l.], v. 123, 2020. DOI. <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.2.123>.

Erkmen, O.; Bozoglu, TF (2016). **Conservação de alimentos pela redução da atividade de água**. Food Microbiology: Principles into Practice, 2, 44-58. DOI. <https://doi.org/10.1002/9781119237860>.

FALEIRO, Fábio Gelape *et al.* Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 1–17, 2019. DOI. <https://doi.org/10.1590/0100-29452019155>.

FELLOWS, P.j. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: [s. n.], 2006.

FENNEMA, O. **Food chemistry**. 3rd ed.ed. New York: [s. n.], 1996.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, Elisabet *et al.* Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. **Food Research International**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 438–450, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.007>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.06.007>.

FERREIRA, M.F.P.; PENA, R.S. Estudo Da Secagem Da Casca Do Maracujá Amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 15–28, 2010. DOI. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v12n1p15-28>.

FOGAGNOLI, Gabriela; SERAVALLI, Elisena Aparecida Guastaferrero. Aplicação de farinha de casca de maracujá em massa alimentícia fresca. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 204–212, 2014. DOI. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0614>.

FONSECA, Letícia Assis Barony V. **Fruticultura Brasileira: Diversidade e sustentabilidade para alimentar o Brasil e o Mundo**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/fruticultura-brasileira-diversidade-e-sustentabilidade-para-alimentar-o-brasil-e-o-mundo>.

FORNY, L.; MARABI, A.; PALZER, S. Wetting, disintegration and dissolution of agglomerated water soluble powders. **Powder Technology**, [s. l.], v. 206, n. 1–2, p. 72–78, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2010.07.022>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.07.022>.

FOURNAISE, Tristan; PETIT, Jérémy; GAIANI, Claire. Main powder physicochemical characteristics influencing their reconstitution behavior. **Powder Technology**, [s. l.], v. 383, p. 65–73, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.01.056>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.01.056>.

FRATIANNI, A. *et al.* Kinetics of carotenoids degradation and furosine formation in dried apricots (*Prunus armeniaca* L.). **Food Research International**, [s. l.], v. 99, p. 862–867, 2017. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.009>.

GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: [s. n.], 1998.

GEA NIRO. - **Hygroscopicity**. [S. l.], 2005.

GUO, Xiaojing *et al.* An evaluation of different pretreatment methods of hot-air drying of garlic: Drying characteristics, energy consumption and quality properties. **Lwt**, [s. l.], v. 180, n. March, p. 114685, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114685>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114685>.

HE, Xirui *et al.* *Passiflora edulis*: An Insight Into Current Researches on Phytochemistry and Pharmacology. **Frontiers in Pharmacology**, [s. l.], v. 11, n. May, p. 1–16, 2020. DOI. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00617>.

HERMANN, Anna S. *et al.* Carotenoid Pigment Accumulation in Horticultural Plants. **Horticultural Plant Journal**, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 343–360, 2020. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.10.002>.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Unit Operations in Food Engineering**. [S. l.: s. n.], 2002. DOI. <https://doi.org/10.1201/9781420012620>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Maracujá**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/maracuja/br>.

ISTOCKPHOTO. **Ácido cítrico**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/vetor/estrutura-molecular-de-ácido-cítrico-fórmula-química-esquelética-de-ácido-cítrico-gm1410289508-460544455>.

IZLI, Nazmi; IZLI, Gokcen; TASKIN, Onur. Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. **CYTA - Journal of Food**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 213–221, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1381174>. DOI. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1381174>.

JANGAM, S. V.; MUJUMDAR, A. S. Drying of Foods, Vegetables and Fruits. *In*: [S. l.: s. n.], 2010.

JESUS, Onildo Nunes de *et al.* Bright red passion fruit - evaluation of colorimetry and physicochemical quality for the fresh fruit market. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 317, n. November 2022, p. 112016, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112016>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112016>.

JINKINGS, Layse Machado; GONÇALVES, Ivanna Santos; SILVA, Anne do Socorro Santos da. Elaboração da farinha de *Passiflora edulis* Sims (Maracujá amarelo) a partir do exocarpo e o estudo da composição centesimal. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 52–58, 2021. DOI. <https://doi.org/10.5935/2595-4407/rac.immes.v3n2p52-58>.

K. KIRIMURA, Y. HONDA, T. Hattori. Citric Acid. *In: REFERENCE MODULE IN LIFE SCIENCES*. [S. l.: s. n.], 2011. p. 135–142. DOI. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00169-0>.

KHOO, Hock Eng *et al.* Carotenoids and their isomers: Color pigments in fruits and vegetables. **Molecules**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 1710–1738, 2011. DOI. <https://doi.org/10.3390/molecules16021710>.

KOBO, Gift Kabelo; KASEKE, Tafadzwa; FAWOLE, Olaniyi Amos. Micro-Encapsulation of Phytochemicals in Passion Fruit Peel Waste Generated on an Organic Farm: Effect of Carriers on the Quality of Encapsulated Powders and Potential for Value-Addition. **Antioxidants**, [s. l.], v. 11, n. 8, 2022. DOI. <https://doi.org/10.3390/antiox11081579>.

KOPUSTINSKIENE, Dalia M. *et al.* Flavonoids as anticancer agents. **Nutrients**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 1–25, 2020. DOI. <https://doi.org/10.3390/nu12020457>.

KRINSKY, Norman I.; JOHNSON, Elizabeth J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular Aspects of Medicine**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 459–516, 2005. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2005.10.001>.

LEE, Chung Woo *et al.* Effects of hot air and freeze drying methods on physicochemical properties of citrus “hallabong” powders. **Food Science and Biotechnology**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 1633–1639, 2012. DOI. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0217-8>.

LEORO. **Desenvolvimento De Cereal Matinal Extrusado**. 2007. [s. l.], 2007.

LEORO, Maria Gabriela Vernaza *et al.* Evaluation of the in vitro glycemic index of a fiber-rich extruded breakfast cereal produced with organic passion fruit fiber and corn flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 964–968, 2010. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400019>.

LIU, Yang; ZHANG, Zhengyu; HU, Liandong. High efficient freeze-drying technology in food industry. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 62, n. 12, p. 3370–3388, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865261>. DOI. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865261>.

LOPES DE MENEZES, Maraísa *et al.* Análise Da Cinética E Ajustes De Modelos Matemáticos Aos Dados De Secagem Do Bagaço Do Maracujá-Amarelo. **Engevista**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 176, 2013. DOI. <https://doi.org/10.22409/engevista.v15i2.443>.

LYKKESFELDT, Jens; TVEDEN-NYBORG, Pernille. The pharmacokinetics of vitamin C. **Nutrients**, [s. l.], v. 11, n. 10, 2019. DOI. <https://doi.org/10.3390/nu11102412>.

MACEDO, Maria Clara Coutinho *et al.* Development and Characterization of Yellow Passion Fruit Peel Flour (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Metabolites**, [s. l.], v. 13, n. 6, 2023. DOI. <https://doi.org/10.3390/metabo13060684>.

MACHADO, et al. Convective Drying and Physicochemical Evaluation of Passion Convective Drying and Physicochemical. [s. l.], n. December, 2017.

MACKNIGHT, Richard C. *et al.* Increasing ascorbate levels in crops to enhance human nutrition and plant abiotic stress tolerance. **Current Opinion in Biotechnology**, [s. l.], v. 44, p. 153–160, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2017.01.011>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.01.011>.

MAESTROVIRTUALE. **Carotenoides: estrutura, funções, classificação, alimentos**. [S. l.], 2024. Disponível em: https://maestrovirtuale.com/carotenoides-estrutura-funcoes-classificacao-alimentos/?expand_article=1.

MAESTROVIRTUALE. **Fenóis ou compostos fenólicos: propriedades, tipos, aplicações**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://maestrovirtuale.com/fenóis-ou-compostos-fenolicos-propriedades-tipos-aplicacoes/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MAHANTI, Naveen Kumar. *et al.* Refractance Window™-Drying vs. other drying methods and effect of different process parameters on quality of foods: A comprehensive review of trends and technological developments. **Future Foods**, v. 3, 2021. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100024>.

MARCHESE, J. A.; FIGUEIRA, G. M. O uso de tecnologias pré e pós-colheita e boas práticas agrícolas na produção de plantas medicinais e aromáticas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 86–96, 2005.

MARCILLO-PARRA, Verónica *et al.* Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 116, n. August 2020, p. 11–23, 2021. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.009>.

MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. *et al.* Influence of biopolymers and freeze-drying shelf temperature on the quality of a mandarin snack. **Lwt**, [s. l.], v. 99, n. September 2018, p. 57–61, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.040>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.040>.

MARTINS, Elton A.S. *et al.* Drying kinetics of blackberry leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 22, n. 8, p. 570–576, 2018. DOI. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n8p570-576>.

MARTINS, Hevelynn Franco *et al.* Maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*): cinética da secagem artificial e natural da casca. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 5, n. 11, p. 23234–23245, 2019. DOI. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n11-044>.

MARTINS, Fernanda Pereira *et al.* Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 0600-0607i, 2020. DOI. <https://doi.org/10.18540/jcecvl6iss4pp0600-0607i>.

MATOS, Kevin Albert *et al.* Peels of tucumã (*Astrocaryum vulgare*) and peach palm (*Bactris gasipaes*) are by-products classified as very high carotenoid sources. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 272, n. April 2018, p. 216–221, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.053>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.053>.

chem.2018.08.053.

MAWILAI, P.; CHALOEICHITRATHAM, N.; PORNCHALOEMPONG, P. Processing feasibility and qualities of freeze dried mango powder for SME scale. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 301, n. 1, p. 0–9, 2019. DOI. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/301/1/012059>.

MCSWEENEY, David J. *et al.* Rehydration properties of regular and agglomerated milk protein concentrate powders produced using nitrogen gas injection prior to spray drying. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 305, n. March, p. 110597, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110597>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110597>.

MEDINA, Sonia *et al.* Quantification of phytoprostanes – bioactive oxylipins – and phenolic compounds of *Passiflora edulis* Sims shell using UHPLC-QqQ-MS/MS and LC-IT-DAD-MS/MS. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 229, p. 1–8, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.049>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.049>.

MILLER, F. A., FUNDO, J. F., GARCIA, E., SANTOS, J. R., SILVA, C. L. M., & Brandão; S., T. R. Physicochemical and bioactive characterization of edible and waste parts of “piel de sapo” melon. **Horticulturae**, [s. l.], v. 6, n. 60, p. 4-10., 2020. DOI. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040060>.

MOLINA-HERNANDEZ MINISTÉRIO DA AGRICULTUA E PECUÁRIA. **DIA MUNDIAL DA FRUTA**: Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras>. Acesso em: 13 out. 2024.

MOLINA- HERNÁNDEZ, J.B;; MARTÍNEZ - CORREA, H. A; ANDRADE-MAHECHA, M.M. Agroindustrial potential of passion fruit epicarp as active food ingredient. **Informacion Tecnologica**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 245–256, 2019. DOI. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200245>.

MOREIRA, MARCOS FLÁVIO PINTO. Secagem de Gel Ágar Secagem de Gel Ágar. [s. l.], 2000.

MOURA;K.; P.A; ALMEIDA, A.P.F; OLIVEIRA, A.T.C; QUEIROZ, V.F; MIRANDA, K.W.E; MENDES, L.G; MONTE, A.L.S. Farinha do albedo do maracujá (*Passiflora edulis* Sims) para o enriquecimento de produtos cárneos : Uma revisão Passion fruit albedo flour (*Passiflora edulis* Sims) for meat product enrichment : A review Harina de albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*. [s. l.], v. 2021, p. 1–7, 2021. DOI. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17603>.

NASCIMENTO, Alana Karoline Penha do *et al.* *Passiflora edulis*: uma breve revisão dos efeitos antidiabéticos. **Archives of Health Investigation**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 190–193, 2020. DOI. <https://doi.org/10.21270/archi.v9i2.3168>.

NINDO, C. I.; TANG, J. Refractance window dehydration technology: A novel contact drying method. **Drying Technology**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 37–48, 2007. DOI.

<https://doi.org/10.1080/07373930601152673>.

NIREESHA, G. R., DIVYA, L., SOWMYA, C., VENKATESHAN, N. N. B. M., & LAVAKUMAR, V. Lyophilization/freezing drying – A review. *International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences*, [s. l.], v. 3(4), p. 87–98, 2013.

OLIVEIRA, Pamella Priscila de. Obtenção e caracterização de hortelã-pimenta. [s. l.], 2021.

OLIVEIRA, Fernanda Antonia de Souza *et al.* Utilização de farinha de albedo de maracujá (*passiflora edulis*) na substituição parcial de farinha de trigo para a elaboração de bolos. *Brazilian Applied Science Review*, [s. l.], v. 3, n. 6, p. 2457–2468, 2019. Disponível em: <http://www.brjd.com.br/index.php/BASR/article/view/4574/4250>. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv3n6-013>.

OLIVEIRA, Dalany Menezes; CLEMENTE, Edmar; DA COSTA, José Maria Correia. Hygroscopic behavior and degree of caking of guava palm (*Acrocomia aculeata*) powder. *Journal of Food Science and Technology*, [s. l.], v. 51, n. 10, p. 2783–2789, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0814-9>.

OSSOKO, JPL *et al.* Biochemical Passion Fruit Seeds Characterization (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa* Degener) Cultivated In Republic Of The Congo. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry (IOSR-JBB)*, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 48–54, 2020. Disponível em: www.iosrjournals.org.

OZORES, Bruna; STORCK, Cátia Regina; FOGAÇA, Aline de Oliveira. Aceitabilidade E Características Tecnológicas De Bolo Enriquecido Com Farinha De Maracujá. *Ciências da Saúde*, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 61–69, 2015.

PAPOUTSIS, K; VUONG, Q, V; GOLDING, J, B; HASPERUÉ, J, H; PRISTIJONO, P; BOWYER, M, C;; SCARLETT, C, J; Costas E.S. Pretreatment of citrus by-products affects polyphenol recovery: a review. *Food Reviews International*, [s. l.], v. 34, n. 8, p. 770–795, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1438471>.

PARK, K.J.B. *et al.* Seleção De Secadores: Fluxograma. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 179–202, 2007. DOI: <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v9n2p179-202>.

PATIL, PRERANA. Water Activity and Food Preservation. 2022. Disponível em: <https://nutritionmeetsfoodscience.com/2022/08/29/water-activity-and-food-preservation/>. Acesso em 02 mai. 2024.

PAVAN, M.A., SCHMIDT, S.J., FENG, H., 2012. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance Window-dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. *LWT-Food Sci. Technol.* 48 (1), 75–81. doi:10.1016/j.lwt.2012.02.024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.02.024>.

PEREIRA, Alexandre. *Avaliação microestrutural de pós de suco de maracujá obtidos por spray drying.pdf*. lavras: [s. n.], 2000.

PEREIRA, Zilanir Carvalho *et al.* Passion fruit (*Passiflora* spp.) pulp: A review on bioactive properties, health benefits and technological potential. **Food Research International**, [s. l.], v. 166, n. February, 2023. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112626>.

PERTUZATTI, Paula Becker *et al.* Carotenoids, tocopherols and ascorbic acid content in yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) grown under different cultivation systems. **Lwt**, [s. l.], v. 64, n. 1, p. 259–263, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.031>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.031>.

PHILLIPS, Katherine M. *et al.* Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 253–259, 2010. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.018>.

PICH, R. C. **Obtenção e caracterização do produto seco da pimenta rosa (*schinus terebinthifolius* r.) por cast tape drying**. 2019. 89 f. - UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, [s. l.], 2019.

PODSEDEK, Anna. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **Lwt**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 1–11, 2007. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>.

RAGHAVI, L. M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Refractance window drying of foods: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 222, p. 267–275, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.032>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.032>.

RAMAIYA, S.D., J.S. BUJANG, M.H. ZAKARIA, W.S. KING, and M.A.S. Sahrir. rs, ascorbic acid, total phenolic content and total antioxidant activity in passion fruit (*Passiflora*) cultivars. **J. Sci. Food Agric.**, [s. l.], v. 93(5), p. 1198–120, 2013. DOI. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5876>.

RAMLI, Aizi Nor Mazila *et al.* Passion fruit (*Passiflora edulis*) peel powder extract and its application towards antibacterial and antioxidant activity on the preserved meat products. **SN Applied Sciences**, [s. l.], v. 2, n. 10, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03550-z>. DOI. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03550-z>.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 49, n. 4, p. 311–319, 2001. DOI. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4).

REIS, Luzia Caroline Ramos dos *et al.* Characterization of Orange Passion Fruit Peel Flour and Its Use as an Ingredient in Bakery Products. **Journal of Culinary Science and Technology**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 214–230, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1564103>. DOI. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1564103>.

REY, Louis. Un développement nouveau de la lyophilisation: La cryodessiccation des systèmes non aqueux. **Experientia**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 241–246, 1965. DOI. <https://doi.org/10.1007/BF02297002>.

RIBEIRO, LUCIANA CARNEIRO. **Produção de acerola em pó: métodos de secagem e avaliação da estabilidade**. 2014. 126 f. - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, [s. l.], 2014.

ROCHA, L.C.R. **DESENVOLVIMENTO DE MICROPARTÍCULAS CONTENDO SUCO DE TOMATE VIA GELIFICAÇÃO IÔNICA**. 2017. 87 f. - Universidade Federal de Lavras, [s. l.], 2017.

RODRIGUES, R. **Desafios e oportunidades da fruticultura**. [S. l.], 2021.

RODRIGUEZ-CONCEPCION, Manuel *et al.* A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. **Progress in Lipid Research**, [s. l.], v. 70, n. February, p. 62–93, 2018. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2018.04.004>.

ROTILI, M.C.C., J.A. VORPOGEL, G.C. BRAGA, O.J. KUHN, and A.B. Salibe. Atividade Antioxidante, Composição Química E Conservação Do Maracujá-Amarelo Embalado Com Filme Pvc 1 Antioxidant Activity, Chemical Composition and Conservation of Yellow Passion Fruit Packed With Pvc Film. **Rev. Bras. Frutic**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 942–952, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n4/a04v35n4.pdf>. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0100-2945201300040004>.

ROTTA, Eliza Mariane *et al.* Determination of phenolic compounds and antioxidant activity in passion fruit pulp (*Passiflora* spp.) using a modified QuEChERS method and UHPLC-MS/MS. **Lwt**, [s. l.], v. 100, n. October 2018, p. 397–403, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.052>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.052>.

S. NUR DIRIM*, Gülşah Çaliçkan. Determination of the Effect of Freeze Drying Process on the Production of Pumpkin (*Cucúrbita Moschatä*) Puree Powder and the Powder Properties Dondurarak Kurutma İ Ş Lemínín Balkabagi. **Gida**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 203–210, 2012.

SABLANI, S. S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, M. S. Evaluating water activity and glass transition concepts for food stability. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 78, n. 1, p. 266–271, 2007. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.025>.

SAIFULLAH, M. *et al.* Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. **Powder Technology**, [s. l.], v. 301, p. 396–404, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.06.035>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.06.035>

SAMBORSKA, Katarzyna; Alicja Barańska; Sareh Boostani; Mohsen Riazi; Seid Mahdi Jafari. Chapter 1 - Introduction to the Boostani, Katarzyna Samborska; Alicja Barańska; Sarehspray drying process. *In*: SPRAY DRYING FOR THE FOOD INDUSTRY. UNIT OPERATIONS AND PROCESSING EQUIPMENT IN THE FOOD INDUSTRY. [S. l.: s. n.], 2024. p. 3–28. DOI. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819799-8.00013-2>.

SAMYOR, Duyi; DEKA, Sankar Chandra; DAS, Amit Baran. Physicochemical and phytochemical properties of foam mat dried passion fruit (*Passiflora edulis* Sims)

powder and comparison with fruit pulp. **Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 787–796, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04596-y>. DOI. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04596-y>.

SANTANA, Ricardo Corrêa de. **Análise Da Influência Do Tamanho Da Partícula Na Flotação Da Apatita Em Coluna**. 2007. 106 f. [s. l.], 2007.

SANTANA E SILVA, Anny Beatriz; GIARDINA DA SILVA, Eduarda; RIGO, Letícia; PRADO DE OLIVEIRA, Mayane; LOSS, Raquel Aparecida; FERREIRA GUEDES, Sumaya; DE PAULA, Juliana Maria; QUELI GERALDI, Claudineia Aparecida. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 14, n. 10, 2021. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1424>. Acesso em: 12 nov. 2024. DOI. <https://doi.org/10.36560/141020211424>.

SANTOS, José Thiago do Carmo. **Caracterização de compostos bioativos de maracujá (*Passiflora tenuifila*) e efeito do seu consumo sobre marcadores bioquímicos, microbiota intestinal em indivíduos eutróficos e obesos**. 2020. 203 f. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-04122020-153741/pt-br.php%0Ahttps://fi-admin.bvsalud.org/document/view/rtzwww>.

SANTOS, Jordana Tres *et al.* The effects of supplementation with Vitamin C. **Revista Conhecimento Online**, [s. l.], v. 1, p. 139–163, 2019. DOI. <https://doi.org/10.25112/rco.v1i0.1187>.

SANTOS, Eloyza; ANDRADE, Raissa; GOUVEIA, Ester. Utilization of the pectin and pulp of the passion fruit from Caatinga as probiotic food carriers. **Food Bioscience**, [s. l.], v. 20, n. April, p. 56–61, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2017.08.005>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.08.005>.

SEPTEMBRE-MALATERRE, Axelle *et al.* Evaluation of nutritional and antioxidant properties of the tropical fruits banana, litchi, mango, papaya, passion fruit and pineapple cultivated in Réunion French Island. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 212, p. 225–233, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.147>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.147>.

SHENDE, Deepika; DATTA, Ashis K. Refractance window drying of fruits and vegetables: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 99, n. 4, p. 1449–1456, 2019. DOI. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9356>.

SHI, Hao *et al.* Effect of particle size and cohesion on powder yielding and flow. **KONA Powder and Particle Journal**, [s. l.], v. 2018, n. 35, p. 226–250, 2018. DOI. <https://doi.org/10.14356/kona.2018014>.

SHOFIAN, Norshahida Mohamad *et al.* Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, [s. l.], v. 12, n. 7, p. 4678–4692, 2011. DOI. <https://doi.org/10.3390/ijms12074678>.

SILVA, J.M.M; ANGIOLETTTO, E. Estudo comparativo entre refractance window e liofilização na secagem de polpa de maracujá-azedo. [s. l.], p. 1–6, 2018.

SILVA, J.L. (*Mentha spicata* L .) pelo método cast-tape drying secagem e caracterização da hortelã (*Mentha spicata* L .) pelo método cast-tape drying. [s. l.], 2021.

SILVA, N. C. **Desidratação De Resíduos Do Processamento De Maracujá-Amarelo Por Diferentes Metodologias**. 2015. 147 f. [s. l.], 2015.

SILVA, Ana Cristina Bezerra da. **Estudos da viabilidade da secagem de polpa de maracujá (*Passiflora edulis*) pelo método foam mat**. 2015. 55 f. [s. l.], 2015.

SILVA, Neiton C. *et al.* Impact of freeze-drying on bioactive compounds of yellow passion fruit residues. **Journal of Food Process Engineering**, [s. l.], v. 40, n. 4, 2017. DOI. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12514>.

SILVA, Elaine Cristina Oliveira da *et al.* Obtenção e caracterização da farinha do albedo de maracujá (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) para uso alimentício. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 69, 2016. DOI. <https://doi.org/10.18378/rvads.v11i3.4062>.

SILVA, Priscila Bernardes. **Secagem De Resíduos De Frutas Em Secador Roto-Aerado**. 2014. 107 f. [s. l.], 2014.

SIMÃO, Raquel da Silva. Produção e caracterização de snacks de manga em forma de filmes, obtidos por cast-tape drying. [s. l.], p. 134, 2018.

SINGLETON, V. L., ORTHOFER, R., & LAMUELA-RAVENTOS, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.

SMIRNOFF, Nicholas. Ascorbic acid metabolism and functions: A comparison of plants and mammals. **Free Radical Biology and Medicine**, [s. l.], v. 122, n. March, p. 116–129, 2018. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.033>.

SONG, Ya *et al.* Nutritional composition and antioxidant properties of the fruits of a Chinese wild *passiflora foetida*. **Molecules**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 1–17, 2018. DOI. <https://doi.org/10.3390/molecules23020459>.

SOSSA, J. W. Z., *et a.* Infrared Drying Trends Applied to Fruit. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. **v.5**, [s. l.], 2021. DOI. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.650690>.

SOUZA, Aline Viviane de *et al.* Drying Para a Produção De Extratos. [s. l.], p. 181–196, 2015.

SOUZA, J.H.P *et al.* Influência Do Tempo De Liofilização Nas Carcterísticas Da Manga CV . [s. l.], p. 1–7, 2018.

SOUZA, Rafaela. **O que são alimentos liofilizados?**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://gepea.com.br/alimentos-liofilizados/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

SOUSA, E. P., LEMOS, D. M., FIGUEIRÊDO, R. M. F., GOMES, J. P., QUEIROZ, A. J. M. Influence of drying temperature and pulp layer thickness on the physical

and physicochemical quality of pequi powder. **Revista Caatinga**, v. 34 (4), p. 945 – 956, 2021. DOI. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n422rc>.

SPÍNOLA, Vítor *et al.* Effect of time and temperature on vitamin C stability in horticultural extracts. UHPLC-PDA vs iodometric titration as analytical methods. **Lwt**, [s. l.], v. 50, n. 2, p. 489–495, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.020>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.020>.

SPOLADORE, Sabrina Fortini *et al.* Mathematical modeling of drying passion fruit peel and influence of temperature on color, phenolic compounds and antioxidant activity. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 17, 2014. DOI. <https://doi.org/10.14685/rebrapa.v5i2.163>.

SPRICIGO, P. C ; FERREIRA, M. D. **Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. Instrumentação Pós-colheita em Frutas e Hortaliças**. São Carlos SP: Embrapa Instrumentação, 2017. *E-book*. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ferreira-2/publication/320852874_Instrumentacao_pos-colheita_em_frutas_e_hortalicas_Editor_Tecnico_Embrapa/links/59fe053e0f7e9b9968c3cbe7/Instrumentacao-pos-colheita-em-frutas-e-hortalicas-Editor-Tecnico-Embrapa.

SUN, Tianhu; LI, Li. Toward the ‘golden’ era: The status in uncovering the regulatory control of carotenoid accumulation in plants. **Plant Science**, [s. l.], v. 290, n. November 2019, 2020. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110331>.

SURLEHAN, H. F. *et al.* Extraction of oil from passion fruit seeds using surfactant-assisted aqueous extraction. **Food Research**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 348–356, 2019. DOI. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(4\).146](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(4).146).

SYTAR OKSANA. Plant phenolic compounds for food, pharmaceutical and cosmetics production. **Journal of Medicinal Plants Research**, [s. l.], v. 6, n. 13, 2012. DOI. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1695>.

TACO. **TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - TACO**. 4. ed. Campinas: [s. n.], 2011-. ISSN 16248597.v. 4.

TELES, Gilberto Henrique *et al.* Full utilization of the yellow passion fruit peel: Chemical characterization and valorization to reduce biomass waste. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 206, n. September, p. 117593, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117593>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117593>.

TONON, R.V.; FREITAS, S.S.; HUBINGER, M.D. Spray drying of açai (*Euterpe oleracea* mart.) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 35, 2011.

TONTUL, Ismail; TOPUZ, Ayhan. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 63, p. 91–102, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.009>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.009>.

TORALLES, R.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; ANTUNES, P. L. Determination of reaction rate constants for ascorbic acid degradation in peach purée: effect of temperature and concentration. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, p. 185-190, 2008. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000100004>.

V. BAEGHBALI, M. NIAKOUSARI, M.O. NGADI, M. Hadi Eskandari. Combined ultrasound and infrared assisted conductive hydro-drying of apple slices. **DRYING TECHNOLOGY**, [s. l.], v. 37, n. 14, p. 1793–1805, 2019. DOI. <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1539745>.

VASCO, C. **Phenolic compounds in Ecuadorian fruits**. 2009. - University of Agricultural Sciences, [s. l.], 2009.

VIANNA-SILVA, Thais *et al.* Influência dos estádios de maturação sobre as características físicas dos frutos de maracujá-amarelo. **Bragantia**, [s. l.], v. 67, n. 2, p. 521–525, 2008. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000200029>.

VINOD, B.R; RAMACHANDRA NAIK K.; Kirankumar Gorabal;Deepa Terdal; Physicochemical Characteristics of Microencapsulated Red-Fleshed Dragon Fruit Juice Powder Through Spray Drying. **Biological Forum-An International Journal**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 86, 2021. Disponível em: www.researchtrend.net.

VISSOTTO, Fernanda Zaratini *et al.* Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 666–671, 2006. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000300028>.

VU, H.T.; SCARLETT, C.J.; VUONG, Q.V. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction Conditions for Recovery of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity from Banana (*Musa Cavendish*) Peel. **J. Food Process. Preserv.**, [s. l.], p. 41, e13148, 2016. DOI. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13148>.

VUOLO, Milena Morandi; LIMA, Glaucia Cariello; MARÓSTICA JUNIOR, Mário Roberto. Passiflora edulis Peel Flour and Health Effects. *In: FLOUR AND BREADS AND THEIR FORTIFICATION IN HEALTH AND DISEASE PREVENTION*. 2. ed. New York: Elsevier, 2019. p. 249–258. *E-book*. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128146392000204>. DOI.<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00020-4>.

WAGHMARE, Roji. Refractance window drying: A cohort review on quality characteristics. **Trends in Food Science and Technology**, [s. l.], v. 110, n. 50, p. 652–662, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.030>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.030>.

WANG, Li *et al.* Effect of vacuum freeze drying and hot air drying on dried mulberry fruit quality. **PloS one**, [s. l.], v. 18, n. 6, p. e0283303, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0283303>. DOI.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283303>.

WENG, Minjie *et al.* Effects of passion fruit peel flour as a dietary fibre resource on biscuit quality. **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 65–73, 2021. DOI. <https://doi.org/10.1590/fst.33419>.

XIANG, Qisen *et al.* Effect of plasma-activated water on microbial quality and physicochemical characteristics of mung bean sprouts. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, [s. l.], v. 52, n. 136, p. 49–56, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.012>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.012>.

XU, Feng Qing *et al.* Protective effects of cycloartane triterpenoides from *Passiflora edulis* Sims against glutamate-induced neurotoxicity in PC12 cell. **Fitoterapia**, [s. l.], v. 115, p. 122, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fitote.2016.09.013>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2016.09.013>.

YAO, Jianhua; CHEN, Wenjuan; FAN, Kai. Novel Efficient Physical Technologies for Enhancing Freeze Drying of Fruits and Vegetables: A Review. **Foods**, [s. l.], v. 12, n. 23, p. 1–27, 2023. DOI. <https://doi.org/10.3390/foods12234321>.

ZERAIK, Maria Luiza *et al.* Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 459–471, 2010. DOI. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2010000300026>.

ZHENG, Xianzhe *et al.* Metabolism and Regulation of Ascorbic Acid in Fruits. **Plants**, [s. l.], v. 11, n. 12, 2022. DOI. <https://doi.org/10.3390/plants11121602>.

ZOTARELLI, Marta Fernanda. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MANGA DESIDRATADA EM PÓ POR DIFERENTES PROCESSOS DE SECAGEM**. 2014. 165 f. - Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2014.

ZOTARELLI, Marta Fernanda *et al.* Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, [s. l.], v. 305, p. 447–454, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.10.027>. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.10.027>.

ZOTARELLI, Marta Fernanda *et al.* Rehydration of mango powders produced by cast-tape drying, freeze drying, and spray drying. **Drying Technology**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 175–187, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07373937.2020.1777562>. DOI. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1777562>.

APÊNDICES

APÊNDICE A - CURVA PADRÃO DE ÁCIDO GÁLICO

Nesta seção é apresentada a curva padrão de ácido gálico utilizada para a quantificação dos compostos fenólicos totais, bem como a equação e o coeficiente de correlação.

Figura 1A - Curva padrão de ácido gálico utilizada para quantificação dos compostos fenólicos totais com reagente Folin-Ciocalteu.

