

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

MAIARA AZEVEDO BARROS

SECAGEM CONVECTIVA DE POLPA DE PITAIA (*Hylocereus undatus*)

**FLORIANÓPOLIS
2022**

Maiara Azevedo Barros

SECAGEM CONVECTIVA DE POLPA DE PITAIA (*Hylocereus undatus*).

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

Orientador: Prof. Dra. Carmen Maria Olivera Müller.

Florianópolis
2022

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

Barros, Maiara
secagem convectiva de polpa de pitaia (*Hylocereus undatus*) / Maiara Barros ; orientador, Carmen Maria Olivera Müller, 2022.
54 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Secagem convectiva. 3. Caracterização. 4. Propriedades tecnológicas . 5. Análise microbiológica . I. Maria Olivera Müller, Carmen . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Maiara Azevedo Barros

SECAGEM CONVECTIVA DE PITAIA (*Hylocereus undatus*)

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

Florianópolis, 21 de novembro de 2022.

Prof.^a Dra. Ana Carolina de Oliveira Costa
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Carmen Maria Olivera Müller
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dra. Ana Carolina Maisonnave Arisi
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dra. Carlise Beddin Fritzen Freire
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus queridos avós, meus pais que sempre me ajudaram durante a graduação, meus irmãos que são exemplos de dedicação e força e todos os estudantes que lutam pela permanência em uma universidade pública e de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me conceder força e coragem durante os períodos difíceis na graduação.

À minha mãe Maria de Brito Azevedo Barros e ao meu pai Ernesto Pereira Barros, que nunca soltaram da minha mão mesmo com a distância.

Aos meus irmãos Eriverton Azevedo Barros e Wellington Azevedo Barros, companheiros e exemplo de perseverança e dedicação, e meus queridos sobrinhos Arthur, Heitor e Valentina que alegam meus dias e me preenchem com amor.

À minha estimada orientadora Carmen Müller, por me ajudar nos momentos em que mais precisei de um ombro amigo, e por ser uma mulher de luta e sabedoria. Obrigada por tudo!

À professora Deise Helena Baggio Ribeiro pelo apoio e ensinamentos durante a graduação e acompanhamento durante as análises realizadas neste trabalho. Obrigada por tudo!

Agradeço meus amigos do laboratório, Suliana Andrade, Natalia Farias, Igor Pazzini e Pietro Piccolotto, que me ajudaram e alegraram meus dias. Nunca vou esquecer a alegria de vocês!

Aos meus amigos que Florianópolis me presenteou, Gabriela Grolli e André Buffon que sempre estiveram do meu lado me incentivando a não desistir.

“Ter alimentação e educação, gera sentimentos de respeito que possibilita condições claras de amor”.
Paulo Celente

RESUMO

A secagem de alimentos é uma operação unitária cujo objetivo é a remoção de um líquido (água) agregado a um sólido (alimento) para uma fase gasosa insaturada através de vaporização térmica, que ocorre em temperatura inferior àquela de ebulição da água na pressão do sistema. Este processo reduz a quantidade de água livre no alimento, reduzindo a atividade de água e retardando ou inibindo reações deteriorativas e crescimento microbiano, aumentando a vida útil do produto. Além destes aspectos a aplicação do processo de secagem em frutas permite a utilização de frutas fora do padrão para comercialização *in natura* e produção de ingredientes alimentares para diferentes usos, reduzindo as perdas pós-colheita e agregando valor nessas cadeias agroprodutivas. Dentre as frutas cultivadas no Brasil, se destaca a pitiaia (*Hylocereus undatus*) uma planta rústica da família *Cactaceae*, originária das Américas, conhecida internacionalmente como *Dragon Fruit* (Fruta do Dragão) e cujo processamento ainda é insipiente no Brasil. Dentro do gênero *Hylocereus*, existem as espécies mais cultivadas: “*H. undatus*, *H. polyrhizus* e *H. costaricensis*. Seus frutos possuem casca escamosa, sendo que *H. undatus* apresenta superfície exterior rosa e polpa branca e *H. polyrhizus* superfície exterior rosa e polpa vermelha”. A produção desta fruta se encontra em crescimento no mercado frutífero brasileiro, com destaque para os estados de São Paulo e Santa Catarina. Este crescimento está associado aos aspectos nutricionais da pitiaia que se caracteriza como uma fruta rica em vitaminas do complexo B e C, contém alto teor de fibra bruta, apresenta polpa firme, sementes com ação laxante, baixo teor calórico e propriedades organolépticas próprias. Neste contexto, visando aumentar as formas de consumo da fruta como ingrediente alimentar, a secagem convectiva estabelece uma perspectiva interessante. Entretanto, para sua utilização em sistemas alimentares, além de definir os parâmetros de secagem adequados, se faz necessário o conhecimento das suas características físico-química, microbiológica e propriedades tecnológicas dos pós, torna-se uma técnica de estudo para conhecer as características da pitiaia e de grande interesse para produção e comercialização da fruta.

Palavras-chaves: Fruta do dragão. Secagem convectiva. Análises microbiológicas

ABSTRACT

Food drying is a unit operation whose objective is the removal of a liquid (water) added to a solid (food) to an unsaturated gaseous phase through thermal vaporization, which occurs at a temperature lower than the boiling point of water at system pressure. . This process reduces the amount of free water in the food, reducing water activity and delaying or inhibiting deteriorative reactions and microbial growth, increasing the shelf life of the product. In addition to these aspects, the application of the drying process in fruits allows the use of non-standard fruits for *in natura* commercialization and production of food ingredients for different uses, reducing post-harvest losses and adding value in these agro-productive chains. Among the fruits grown in Brazil, pitaya (*Hylocereus undatus*) stands out, a rustic plant of the Cactaceae family, originally from the Americas, known internationally as Dragon Fruit (Dragon Fruit) and whose processing is still incipient in Brazil. Within the genus *Hylocereus*, there are the most cultivated species: “*H. undatus*, *H. polyrhizus* and *H. costaricensis*. Its fruits have a scaly skin, with *H. undatus* having a pink outer surface and white flesh and *H. polyrhizus* having a pink outer surface and red flesh”. The production of this fruit is growing in the Brazilian fruit market, especially in the states of São Paulo and Santa Catarina. This growth is associated with the nutritional aspects of dragon fruit, which is characterized as a fruit rich in vitamins of complex B and C, contains a high crude fiber content, has a firm pulp, seeds with laxative action, low caloric content and its own organoleptic properties. In this context, aiming to increase the consumption of fruit as a food ingredient, convective drying establishes an interesting perspective. However, for its use in food systems, in addition to defining the appropriate drying parameters, it is necessary to know its physical-chemical, microbiological and technological properties of the powders. and of great interest for the production and commercialization of the fruit.

Keywords: Dragon fruit. Convective drying. Microbiological analyzes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Características da planta e dos frutos pitaia (<i>Hylocereus undatus</i>) ..	18
Figura 2 - Ilustração da curva cinética de secagem.....	21
Figura 3 - Amostras de polpa de pitaia espalhadas na bandeja antiaderente com plástico celofane.....	27
Figura 4 - Bandejas com as polpas de pitaia no interior do equipamento de secagem.....	27
Figura 5 - Análise colorimétrica no pó de pitaia.....	30
Figura 6 - Preparação para as análises microbiológicas.....	32
Figura 7 - Polpa de pitaia após o processo de secagem.....	35
Figura 8 - Curvas cinéticas de secagem em 45°C (a), 55°C (b) e 65°C (c).....	37
Figura 9 -Taxa de secagem em período constante 45°C (a), 55°C (b) e 65° (C).	39
Figura 10 - Amostra polpa de pitaia <i>in natura</i> e amostras dos pós de pitaia.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição nutricional da polpa da pitiaia <i>Hylocereus undatus</i>	19
Tabela 2 - Caracterização físico-química da polpa de pitiaia.....	33
Tabela 3 - Valores de umidade crítica e taxa de secagem.....	40
Tabela 4 - Resultados da CRA, CRO e ISA.....	42
Tabela 5 - Resultados da análise colorimétrica.....	44
Tabela 6 - Resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras de pitiaia desidratadas nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	
142 OBJETIVOS	
15	
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.1.1 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 FRUTICULTURA BRASILEIRA	16
3.2 PITAIA	17
3.3 SECAGEM	19
3.3.1 Cinética de secagem	20
3.3.2 Secagem convectiva	21
3.3.3 Efeitos da secagem nos alimentos	22
4 MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS	22
4.1 <i>ENTEROBACTERIACEAE</i>	23
4.2 <i>E. COLI</i>	23
4.3 <i>SALMONELLA spp</i>	23
4.4 <i>ESTAFILOCOCOS</i>	24
4.5 <i>BOLORES E LEVEDURAS</i>	25
5 MATERIAL E MÉTODOS	25
5.1 MATERIAL	25
5.2 MÉTODOS	25
5.2.1 Higienização e condicionamento das frutas	25
5.2.2 Caracterização físico-química da polpa <i>in natura</i>	26
5.2.3 Secagem convectiva da polpa da pitaia	26
5.2.4 Determinação da curva cinética de secagem	28
5.2.5 Determinação da Taxa de secagem no período de taxa constante	28
5.3 ANÁLISES DOS PÓS DE PITAIA	28
5.3.1 Capacidade de retenção de água e óleo (CRA e CRO)	29
5.3.2 Índice de solubilidade em água (ISA)	30

5.3.3 Análise colorimétrica	30
5.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE PITAIA	32
6.2 SECAGEM	34
6.2.1 Curvas cinéticas de secagem	35
6.2.2 Taxa constante de secagem	38
6.3 ANÁLISES DE CRA, CRO, ISA	41
6.4 ANÁLISE COLORIMÉTRICA	44
6.5 RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	45
7 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, de norte a sul do país são mais de 2,5 milhões de hectares cultivados. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda cinco porções diárias, pelo menos cinco dias da semana, de frutas, verduras e hortaliças. Atualmente, 23% da população brasileira faz o consumo recomendado pela organização. De fato, balancear o cardápio é uma tarefa difícil principalmente pela correria do dia a dia. Mas, cuidar da alimentação é fundamental para evitar doenças causadas por falta de nutrientes e combater a obesidade (OMS, 2019).

Entre as frutas, a pitaiá (*Hylocereus undatus*) pertence à família Cactaceae e reúne 100 gêneros e 1.500 espécies nativas das Américas. Conhecida também como fruta do dragão (Dragon fruit) por sua aparência exuberante e única, a casca de coloração rosa vibrante possui “escamas”, e sua polpa é branca com sementes. A produção está atualmente concentrada na região Sudeste, com cerca de 54,42%, a região Sul responde por 33,62% e a região Norte por 10,52% da produção nacional.

A boa adaptação da planta às condições edafoclimáticas do Sudeste do Brasil tornou essa região a principal produtora de pitaiá do país (Pio et al., 2020). A pitaiá destaca-se no mercado de frutas exóticas pelo alto valor agregado, benefícios nutricionais e sabor. Todavia, ainda não há muitas informações disponíveis sobre a produção de pitaiás a nível mundial. A fruta é valorizada no mercado interno brasileiro por apresentar

elevados preços de comercialização, alta renda por área cultivada e produção precoce propiciando rápido retorno econômico ao produtor, o que tem despertado o interesse dos fruticultores em seu cultivo por todo o Brasil.

Uma alternativa tecnológica para aumentar a vida útil destes alimentos constitui a secagem. Dentre os métodos, a secagem convectiva representa um processo econômico quando se deseja transformar a matéria-prima e pode ser utilizado na falta de equipamentos de maior custo. Este método pode ser também considerado econômico devido à redução de massa da matéria-prima, refletindo uma

maior facilidade de transporte, manipulação e aumento da vida útil do produto (A et al., 2015).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da temperatura de secagem de polpa de pitaiá branca (*Hylocereus undatus*) sobre propriedades tecnológicas e a qualidade microbiológica dos produtos secos e determinar as curvas de secagem e suas respectivas taxas.

2.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar as polpas de pitaiá *in natura* em termos de umidade, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e cor instrumental.
- Realizar secagem convectiva da polpa nas temperaturas de 45°C, 55°C e 65°C.
- Construir as curvas cinéticas de secagem e determinar as taxas de secagem do período constante.
- Avaliar a capacidade de retenção em água, capacidade de retenção de óleo e índice de solubilidade em água produtos secos.
- Avaliar a qualidade microbiológica dos produtos secos em termos de *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae* e Bolores e leveduras.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FRUTICULTURA BRASILEIRA

A multiplicidade climática e a enorme dimensão territorial, possibilita o cultivo de diversas variedades de frutíferas no Brasil. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas, com uma produção de aproximadamente 43 milhões de toneladas/ano. A China possui a maior produção mundial de 175 milhões de toneladas/ano e a Índia tem a segunda maior produção de 57 milhões de toneladas/ano. Em relação as exportações, o país ainda têm baixa representatividade, porém apresenta um grande potencial para a comercialização de frutas tropicais in natura e processadas. (MOREIRA, 2012). De acordo com dados da FAO (2021) a China é o maior produtor mundial de frutas concentrando diversos cultivos tais como maçã, citros, melão, pera, uva, tangerina e melancia. A Índia é o segundo maior produtor com destaque para manga, mamão, banana e coco. O Brasil, apesar de ser responsável pela terceira maior produção mundial, detém um pequeno percentual do mercado global de frutas; em 2019, respondeu por apenas 2,4% do valor das exportações mundiais, atrás dos Estados Unidos, Espanha, China, Chile, Tailândia, México, Itália, Turquia e Equador.

O setor produtivo de frutas no Brasil é muito diversificado, as características específicas de cada fruta determinam o comportamento do consumidor diante de um cenário de incertezas como o que vivemos desde março de 2020 por conta da pandemia da Covid-19. Entretanto, de forma geral, não houve problema de abastecimento nem de produção de frutas no Brasil, a maior dificuldade enfrentada pelo setor foi com relação ao escoamento da produção, pois a proibição de feiras livres, o fechamento de escolas e hotéis nos períodos de isolamento social mais rígido impactou negativamente os produtores, principalmente os menores e aqueles que produzem frutas mais perecíveis. (VIDAL,2021).

Apenas um em cada quatro brasileiros consome a quantidade ideal recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que representa a ingestão diária de pelo menos 400 gramas de frutas e hortaliças, o que equivale, aproximadamente, ao consumo diário de cinco porções desses alimentos. (BRASIL, 2014b). As frutas são alimentos que nos trazem saúde e disposição, sendo de extrema

importância para o bom funcionamento do corpo. São fontes de nutrientes essenciais ao organismo, que ajudam a tratar e prevenir várias doenças. Elas são fontes de vitaminas, sais minerais, fibras e água. São alimentos que fornecem muitos nutrientes em uma quantidade relativamente pequena de calorias. Com estas características nutricionais são importantes para o funcionamento intestinal e no equilíbrio das funções vitais do corpo, além de serem importantes na prevenção da obesidade e outras doenças crônicas, como o diabetes, doenças do coração e alguns tipos de câncer.

3.2 PITAIA

As pitaias são conhecidas mundialmente como Dragon Fruits ou Fruta-do-Dragão pertencem à família Cactaceae, a qual possui aproximadamente 100 gêneros e 1.500 espécies nativas das Américas. No Brasil, a pitiaia é conceituada uma fruta exótica pelo fato de ser pouco conhecida, e comercializada com alto valor, principalmente em mercados exigentes. Entre as várias espécies de pitiaia, destacam-se a *Hylocereus polyrhizus* (pitiaia vermelha de polpa vermelha) e a *Hylocereus undatus* (pitiaia vermelha de polpa branca), *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran (frutos com casca amarela com espinhos e polpa branca) e *Selenicereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) A.Berger ex Werderm (frutos com casca vermelha com espinhos e polpa branca) (Faleiro et al., 2021).

É importante considerar que existe grande variabilidade intraespecífica, ou seja, existem diferenças genéticas entre acessos dentro de cada espécie. Esta variabilidade genética tem sido verificada para características de interesse agrônomo como fenologia, produtividade, adaptabilidade, resistência a doenças, características físicas e químicas dos frutos, autocompatibilidade, vigor, precocidade, fenologia e sensibilidade ao fotoperíodo para indução de florescimento (Junqueira et al., 2010; Lima et al., 2014; Faleiro e Junqueira, 2021).

No Brasil, há o cultivo de diferentes variedades que não foram devidamente avaliadas e registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Além da pitiaia Amarela Colombiana, outras variedades sem registro são cultivadas no Brasil como a Vietnamese White, Golden, Orejona, Rabilonga, Vermelha Colombiana, Grafite, Vênus, Tailandeza, Royal Red, além de populações e híbridos de diferentes espécies. Esta observação evidencia a necessidade do desenvolvimento

de cultivares com registro no Mapa e com garantia de origem genética, que possam ser recomendadas para cultivo em diferentes regiões do Brasil (Faleiro et al., 2021).

No estado de Santa Catarina, a produção de pitaiia surge recebendo visibilidade e, mesmo que os dados de produção nacional até agora sejam limitados, pesquisas atuais indicam o estado como um dos maiores pólos produtores sustentáveis desta fruta no Brasil, localizado na cidade de Turvo no sul do estado, tem produzido uma repercussão significativa para os pequenos produtores da região (EPAGRI, 2021).

O fruto *H. undatus* tem formato oblongo (comprimento maior do que a largura), de casca (epicarpo) rosada, coberta por brácteas grandes, longas, de cor rosa e com pontas verdes, quando maduras. Seu fruto apresenta comprimento entre 15 e 22 cm, com a massa variando entre 300 g a 800 g e são colhidos quando atingem sua maturidade fisiológica. A parte comestível da fruta é composta por uma polpa branca, repleta de pequenas sementes macias e escuras obovadas, com sabor levemente doce (SANTOS et al. 2022)

Figura 1: Características da planta e dos frutos pitaiia (*Hylocereus undatus*)



Fonte: EMBRAPA, 2022.

As pitaiias têm sido relatadas como fontes de vitamina B1, B2, B3, betacaroteno, licopeno, vitamina E, polifenóis, ácido ascórbico, potássio, magnésio e carboidratos. O óleo presente nas sementes das pitaiias contém cerca de 50% de ácidos graxos essenciais, sendo 48% de ácido linoleico e 1,5% de ácido linolênico. ABREU et al. (2012). A Tabela 1 demonstra dados obtidos através de análises para a composição nutricional da pitaiia.

Tabela 1 - Composição nutricional da polpa da pitaya *Hylocereus undatus*

Constituintes em 100 g de amostra	<i>H. undatus</i>
Água (g)	86,0 – 89,0
Proteína (g)	0,5 – 0,9
Lípídeos (g)	0,1 – 2,0
Fibras totais (g)	0,3 - 2,4
Carboidratos (g)	2,0 – 9,5
Glicose (g)	5,5
Frutose (g)	1,9
Cinzas (g)	0,5
Cálcio (mg)	6,0
Magnésio (mg)	26,6
Sódio (mg)	3,3
Potássio (mg)	399,5
Fósforo (mg)	19,0
Ferro (mg)	0,4
Niacina (mg)	0,2
Ácido ascórbico (mg)	25,0

Fonte: Adaptado de Abreu *et al.* (2012); Mercado-Silva (2018) e Rathore *et al.* (2021). Santana *et al.* (2022)

A presença de diversas substâncias antioxidantes na pitáia, como o ácido ascórbico, carotenóides e polifenóis, tem despertado o interesse nesse fruto devido ao potencial efeito benéfico dessas substâncias para a saúde humana. O estresse oxidativo está associado ao aparecimento de várias doenças degenerativas, como o câncer e doenças cardiovasculares. Alguns estudos têm demonstrado que a pitáia apresenta boa capacidade antioxidante *in vitro*. Entretanto, esse potencial antioxidante pode variar entre as diferentes espécies de pitáia e as diferentes origens. ABREU *et al.* (2012)

3.3 SECAGEM

Por definição, a secagem é o processo que ocorre através da aplicação de calor envolvendo condições controladas (temperatura e velocidade do ar), que remove, por evaporação, a maior parte da água contida em um alimento (FELLOWS, 2006).

A finalidade fundamental da secagem é ampliar o período de vida útil dos alimentos através da redução da atividade de água. Por isso, essa redução provoca a

inibição do crescimento microbiano e a atividade enzimática, entretanto há possibilidades de a temperatura de processamento ser insuficiente para ocasionar inativação microbiana. Todavia, seja qual for o aumento no teor de umidade no decorrer do armazenamento, tal como, uma embalagem irregular, procederá em uma deterioração danificando o alimento. Outro fator de grande importância no processo de secagem, é a redução no volume e no peso final do produto, resultando na diminuição dos custos de armazenamento, transporte e comercialização. O alimento que é submetido ao processo de desidratação tem uma diminuição na qualidade sensorial comparado ao alimento que não sofreu o processo de desidratação, e no que se refere a qualidade nutricional, há prováveis perdas de alguns nutrientes.

3.3.1 Cinética de secagem

O conhecimento da cinética de secagem é importante quando se deseja construir um secador ou estabelecer as condições de secagem para determinado alimento, pois fornece informações sobre o seu comportamento sob determinadas condições de secagem (RATTI, 2009). A Figura () representa, qualitativamente, o comportamento de um material submetido à secagem convectiva sob condições (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar) constantes. A curva de secagem representa a umidade do produto em função do tempo. A velocidade (taxa) de secagem é obtida pela diferenciação da curva de secagem. Por fim, a evolução da temperatura do produto é obtida pela medição da temperatura ao longo do processo, que permite a observação de três períodos de secagem (GEANKOPLIS, 1993; PARK et al., 2007; RATTI, 2009; MUJUMDAR, 2011):

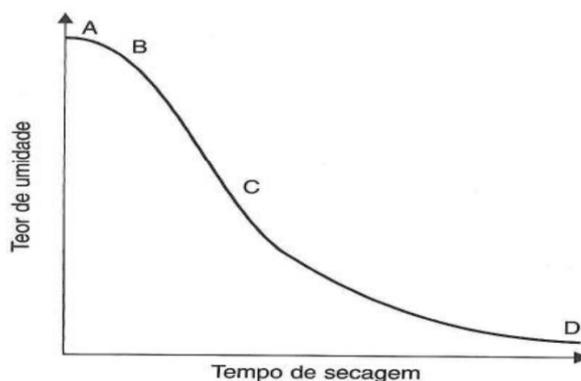
A) Período de acomodação: consiste em um período curto e insignificante em relação ao tempo total de secagem. A temperatura do produto aumenta até a temperatura de bulbo úmido do ar de secagem (para produtos com alto teor de umidade inicial). Durante o aquecimento, a pressão parcial de vapor da água na superfície do alimento é baixa, resultando em baixa taxa de secagem;

b) Período de secagem à taxa constante: a superfície do produto está saturada de água e a taxa de secagem é limitada pela taxa à qual o calor é transferido do ar para o produto. Devido à equalização da pressão de vapor da água na superfície do alimento em relação à água pura, a temperatura do produto se torna constante e igual à temperatura de bulbo úmido do ar. A velocidade de secagem é determinada

pelas condições do ar de secagem. O período finaliza quando a taxa de migração de umidade do interior do alimento para a superfície não suprir a taxa de secagem. Alguns produtos alimentícios não possuem o período de secagem à taxa constante (RATTI, 2009);

c) Período de secagem à taxa decrescente: o ponto no qual o período de taxa constante termina e inicia o período de taxa decrescente é denominado de umidade crítica. Neste período, observa-se redução na taxa de secagem, devido à insaturação da superfície do produto. Como a transferência de calor, do ar para a superfície do alimento, não é mais compensada pela evaporação da água, observa-se o aumento na temperatura do produto. O fim do processo de secagem ocorre quando o produto atinge a umidade de equilíbrio com o ar de secagem. Segundo Fellows (2006), a maioria dos danos térmicos no alimento ocorre durante esse período.

Figura 2: Ilustração curva cinética de secagem.



Fonte: FELLOWS, 2006.

3.3.2 Secagem convectiva

A secagem convectiva é a mais empregada industrialmente para secagem de alimentos. Nesse método, a transferência de calor do ar de secagem para o material ocorre por convecção e o ar também cumpre a função de carregar a água evaporada (PARK et al., 2007). A transferência de calor depende das temperaturas do ar de secagem e do produto a ser seco, da velocidade do ar e da área superficial do alimento, além da sua composição, estrutura e teor de umidade (RATTI, 2009). Segundo Berk (2018), dentre os fatores que afetam a velocidade da secagem, devem ser considerados os fatores internos, que são aqueles relacionados ao alimento

(tamanho, forma, estrutura, porosidade, umidade, pressão de vapor d'água) e os fatores externos, relacionados às condições de secagem (temperatura, umidade e velocidade do ar de secagem).

3.3.3 Efeitos da secagem nos alimentos

Segundo Jangam, Law e Mujumdar (2010), os atributos de qualidade atribuídos ao produto seco são classificados em físicos, químicos, biológicos e nutricionais. Um processo de desidratação adequado é caracterizado pela manutenção da maior parte desses parâmetros de qualidade. De uma forma geral, todos os alimentos sofrem alterações durante a secagem e estocagem, sendo que o objetivo das tecnologias de processamento de alimentos é minimizar essas alterações, fazendo uso de processos adequados e eficientes. Em um produto seco, são passíveis de ocorrerem alterações na textura, modificações indesejáveis no sabor e aroma, alterações de cor e valor nutricional (FELLOWS, 2006).

4 MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS

Ao analisar os alimentos no final da linha de produção (“teste do produto final”) para verificar a qualidade microbiológica tem sido a prática-padrão na indústria alimentícia há décadas. No entanto, não tem sido dada a atenção necessária à avaliação estatística desses dados. Em 1974, a Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (International Commission on Microbiological Specifications for Foods – ICMSF) escreveu um excelente texto sobre as definições dos critérios microbiológicos. O livro foi escrito no momento em que o comércio global de alimentos estava em crescimento e teve como objetivo a aplicação em alimentos sem histórico conhecido que entravam nos países (porta de entrada).

Mesmo assim, esses critérios têm sido aplicados pelas indústrias para os próprios produtos, os quais são bem conhecidos devido ao controle interno. Atualmente, é muito importante reconhecer que as análises microbiológicas de alimentos deveriam ser realizadas sob a ótica do sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) como parte da verificação principal. Em outras palavras, apenas testes no produto final não garantem um produto seguro, mas podem auxiliar na implementação do plano APPCC. Contudo, os critérios microbiológicos

(população de micro-organismos aceitáveis em um alimento específico) são necessários para as autoridades reguladoras e para as companhias na cadeia de abastecimento.

Um critério microbiológico para alimentos define a aceitabilidade de um produto ou lote de alimentos, com base na ausência ou presença, ou no número, de micro-organismos, incluindo parasitas, e/ou quantidade de suas toxinas ou metabólitos por unidade(s) de massa, volume, área ou lote.

4.1 *ENTEROBACTERIACEAE*

As Enterobacteriaceae abrangem muitos gêneros, incluindo aqueles que fermentam lactose (p. ex., *E. coli*) e os que não a fermentam (*Salmonella*). Maior (e mais variado) grupo de bacilos Gram negativos, não esporulados. Portanto, o uso de agar bile vermelho-violeta com glicose é recomendado para as enterobactérias. São ubiqüitários (solo, água, vegetação, microbiota do trato intestinal de animais e homem). Há uma tendência geral à descontinuação do uso de coliformes como indicadores da possível presença de patógenos entéricos em favor do uso das enterobactérias. Isso ocorre em parte devido à facilidade de detecção das *Enterobacteriaceae*. (FORSYTHE, 2013)

4.2 *E. COLI*

A bactéria *E. coli* é um bacilo gram-negativo não esporulado, pertencente à família Enterobacteriaceae, cujo ambiente natural é o trato intestinal do homem e de outros animais de sangue quente. Essas bactérias são aeróbias e anaeróbias facultativas e também são incluídas no grupo dos coliformes termotolerantes, anteriormente chamados de coliformes fecais, por serem capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 48 horas a temperatura de 44,5 °C a 45,5 °C (JAY, 2005).

4.3 *SALMONELLA spp.*

pertencem à família *Enterobacteriaceae* e são bacilos entéricos Gram-negativos; não esporogênicos; a maioria móvel, por apresentar flagelos peritríquios;

capazes de crescer em variados meios de cultura, formando colônias visíveis em 24 horas quando incubadas à 37°C. Geralmente não fermentam lactose e sacarose, mas fermentam a glicose e outros monossacarídeos, produzindo gás (JAY, 2005; FRANCO; LANDGRAF,2008). O seu pH ótimo de crescimento é próximo da neutralidade, sendo valores acima de 9,0 e abaixo de 4,0 considerados bactericidas (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

A maioria das infecções humanas por *Salmonella* são associadas com transmissão de origem alimentar, no entanto, alguns surtos de salmonelose têm sido relacionados com uma variedade de frutas e vegetais. A *Salmonella* tem sido isolada de muitos tipos de frutas e vegetais crus, incluindo brotos de feijão, melões, suco de laranja não pasteurizado, suco de maçã e tomates (Bidol et al., 2007)

4.4 ESTAFILOCOCOS

O *Estafilococos* é uma bactéria esférica (coco) Gram-positiva, que ocorre em pares, em pequenas cadeias ou em cachos similares aos de uva. É uma bactéria anaeróbia facultativa e é dividida em diversos biotipos, tendo como base testes bioquímicos e padrões de resistência. A resistência ao calor e à ação proteolítica no trato intestinal denota a importância da realização de testes após tratamento térmico (e subsequente morte das células bacterianas), para a presença da toxina em alimentos. Apesar de os manipuladores de alimentos serem normalmente as principais fontes de contaminação dos alimentos, quando há surtos, os equipamentos e as superfícies também podem ser a fonte das contaminações por *St. aureus*. As intoxicações humanas são causadas pela ingestão de enterotoxinas produzidas nos alimentos por algumas cepas de *St. aureus*, em geral porque o alimento não foi mantido quente (60 °C ou mais) ou frio o suficiente (7,2 °C ou menos). (FORSYTHE, 2013).

4.5 BOLORES E LEVEDURAS

Os fungos (termo que inclui tanto mofos como leveduras) também são eucariontes, eles são provenientes da mesma árvore da vida e, apesar de sua aparência superficial, não são plantas.

Os mofos e as leveduras são mais tolerantes a baixas atividades de água e pHs ácidos do que as bactérias. Por essa razão, deterioram alimentos tais como vegetais e produtos de panificação. Eles produzem enzimas pectinolíticas, que amolecem os tecidos vegetais, causando putrefação. Cerca de 30% da deterioração de frutas ocorre devido ao fungo *Penicillium*. Os fungos também produzem grandes quantidades de esporângios coloridos que são visíveis nos alimentos. Os métodos de conservação que costumam ser empregados para controlar a multiplicação de fungos são: altas temperaturas (para desnaturar endósporos), conservantes com ácidos fracos e antibióticos. Os fungos podem ser divididos em filamentosos (bolors) e leveduras. Esses micro-organismos são mais frequentemente encontrados em alimentos com baixo teor de água ou que possuem uma alta concentração de lipídios (FIB, 2008).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 MATERIAL

As amostras de pitaiá (*Hylocereus undatus*) foram doadas pelo Recanto das Pitayas, situado na cidade de Turvo, no estado de Santa Catarina (28°53'12.9"S 49°43'28.6"W). As pitaiás foram produzidas pelo sistema orgânico e foram colhidas em maio de 2020.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Higienização e condicionamento das frutas

Os frutos de pitaia foram higienizados com água potável, sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio (100 ppm) por 10 minutos. A seguir foram descascadas manualmente e as polpas foram cortadas em cubos, embaladas em sacos PEBD e congeladas em freezer convencional a -18 °C para posterior utilização.

5.2.2 Caracterização físico-química da polpa *in natura*

Os cubos de pitaia foram descongelados em temperatura de refrigeração e processados em liquidificador doméstico (Arno Power Mix 550W, Brasil) para obtenção das polpas. Alíquotas foram retiradas após a homogeneização e em seguida foi realizada a caracterização em termos de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis. Todas as análises foram realizadas em triplicata ($n=3$), conforme os métodos do Instituto Adolfo Lutz (IAL) (BRASIL, 2008). Para realização das medidas de pH, utilizou-se um pHmetro de bancada (Sensoglass, Modelo SP 1400, Brasil). Prévio à realização da análise, o pHmetro foi calibrado com soluções tampão com pH 7 e 4. As medidas de pH foram realizadas em triplicata ($n=3$), colocando a sonda diretamente na polpa contida num becker.

A determinação de sólidos solúveis totais, foi realizada através da leitura direta em refratômetro portátil (Grandindex RGS - 100 ATC, China), previamente calibrado com água destilada em temperatura ambiente. Os valores foram expressos em °Brix (método 315/IV).

Para a determinação da acidez total titulável, foi usada uma alíquota de 5 g da de polpa homogeneizada de pitaia, que foi diluída em 100 mL de água destilada. A titulação foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 molL⁻¹ até a faixa de pH 8,2-8,4, que foi controlado com o auxílio do pHmetro. Os resultados foram expressos em massa de (g) de ácido málico em 100g de amostra de polpa (métodos 311/IV), as medidas foram realizadas em triplicata ($n=3$).

5.2.3 Secagem convectiva da polpa da pitaia

Para o processo de secagem, 100±5g de polpa de pitaia descongelada em temperatura de refrigeração e batida no liquidificador doméstico (Arno Power Mix 550W, Brasil), foi espalhada em bandejas antiaderentes circulares de 28,5 cm de diâmetro com o fundo coberto com filme celofane de modo a facilitar o processo de

remoção da polpa após a secagem. As polpas foram espalhadas cuidadosamente com auxílio de uma espátula de forma a cobrir a superfície da bandeja para que se mantivesse a uniformidade de forma uniforme.

Figura 3: Amostras de polpa de pitáia espalhadas na bandeja antiaderente com plástico celofane.



Fonte: Autora, 2022

A secagem foi realizada em estufa de circulação e renovação de ar (TECNAL - TE - 39412, Brasil) nas temperaturas de 45 °C, 55 °C e 65 °C. Foram utilizadas bandejas em triplicata (n=3) para cada condição estabelecida. Para cada condição de secagem foram utilizadas três bandejas que ao longo do processo foram movimentadas dentro da estufa (rotacionadas) de forma a garantir a uniformidade do processo de secagem.

Figura 4: Bandejas com as polpas de pitáia no interior do equipamento de secagem



Fonte: Autora, 2022.

A variação da massa das amostras de polpa de pitáia foi acompanhada através do tempo de processo, sendo estabelecido tempos de pesagens de 10 em 10

minutos em balança semi analítica (BEL S2202, Brasil) até obter peso constante. Posteriormente à secagem, as amostras foram embaladas a vácuo (Modulare CV 25, Brasil) em PEBD e envoltas por papel alumínio para evitar a exposição das amostras à luz.

5.2.4 Determinação da curva cinética de secagem

A partir dos dados de variação de massa em função do tempo, coletados durante a secagem e conhecendo a umidade inicial das amostras, foi possível converter os dados de variação de massa em umidade em base seca. Estes dados permitiram serem construídas as curvas cinéticas de secagem para cada uma três temperatura de 45°C, 55°C e 65°C avaliadas gerando os as curvas de umidade em base seca (Ubs) por tempo.

5.2.5 Determinação da Taxa de secagem no período de taxa constante

Utilizando os dados das curvas cinéticas de secagem, foram traçadas regressões lineares de modo a obter valores de coeficiente de determinação (R^2) maiores do que 0,99. O coeficiente angular da equação da reta foi considerado a taxa de secagem do período constante. Os resultados foram expressos em g de água/ g de sólido seco.min. As análises foram feitas em triplicata (n=3).

Para a determinação da taxa constante de secagem no período constante, realizou-se a regressão linear dos dados de umidade (base seca) em função do tempo, que deram origem às cinéticas de secagem removendo os dados (de tempos mais longos) até atingir um coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,99. O coeficiente angular da equação da reta foi considerado a taxa de secagem do período constante e foi expressa em g de água/ g de sólido seco.min.

5.3 ANÁLISES DOS PÓS DE PITAIA

Após a secagem da polpa de pitáia, o produto final foi embalado e selado a vácuo (Modulare CV 25, Brasil) em sacos de PEBD e envoltas por papel alumínio para evitar a exposição das amostras à luz. As amostras secas foram moídas em moinho doméstico (Philco PMCO1L, Brasil) e em seguida peneiradas em peneira

granulométrica de 28 mesh, de forma a uniformizar o tamanho de partículas para posteriores análises de capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de retenção de óleo (CRO), índice de solubilidade em água (ISA) e cor instrumental. Além disso, foram realizadas análises microbiológicas de *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae*, *Bolores*, *enumeração de Coliformes* e *E.Coli* e *presença de Salmonella* nos pós de pitaia.

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

O método de Chau Cheung e Wong (1997), com modificações, foi utilizado para a determinação de CRA e CRO. Assim, misturou-se em um tubo *falcon*, um grama de amostra de pó de polpa de pitaia e 10 mL de água destilada. A seguir, o tubo contendo a mistura de pó e água foi então levado ao *vortex* (AP56-Phoenix Luterco, Tecnal, Brasil) por 1 minuto e centrifugado a 4000 RPM durante 30 minutos (Hermle - Z200A, Alemanha). Posteriormente, o sobrenadante foi coletado e pesado. O decantado (gel) que restou após a retirada do sobrenadante foi pesado. O mesmo procedimento foi realizado para capacidade de retenção de óleo (CRO), porém a água foi substituída por 10g de óleo de girassol a 25°C ($\rho = 0,89 \text{ g cm}^{-3}$). A CRA foi calculada de acordo com a equação 1 e expressa em g de água por g de sólido seco⁻¹. O CRO foi calculado de acordo com a equação 2 é expresso em g de óleo por g de sólido seco⁻¹. As análises foram feitas em triplicata ($n=3$).

$$\text{CRA} = \frac{Mg - Ma}{Ma} \quad (1)$$

Onde:

Mg= Massa do gel resultante da centrifugação (g) e

Ma= Massa da amostra em base seca (massa da amostra - massa solubilizada)

$$\text{CRO} = \frac{Mg}{Ma} \quad (2)$$

Onde: Mg= Massa do gel resultante da centrifugação (g) e

Ma= Massa da amostra em base seca (g).

5.3.2 Índice de solubilidade em água (ISA)

Para a determinação do índice de solubilidade em água, foi utilizada a metodologia modificada de Anderson et al. (1969), onde 5 mL do sobrenadante coletado das análises de capacidade de retenção em água, após a centrifugação, foram transferidos para a cápsula de alumínio previamente secas e pesadas. As cápsulas de alumínio contendo a amostra de sobrenadante foram secas a temperatura de 80°C até peso constante. O ISA foi calculado conforme equação (...). O resultado foi expresso em porcentagem (%). Todas as análises foram feitas em triplicata ($n=3$).

$$ISA = \frac{m(\text{cápsula+amostra}) - m(\text{cápsula vazia}) * (100 + m \text{ amostra})}{(m \text{ alíquota sobrenadante} * m \text{ amostra})} \quad (3)$$

5.3.3 Análise colorimétrica

A análise de cor foi realizada no pó de pitaiá utilizando colorímetro (Minolta Chroma Meter, Japão). O mesmo foi transferido para as placas de petri e as leituras foram realizadas para a obtenção dos parâmetros de cor $L^* a^* b$ (parâmetros da escala também conhecido como CIELAB). As condições de utilização do equipamento foram ajustadas para operar com iluminante D65 e ângulo de observação 10°, previamente calibrado. As análises foram feitas em triplicata ($n=3$).

As medidas foram feitas utilizando o Os parâmetros de cor $L^* a^* b$ (também conhecido como CIELAB) foram medidos.

Figura 5: Análise colorimétrica no pó de pitaiá.



Fonte: Autora, 2022.

5.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas foram realizadas nas amostras de pitaia desidratadas nas temperaturas de 45°C, 55°C, 65°C, de acordo com as metodologias descrita preconizadas por Silva et al (2017) e os resultados foram comparados com o estabelecido na IN 161/22 (BRASIL, 2022). Em paralelo, foram mantidos os controles positivos com as cepas *E. coli* ATCC25922, *S. aureus* ATCC25923 e *Salmonella Typhimurium* ATCC 1428.

As amostras (25 g), foram diluídas em 225 mL de água peptonada tamponada (TM Media, Rajasthan, Índia) originando a diluição 10⁻¹, posteriormente foi realizada a diluição seriada até a obtenção da 10⁻³ para a realização dos seguintes ensaios:

- Contagem de *Estafilococos coagulase positiva*: foi realizada a inoculação por plaqueamento em superfície, transferindo 0,1 mL das diluições realizadas anteriormente, para Ágar Baird Parker (Himedia, Mumbai, Índia). As placas foram incubadas em estufa (DBO, Eletrolab, São Paulo, Brasil) a 35°C por 48 horas. As colônias típicas foram submetidas ao teste da coagulase.

- Enumeração de *E.coli*: foi realizado pelo método de número mais provável, com teste presuntivo em caldo Lauril Sulfato Tryptose - LST (Oxoid, Hampshire, Inglaterra), incubado a 35°C por 48h, com confirmação em caldo *E. coli* - EC (Oxoid, Hampshire, Inglaterra) incubado (Banho maria Dubnoff, Quimis, Diadema, Brasil) a 45°C por 48h. Para a determinação de *E. coli* foi realizado o plaqueamento em Ágar Eosina Azul de Metileno - EAM (Himedia, Mumbai, Índia), incubado a 35°C por 24h. As colônias consideradas típicas foram submetidas a confirmação bioquímica.

- Teste de presença de *Salmonella*: a diluição 10⁻¹ foi incubada por 18 horas em estufa a 35°C e, posteriormente, 1 mL foi transferido para o caldo Tetratonato – TTB (Oxoid, Hampshire, Inglaterra) e 0,1 mL para o caldo Rappaport-Vassiliadis – RVS (Oxoid, Hampshire, Inglaterra), que foram então incubados a 35°C por 24 horas. Após esta incubação, as amostras foram estriadas em placas de ágar xilose lisina desoxicolato – XLD (TM Media, Rajasthan, Índia), e incubadas por 24 horas a 35°C. As colônias consideradas típicas foram submetidas aos testes bioquímicos e sorológicos.

- Contagem de *Enterobacteriaceae*: foi realizada a inoculação por plaqueamento em superfície, transferindo 0,1 mL das diluições realizadas anteriormente, para ágar VRBG (Kasvi, Espanha) com incubação a 35°C por 48h.

- Contagem de Bolores e leveduras: foi realizado o plaqueamento em superfície no ágar DG-18 (Kasvi, Espanha), com incubação (DBO, Dist, Brasil) a 25°C por 7 dias.

Figura 6: Preparação para as análises microbiológicas.



Fonte: Autora, 2022.

5. 4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Dos resultados obtidos das triplicatas realizadas nas análises foram calculados as médias e os desvios-padrão, para os ensaios de CRO, CRA e ISA. Os resultados foram analisados estatisticamente e submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o teste de Tukey a 5% de significância, realizados com o auxílio do software Statistica®.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE PITAIA

A Tabela 2 apresenta os resultados de pH, sólidos solúveis e acidez total titulável da polpa de pitaia *in natura*.

Tabela 2: Caracterização físico-química da polpa de pitaia *in natura*.

Amostra	pH ¹	Sólido solúveis (°Brix) ¹	Acidez Total titulável (g de ácido málico/100g) ¹	Umidade (%)
Pitaia	4,03 ± 0,02	10,4 ± 0	0,51± 0,01	87,43

¹ média ± Desvio Padrão.

Observa-se que os valores obtidos nas análises de pH, sólidos solúveis, acidez total titulável e umidade para a polpa *in natura* de pitaia corroboram com os resultados encontrados na literatura. Abreu et al. (2012), analisando a polpa de pitaia reportam valores de pH de 5,32 e sólidos solúveis de 10,83 °Brix. Santos et al. (2016), caracterizaram polpa de pitaia branca e reportam resultados de pH de 4,61 e sólidos solúveis 14,07 °Brix, corroborando com os resultados deste trabalho. Já Mattos et al. (2019) relataram 0,263 para acidez titulável expressa em g de ácido málico/100g de polpa e 8,49 °Brix para sólidos solúveis. Em pesquisa realizada por Angonese et al. (2021), onde foi realizada a caracterização de pitaia da mesma região que a objeto de estudo neste trabalho, relatam valores de pH da pitaia de polpa branca (*H. undatus*) de 4,24, umidade de 88,31% (b.u) e acidez total titulável 0,49 g de ácido málico por 100g de amostra. Islam, Khan, Hoque, and Rahman (2012) também obtiveram resultados similares quando avaliaram polpas de pitaia (*H. undatus*) e relataram valores de umidade de 87,90% (b.u) e pH de 4,20.

Comparando os resultados da caracterização da polpa de pitaia com outras frutas observa-se que ela apresenta características próprias, mas se assemelha em alguns aspectos físico-químicos a outras frutas. Sousa et al. (2020), estudaram polpas de acerola, cupuaçu e maracujá congeladas e comercializadas em Santarém – PA. Os autores procederam previamente ao descongelamento seguido de um processo de homogeneização das polpas e posterior caracterização. Os autores reportam valores de pH para acerola, cupuaçu e maracujá de 3,40, 3,45 e 3,01, respectivamente. Para acidez total titulável os resultados obtidos foram: para acerola 0,25, para cupuaçu 0,56 e o maracujá 0,45 expressos em g de ácido cítrico em 100g de polpa. Os sólidos solúveis expressos em °Brix, variaram de 10,64 para maracujá até 7,98 para a polpa de cupuaçu, com valores intermediários para acerola que apresentou 10,25°B. Observa-se que a pitaia, objeto deste estudo, apresenta menor

acidez que a acerola, cupuaçu e maracujá e teor de sólidos solúveis da mesma ordem de grandeza.

Reis et al. (2019) em sua pesquisa sobre caracterização físico-química da polpa de cereja que foram colhidas, sanitizadas e trituradas em liquidificador doméstico, apresentou em seu estudo o valor de 3,71 para o pH, 5,74 para sólidos solúveis expressos em °Brix, acidez total titulável foram 0,95 (% ácido málico) e por fim para análise umidade foi 92,92%.

Pelos resultados obtidos durante a caracterização da pitiaia (*H. undatus*), demonstram que a fruta tem alto teor de umidade, característico das frutas, com características ácidas e teor de sólidos solúveis comparável ao de outras frutas como maracujá, acerola, cereja, etc. conforme estudos citados anteriormente.

6.2 SECAGEM

A secagem promove a redução da atividade de água, pois a remoção da água da superfície e do interior do alimento ocorre durante o processo de secagem. Isso inibe o crescimento microbiano durante o armazenamento e reações enzimáticas indesejáveis, prolongando assim a vida útil dos produtos alimentícios, desde que utilizando sistemas de embalagem adequados.

Além disso, a secagem causa redução no peso e volume do produto, e isso minimiza os custos de embalagem, armazenamento e transporte do produto. A secagem envolve tanto a transferência de calor quanto a transferência de massa, que se refere à remoção de água. A transferência de calor ocorre dentro do alimento e se relaciona com o gradiente de temperatura entre a superfície do produto e com a superfície da água no interior do produto.

As triplicatas da secagem da pitiaia nas temperaturas de 45°, 55°C e 65°C deram origem às curvas cinéticas de secagem em umidade em base seca em função do tempo e análise das taxas de secagem e umidade crítica.

Figura 7: Polpa de pitáia após o processo de secagem.



Fonte: Autora, 2022.

6.2.1 Curvas cinéticas de secagem

O acompanhamento da redução da massa das amostras de polpa de pitáia durante o processo de secagem foi possível calcular a umidade em base seca (U_{bs}) em função do tempo de secagem e construídas as curvas cinéticas de secagem conforme figura 8.

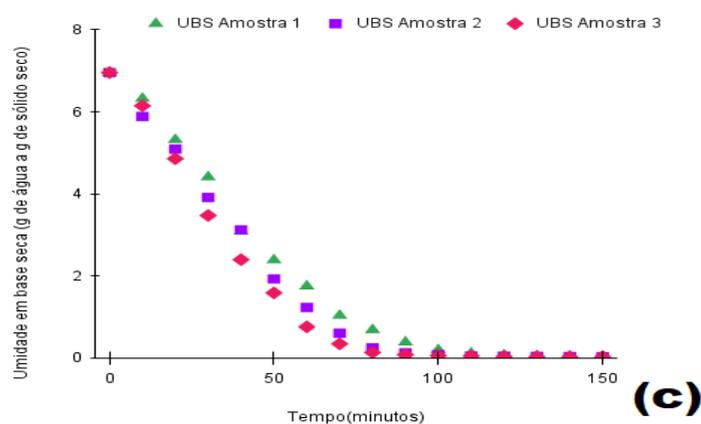
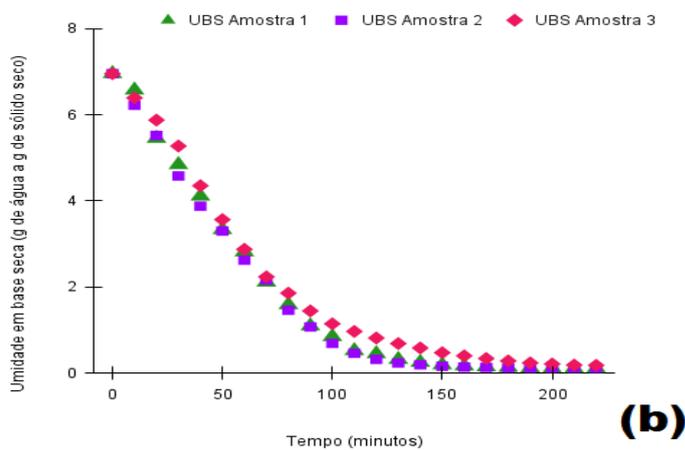
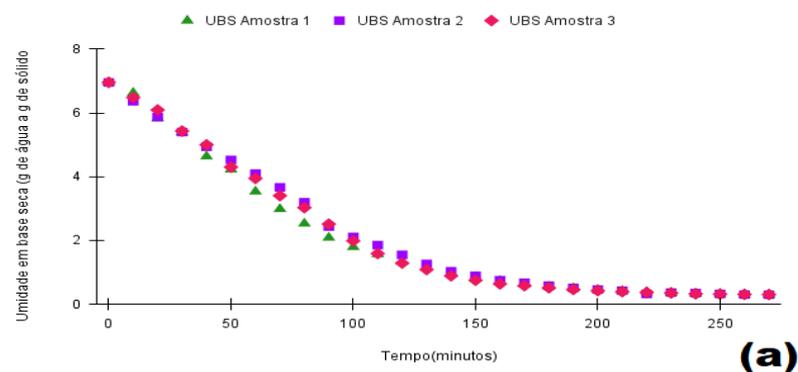
Segundo Fellows (2006), as curvas de secagem de produtos hidrofílicos apresentam duas etapas principais: a primeira etapa denominada de período de taxa constante e a segunda etapa que é denominada taxa decrescente. A etapa de taxa constante ocorre em função do material permanecer úmido na superfície fazendo com que o processo de secagem ocorra sem influência significativa do sólido, a temperatura de superfície equivale à temperatura do bulbo úmido do ar de secagem e o processo de secagem é fortemente influenciado pelas condições do ar de secagem. Esse período é encerrado quando o produto atinge a umidade crítica. Quando o teor de umidade do sólido atinge o ponto de umidade crítica, inicia-se o período de taxa decrescente até que a umidade do sólido atinge a umidade de equilíbrio com o ar. Na etapa de taxa decrescente a água migra do interior do sólido para a superfície e somente quando atinge a superfície é evaporada e é removida pelo ar. Nesta etapa, a secagem ocorre preferencialmente através de mecanismos difusionais de transporte da água no sólido e a temperatura da superfície do sólido atinge a temperatura do bulbo do ar.

Nas curvas cinéticas de secagem a 45°C, verifica-se a existência de uma redução linear da umidade ao longo do tempo, caracterizando a etapa de taxa constante, a qual prevalece do início da secagem até aproximadamente 100 minutos. Percebe-se também que a umidade de equilíbrio, que é basicamente o teor de umidade no qual a pressão de vapor d'água no produto é igual à do ar que o envolve (SOKHANSANJ & YANG, 1996) é atingida aos 240 minutos de secagem. As curvas cinéticas das secagens a 55°C e 65°C (Figura 8b) apresentaram um comportamento similar ao observado a 45°C entretanto os tempo de duração da etapa de taxa constante variaram entre 80 minutos para a secagem a 55°C e 50 minutos para a secagem a 65°C. Na medida que aumentou a temperatura de secagem observa-se que, além de tempos menores para atingir a umidade crítica, o equilíbrio com o ar de secagem também ocorreu mais rapidamente. Assim a 55°C e a 65°C a umidade de equilíbrio com o ar de secagem é atingida após 180 e 110 minutos respectivamente.

Este comportamento das curvas cinéticas corrobora com resultados reportados por Couto et al. (2017), que em estudo avaliando os processos de secagem de frutas do cerrado brasileiro a 50°C, 60° e 70°C, reportam além da existência de os dois períodos de secagem (taxa constante e taxa decrescente) um comportamento análogo no que se refere ao efeito da temperatura de secagem.

Observa-se que todas as curvas de secagem apresentam inicialmente um decaimento da umidade linear seguida de uma redução no decaimento da umidade. Este comportamento das curvas de secagem é característico de processos de secagem convectiva, uma vez que no produto, colocado em contato com o ar quente, ocorre transferência de calor do ar para o produto e ao mesmo tempo o processo de transferência de massa de água compreendida no produto para o ar em razão da diferença de pressão parcial de vapor entre o ar e o produto (Fellows, 2006).

Figura 8: Curvas cinéticas de secagem em 45°C, 55°C e 65°C



Fonte: Autora, 2022.

Avaliando a secagem realizada a 45°C a umidade final foi de $0,304 \pm 0,003$ (g de água a g de sólido seco), 23,30% em umidade em base úmida (Ubu), já para a secagem em 55°C o valor foi de $0,136 \pm 0,038$ (g de água a g de sólido seco) e valor

Ubu foi de 11,93% e por fim para 65°C o valor de umidade final foi de $0,033 \pm 0,005$ (g de água a g de sólido seco) e para Ubu foi de 3,20%.

Pela legislação vigente (“RDC N° 272, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005”), produtos de frutas secas ou desidratadas (exceto frutas secas tenras) devem apresentar umidade em base úmida de no máximo 25 %. Observa-se que em todas as condições de temperatura avaliadas, no final do processo os pós obtidos apresentam valores de umidade bem inferiores aos preconizados pela legislação. Os valores de umidade final de frutas variam, não somente com as condições de secagem, mas em função das características intrínsecas de cada fruta. Assim, Moraes et al. (2014) realizaram a secagem convectiva a 70°C, para polpas de abacaxi, maracujá e tamarindo e os valores de umidade final (BU) foram de 22%, 21%, e 9%, respectivamente, mesmo utilizando as mesmas condições de secagem

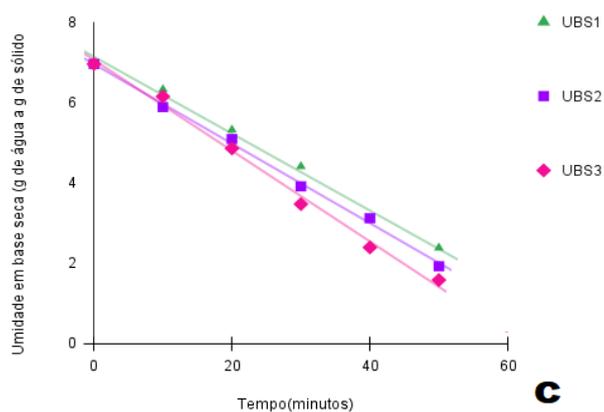
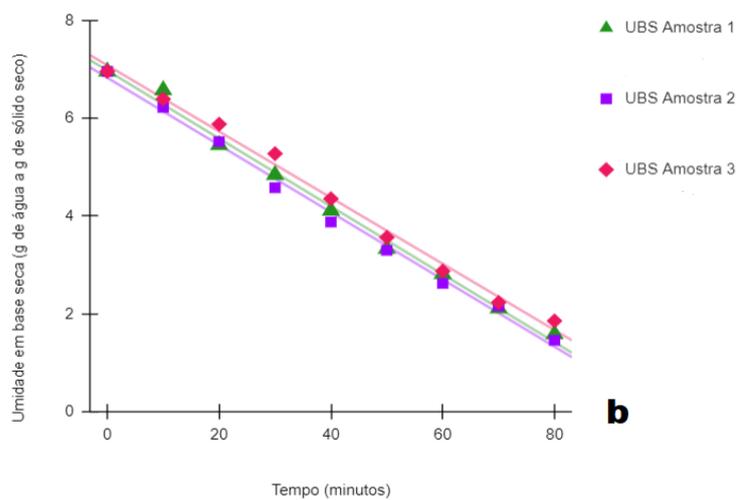
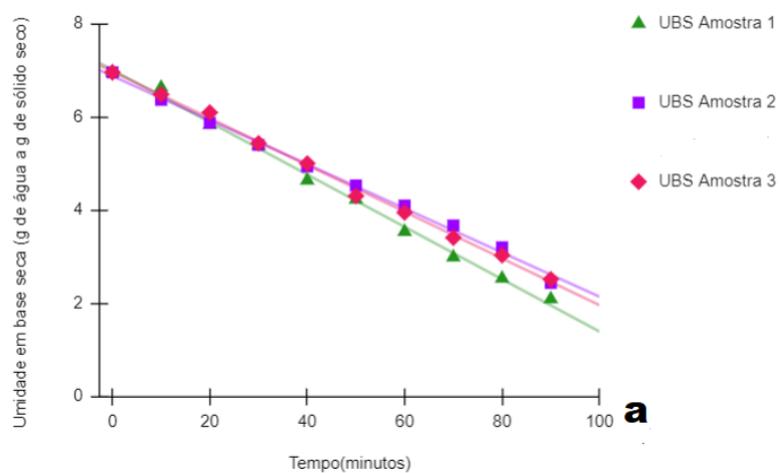
6.2.2 Taxa constante de secagem

Através da análise das curvas cinéticas de secagem, constata-se que o período constante é a etapa predominante na secagem da polpa de pitaiá para todas as temperaturas avaliadas. Neste sentido a determinação da taxa constante é um parâmetro importante para determinar a velocidade em que acontece a secagem e permite estabelecer o ponto de inflexão da curva cinética que corresponde à umidade crítica. A umidade crítica, além de indicar a mudança do mecanismo de secagem, é um parâmetro importante no controle do processo, uma vez que a partir dela a superfície da polpa atinge a temperatura de bulbo seco ar. Assim, conhecer a umidade crítica em cada processo, permite um melhor gerenciamento energético do processo e pode reduzir os danos devido à temperatura (Fellows,2006).

Na Figura 9 são apresentadas as regressões lineares realizadas nas curvas cinéticas para cada temperatura avaliada e suas respectivas repetições (n=3). Analisando as regressões é possível verificar que o período de taxa constante foi inversamente proporcional à temperatura de secagem. Observa-se que para 45°C, 55°C e para 65°C o período de taxa constante permaneceu até 90, 80 e 50 minutos respectivamente. Estes resultados contribuem para controlar o processo de secagem de polpa de forma a obter-se produtos de melhor qualidade e com redução de gastos de energia. Por exemplo, se a secagem da polpa de pitaiá for realizada a 65°C, após 50 minutos é recomendado reduzir a velocidade do ar de secagem (promover redução

de custos) e a temperatura do ar pode ser reduzida para a temperatura em bulbo úmido do ar, reduzindo perdas de compostos termossensíveis.

Figura 9: Ajustes lineares do decaimento da umidade para o cálculo da taxa de secagem em período constante de polpa de pitaita seca a 45°C (a), 55°C (b) e 65°C (c).



Fonte: Autora, 2022.

A partir dos ajustes lineares foi possível então determinar a umidade crítica, marcada pela umidade no final da regressão e a taxa constante de secagem que corresponde ao coeficiente angular da equação da reta ajustada, conforme apresentado na Tabela 3

Tabela 3: Valores de umidade crítica e taxa de secagem.

Temperatura de secagem	Umidade crítica (g de água/g de sólidos secos)	Taxa de secagem (g de água/g de sólidos secos.min)
45°C	1,965 ± 0,159 ^a	0,522 ± 0,062 ^a
55°C	1,636 ± 0,202 ^{a,b}	0,689 ± 0,004 ^b
65°C	1,469 ± 0,311 ^b	1,025 ± 0,092 ^c

¹ média ± Desvio Padrão. Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferenças significativas ao nível de significância de 5% pelo teste de Tuckey.

Nota-se que, embora não tenham sido observadas diferenças significativas na umidade crítica das amostras secas a 55°C com as amostras secas a 45°C e a 65°C, houve uma redução significativa ($p < 0,05$) neste parâmetro quando se compara a amostra seca a 65°C com a amostra seca a 45°C. Isto é na secagem a 65°C da polpa de pitaiá, além de atingir mais rapidamente a umidade crítica, ela ocorre numa umidade menor que a 45°C.

Por outro lado, as taxas de secagem na etapa constante aumentaram significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura. Pode-se observar que a 45°C a taxa foi de 0,522 (g de água / g de sólido.min) o que corresponde a uma taxa 50% menor que a taxa observada a 65°C.

Comportamento similar foi reportado por Couto et al. (2017) que avaliando o processo de secagem de frutas do cerrado, observaram que quanto maior for a temperatura do ar de secagem, maior é a taxa de secagem, e conseqüentemente, menor é o tempo do processo. Já para Dantas et al. (2015) utilizando secagem a 65°C para goiaba, a partir dos ajustes nas curvas de secagem observou período de taxa constante de 90 minutos e taxa decrescente e com valor de taxa de 0,889 (g de água / g de sólido.min), sendo reportado pelo experimento realizado que a estufa e a circulação de ar podem ter influenciado no desenvolvimento do processo de secagem.

6.3 ANÁLISES DE CRA, CRO, ISA

A capacidade de retenção de água é estabelecida como capacidade de um agrupamento de elementos, normalmente são macromoléculas que se encontram em pequenas concentrações, impedindo fisicamente por meio de forças externas que podem ser gravitacionais ou não, reter uma grande quantidade de água. Essa água que foi retida fisicamente não se desprende facilmente pelos tecidos, entretanto há uma ação análoga à água pura que consegue ser eliminada pelo processo de secagem (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Segundo Moura et al. (2011), a quantidade de sólidos solúveis na amostra seca está diretamente relacionada ao índice de solubilidade em água, uma vez que amostras com maior quantidade de sólidos solúveis tendem a ter maior solubilidade em água, mesmo após a secagem. Wani, Sogi e Gill (2013), atribuem a solubilidade em água de produtos secos a polissacarídeos (não amiláceos) e proteínas que se hidratam após a secagem.

Tabela 4- Resultados da CRA, CRO e ISA.

Amostras	CRA (g de água por g de sólido seco ⁻¹) ¹	CRO (g de óleo por g de sólido seco ⁻¹)	ISA (%) ¹
45°C	5,58 ± 0,51 ^a	2,78 ± 0,14 ^a	41,34 ± 3,97 ^a
55°C	4,52 ± 0,34 ^{a,b}	2,40 ± 0,19 ^b	37,14 ± 4,02 ^a
65°C	4,47 ± 0,32 ^b	2,06 ± 0,04 ^c	47,20 ± 5,22 ^a

¹ média ± Desvio Padrão. Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferenças significativas ao nível de significância de 5% pelo teste de Tuckey.

A capacidade de retenção de água é definida como a capacidade de um conjunto de moléculas, geralmente macromoléculas que estão em baixas concentrações, de reter fisicamente por meio de forças externas (geralmente gravitacionais) uma grande quantidade de água. Essa água retida fisicamente não

escoa facilmente pelos tecidos, mas tem um comportamento similar a água pura, que pode ser removida pelo processo de secagem (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Observa-se que a amostra seca a 45°C apresentou significativamente maior valor de CRA que a amostra seca a 65°C (Tabela 4). Este comportamento pode estar associado a que a utilização de uma maior temperatura de secagem tenha provocado danos térmicos em compostos que reduziram sua capacidade de incorporar água no produto seco. Outro fator que pode ter contribuído para este comportamento pode estar associado às diferenças na composição e na porosidade dos materiais. No caso da composição, sabe-se que o processo de maturação de frutas promove a hidrólise de polissacarídeos aumentando, desta forma a disponibilidade de grupos hidrofílicos para formação de ligações de hidrogênio com consequente aumento da higroscopicidade. Por outro lado, o aumento da porosidade provoca um aumento da área de adsorção e modificações nas forças capilares aumentando a capacidade de interação com a água Este comportamento já foi relatado por outros autores em diferentes matrizes. Em um estudo feito por Souza et al. (2008) com a farinha da casca do maracujá, obtiveram um valor de 4,8 de g de água por g de amostra seca para CRA. Outro estudo feito por Szeremeta et al. (2018) utilizando farinha de banana verde resultou no valor de CRA de 2,56 g de água por g de amostra seca. Embora os valores reportados por estes autores sejam diferentes dos encontrados para a pitaita, observa-se que são da mesma ordem de grandeza, corroborando com os resultados obtidos.

Observa-se uma redução significativa da CRO com a temperatura. O pó de pitaita obtido da secagem a 45°C, apresentou um valor de 2,78 (g de óleo / g de sólido seco), para o pó obtido por secagem a 55°C o valor foi de 2,40 (g de óleo / g de sólido seco) e 2,06 (g de óleo / g de sólido seco) para o pó seco a 65°C. Esta redução significativa da CRO com a temperatura.

Ortiz et al. (2016) realizou um estudo com farinha de coprodutos de frutas de lichia e banana, e valor de CRO para lichia foi de 1,74 grama de óleo por grama de sólido seco e o valor para a banana foi de 1,51 grama de óleo por grama de sólido seco. Angonese et al. (2020), reportou valores diferentes para secagem convectiva de pitaita, obtendo o valor para CRO de $0,65 \pm 0,16$ (gramas de óleo por grama de sólido seco). As elevadas capacidades de retenção de água e óleo de pós elaborados a partir de frutas têm sido associadas aos seus altos teores de fibras. Essas propriedades influenciam nas aplicabilidades tecnológicas desses produtos enquanto ingredientes,

uma vez que estão diretamente relacionadas a características como viscosidade, reologia, volume e textura das misturas às quais podem ser adicionados (SALEHI; AGHAJANZADEH, 2020).

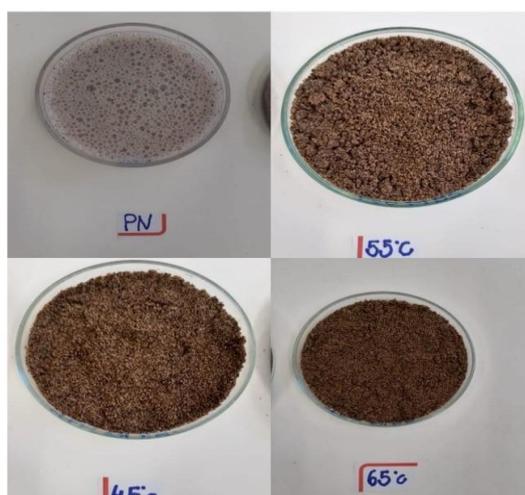
O Índice de solubilidade em água não foi afetado significativamente pela temperatura de secagem. Os resultados para o pó de pitáia na temperatura de 45°C foi de 41,34%, para 55°C foi de 37,14% e para temperatura de 65°C foi de 47,20%.

Ortiz et al. (2016) realizou um estudo com farinha de coprodutos de frutas de abacaxi e mamão e o ISA referente foi de 41,82% para o abacaxi e 53,52% para o mamão. Para a farinha dos resíduos de laranja, cujo estudo foi realizado por Clemente et al.(2012), o valor obtido para ISA foi de 24%. Observando os resultados reportados por estes autores observa-se que são da mesma ordem de grandeza e corroboram com Ferreira et al.(2015) que reportam que a solubilidade relaciona-se à quantidade de sólidos solúveis nas amostras de polpa de acerola, que por sua vez dependem das características intrínsecas de cada fruta ou material a ser seco.

6.4 ANÁLISE COLORIMÉTRICA

A pitáia (*H. undatus*), é extremamente atrativa pela sua aparência exótica e suas cores vibrantes da casca. O primeiro olhar analisando a fruta, já desperta curiosidade entre os consumidores para descobrir o que tem no interior da fruta com a casca de cor pink intenso e escamas esverdeadas, conhecida como “Dragon fruit” (fruta do dragão). (JUNQUEIRA et al., 2002; NERD; MIZRAHI, 1997).

Figura 10: Amostra polpa de pitáia *in natura* e amostras dos pós de pitáia.



Fonte: Autora, 2022.

A Tabela 5 apresenta os resultados dos parâmetros L^* , a^* e b^* , para a polpa *in natura* e os pós de pitáia na temperatura de 45°, 55°C e 65°C.

Tabela 5: Resultados análise colorimétrica nos parâmetros L^* , a^* , b^* .

Amostra	L^*	a^*	b^*
Polpa <i>In Natura</i>	40,94 ± 1,80 ^b	1,46 ± 0,18 ^b	3,24 ± 0,26 ^b
45°C	36,74 ± 0,86 ^a	5,37 ± 0,29 ^a	9,17 ± 0,77 ^a
55°C	35,71 ± 0,78 ^a	5,40 ± 0,09 ^a	9,79 ± 0,43 ^a
65°C	41,04 ± 0,66 ^b	5,58 ± 0,21 ^c	11,96 ± 0,65 ^c

¹ média ± Desvio Padrão. Letras iguais na mesma coluna indicam que não houve diferenças significativas ao nível de significância de 5% pelo teste de Tuckey.

A qualidade de uma cor pode ser obtida pela luminosidade L^* . A luminosidade e suas coordenadas a^* e b^* é a escala que varia do preto (0) ao branco (100), portanto, quanto mais alto o valor de L^* mais clara a cor, e quanto mais baixo, mais escura. O eixo a^* varia de +a (vermelho) ao -a (verde), e o eixo b^* de +b (amarelo) ao -b (azul).

Analisando os parâmetros de cada amostra, não há diferença significativa ($p < 0,05$) entre os parâmetros das amostras na temperatura de 45°C e 55°C, entretanto o parâmetro L^* para a amostra *in natura* e 65°C também não há diferença significativa ($p < 0,05$), deduzindo que o tempo e a temperatura de secagem não afetaram as amostras. Todas as amostras apresentaram

Angonese et al. (2021) relatou valores para pitáia (*Hylocereus undatus*) *in natura* nos parâmetros L^* 55,30, a^* 1,22 e o parâmetro b^* 2,17. Meneses et al. (2018), estudo de “Subprodutos de frutas tropicais desidratados por secagem convectiva”, reportou valores para análise colorimétrica na amostra de 55°C, para manga o valor correspondente aos parâmetros L^* foi de 58,98, para a^* 7,18 e para b^* 22,18. Para goiaba os parâmetros foram para L^* 69,88, a^* 21,28 e para b^* 34,37.

Apesar de a temperatura e o tempo que o produto fica exposto a ela, serem fatores que podem alterar pigmentos, (Fellows, 2006), nesse estudo as diferenças

foram pequenas entres as amostras, sendo possível verificar que o produto não apresentou degradação de cor ao longo do processo de secagem.

6.5 RESULTADOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Apesar do processo de secagem não ser letal, durante a desidratação alguns microrganismos são destruídos. Contudo, muitos podem ser isolados de alimentos desidratados, principalmente quando a matéria prima é de baixa qualidade, sua higienização é deficiente ou quando as boas práticas de manipulação não são seguidas durante as diferentes etapas do processamento (FRANCO e LANDGRAF, 2008).

As análises microbiológicas foram realizadas para verificação da conformidade dos produtos em relação a Instrução Normativa Nº 161 de 01 de julho de 2022, que estabelece que análise de *Salmonella sp*, *Escherichia coli* e bolores e leveduras como obrigatórias para frutas secas, desidratadas ou liofilizadas. Além disso, como forma de verificar o atendimento às boas práticas de fabricação, foram realizadas contagem de bactérias da família *Enterobacteriaceae* e de *Staphylococcus sp.* coagulase positiva, os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras de pitaita desidratadas nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C.

Temperatura de secagem (°C)	<i>Enterobacteriaceae</i> (UFC/g)	<i>E.coli</i> (NMP/g)	<i>Salmonella</i> (em 25g)	<i>Estafilococos</i> coagulase positiva (UFC/g)	Bolores e levedura (UFC/g)
45	<10 ²	<3	Ausência	<10 ²	1,9.10 ³
55	<10 ²	<3	Ausência	<10 ²	3.10 ²
65	<10 ²	<3	Ausência	<10 ²	1.10 ²
IN 161/22	NE*	10 ^{2**}	Ausência	NE*	10 ⁴

* NE: Não estabelecido, **UFC/g

Fonte: Autora, 2022.

Na determinação de *Enterobacteriaceae*, para todas as amostras foi atribuída a contagem $<10^2$ UFC/g, sendo este o valor do limite de determinação do método. Estes microrganismos são utilizados como indicadores das condições de higiene dos processos de fabricação, por serem facilmente inativadas pelos sanitizantes e pelo calor em processamentos térmicos. Por serem amplamente distribuídas na natureza, podem ser encontradas nas frutas *in natura* (FRANCO e LANDGRAF, 2008). No entanto, os resultados encontrados indicam que foram eficientemente eliminados durante o processo de higienização realizado anteriormente à secagem.

Apesar da *Escherichia* ser o gênero típico da família *Enterobacteriaceae*, esta inclui vários outros gêneros de importância em alimentos, algumas inclusive patogênicas para plantas e animais, que respondem por perdas expressivas na indústria de alimentos. Várias *Enterobacteriaceae* também podem ser patogênicas para humanos, sendo a *Salmonella* sp. a mais importante (SILVA et al, 2017). Neste sentido, foi realizada a avaliação destes parâmetros microbiológicos e comparados ao estabelecido na legislação em vigor, IN 161/22 (BRASIL, 2022). Em todas as amostras analisadas, independente da temperatura utilizada na secagem os resultados foram ausência de *Salmonella* spp em 25 g de alimento e enumeração de *E. coli* <3 NMP/g. Indicando conformidade com o preconizado pelas autoridades sanitárias.

A contagem de *Estafilococos* coagulase positiva nestes alimentos teve como objetivo indicar uma contaminação após o processamento, que geralmente se deve ao contato com o manipulador ou com superfícies inadequadamente higienizadas. É um indicador que pode ser utilizado em alimentos com baixa umidade, tendo em vista ser o patógeno menos exigente ao teor de água livre, se desenvolvendo em Aa mínima de 0,86 (SILVA et al, 2017). Nas análises realizadas, todas as amostras apresentaram contaminação $<10^2$ UFC/g, indicando o atendimento das boas práticas no processamento e manuseio da polpa de pitáia.

Um dos principais responsáveis pela deterioração em alimentos com baixa atividade de água é o crescimento de bolores e leveduras (FRANCO e LANDGRAF, 2008). A IN 161/22 (BRASIL, 2022) recomenda que a análise representativa do lote seja realizada em 5 amostras e que em apenas 2 delas o valor possa ser superior a 10^3 UFC/g e nenhuma deve ultrapassar 10^4 UFC/g. Neste trabalho, não foi realizada a amostragem representativa, por isso todas as amostras foram consideradas com

qualidade aceitável, apesar da amostra submetida a secagem a 45 °C apresentar qualidade microbiológica intermediária ou marginal.

A sobrevivência de bactérias patogênicas em frutas desidratadas é rara e limitada a algumas semanas, o armazenamento por períodos relativamente longos minimiza o risco (ICMSF, 2015). Os resultados apresentados neste trabalho são similares aos reportados por outros pesquisadores: Batista (2014), analisou bananas passa orgânicas desidratadas a temperatura fixa de 65°C e relatou os seguintes valores de contaminação microbiana: <3,0 NMP/g para *E. coli*, ausência de *Salmonella* sp. e contagem de bolores e leveduras <10 UFC/g. Meneses et al. (2018) também não detectou *Salmonella* sp. em subprodutos de manga, goiaba e acerola desidratados por secagem convectiva em estufa com temperatura de 55°C no período de 48 horas e relatou a contagem <10² UFC/g de bolores e leveduras e , Estafilococos coagulase positiva. Da mesma forma, Menin et al. (2020), desidratou casca de feijoa, em estufa de circulação de ar forçado a 60°C até peso constante e processou para a obtenção da farinha, a qual apresentou <10,0 UFC/g de Estafilococos coagulase positiva, < 10² UFC/g de bolores e leveduras, <3,0 NMP/g de *E.coli* e ausência de *Salmonella* sp.

A qualidade e segurança do consumo de alimentos desidratados dependem de medidas de controle gerais, que incluem: a limpeza frequente dos equipamentos, a imediata secagem até atingir a atividade de água desejada, o carregamento adequado do produto dentro do secador para obtenção da secagem uniforme, o manuseio higiênico do produto desidratado e o armazenamento a seco evitando a entrada de umidade (ICMSF, 2015).

Além disso, a segurança e a qualidade dos produtos desidratados dependem primordialmente do estado da fruta antes da secagem. A minimização do tempo de armazenamento da fruta limpa e cortada antes da secagem e a realização do branqueamento, quando aplicável também são importantes para a redução da carga microbiana. Soma-se a estes fatores, o controle da umidade após o processamento que é o fator primordial para evitar a recontaminação dos produtos desidratados (ICMSF, 2015).

7 CONCLUSÃO

O processo de secagem empregados à polpa de pitáia *H. undatus*, foram capazes de promover a desidratação da polpa da fruta, atuando nas taxas de secagem. O que ocasionou a atenuação expressiva no tempo de secagem, da mesma maneira que, menor período de taxa constante e menor umidade final após a secagem, foi a secagem em 65°C.

A cinética de secagem demonstrou a presença dos dois períodos de taxa secagem, para as polpas de pitáia, em todos os tratamentos. Não obstante, o período de taxa constante foi o responsável por controlar o processo de secagem nas polpas, predominando sobre o processo difusional, facilitando que a fruta chegasse a valores de umidade inferiores a 20 % após 70 minutos de secagem.

As amostras de polpa de pitáia desidratadas nas diferentes temperaturas apresentaram qualidade microbiológica aceitável. No entanto, o produto obtido da secagem na temperatura de 45°C, apresentou qualidade intermediária quanto a contagem de bolores e leveduras, possivelmente devido a temperatura de 45°C não ser suficiente para inibir o crescimento microbiano e tempo decorrido para a desidratação ser maior e permitir o desenvolvimento destes microrganismos durante o processamento e a temperatura de secagem. Por isso, não é recomendada a utilização desta temperatura no processamento da pitáia desidratada.

Em função dos resultados dos ensaios microbiológicos e levando em consideração a análise das propriedades tecnológicas, considera-se que a temperatura de 55°C foi a mais adequada para secagem de polpa de pitáia, uma vez que o pó obtido nesta condição apresentou propriedades tecnológicas similares ao pó seco à 45°C e não se observou crescimento microbiano.

REFERÊNCIAS

- A, S. et al. Foam mat drying of food materials: a review. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 39, p. 3165-3174, 2015.
- ABREU, W. C. DE et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca Physicochemical characteristics and total antioxidant activity of red and white pitaya. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 4, p. 656– 661, 2012.
- ALEXANDRE, H. V.; GOMES, J. P.; NETO, A. L. B.; SILVA, F. L. H. D.; ALMEIDA, F. D. A. C. Cinética de secagem de abacaxi cv pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 2, p. p.123-128, 2009.
- ANGONESE, Mariana. Potencial bioativo e tecnológico de polpas de pitaya (*Hylocereus spp.*) frescas e desidratadas. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- BASTOS, D.S. Desidratação da Polpa de Manga “Tommy Atkins” Utilizando a Técnica de foam mat drying- Avaliações Químicas, Físicoquímicas e Sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 8, n., p.283-290, 2005.
- BRASIL. Instrução Normativa 161, de 01 de julho de 2022. Estabelece as listas de padrões microbiológicos de alimentos. **Diário Oficial da União**. 06 jul 2022. Edição: 126. Seção 1. Página: 235.
- Brasil. Ministério da Saúde. Universidade Federal de Minas Gerais. **Na cozinha com as frutas, legumes e verduras** / Ministério da Saúde, Universidade Federal de Minas Gerais. – Brasília : Ministério da Saúde, 2016. 116 p. : il.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Química do processamento de alimentos. 3ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001, 252p.
- BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORREA, J. L. G.; NASCIMENTO, D. A. Drying of pumpkin (*Cucurbita moschata*, L.) slices by natural and forced convection. **Ciencia E Tecnologia De Alimentos**, v. 28, p. 245-251, 2008.
- CHAU, C-F.; CHEUNG, P.C.K.; WONG, Y-S. Functional properties of protein concentrates from three chinese indigenous legume seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 45, p. 2500-2503, 1997

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, jan., 2010. (EMBRAPA- Cerrados, Documentos, 276).

CORDEIRO, M.H.M. et al. Caracterização física, química e nutricional da pitaiá-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 37, n.1, p.020-026, 2015.

COUTO; BASILIO; Maria luiza. ESTUDO DO PROCESSO DE SECAGEM DE FRUTOS DO CERRADO EM SECADOR DE BANDEJAS COM CIRCULAÇÃO FORÇADA DE AR. Brasília 2017.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. Rio de Janeiro (RJ): Globo, 1990. 207 p.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R.; **Química de Alimentos de Fennema** – 4ª ed. - Editora Artmed, 2010.

DINÇER, Ibrahim; ZAMFIRESCU, Calin. Drying phenomena: Theory and applications. 1th Edition, John United Kingdom: Wiley & Sons, 2016.

DONADIO, L.C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pt/hup/seguranca_alimentar.html Acesso em: 23 ago. 2022.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Práticas**. 2ªEd. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 602 p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

GAVA, Altanir Jaime; SILVA, Carlos Alberto Bento da; FRIAS, Jenifer Ribeiro Gava. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

HIRSCHLER, R.; Colorimetria Aplicada na Indústria Têxtil, apostila, Rio de Janeiro: FaSeC – Faculdade SENAI/CETIQT – 2002

HUNTERLAB. CIE L*a*b* color scale: applications note, v.8, n.7, 1996. Acesso em 06 de outubro de 2022. On line. Disponível na internet: http://www.hunterlab.com/color_theory.php

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020.

JAY, J. M. **Microbiologia de Alimentos**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JUNQUEIRA, K. P. et al. **preliminares sobre uma pitaya (Selenicereus setaceus Rizz.) nativa do informações cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, 2002.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**: (de consumo in natura). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006, 369 p.

MARTINAZZO, A. P. Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf. 2006. 156p. Tese (doutorado). Viçosa, MG.

MELLO, F.R. **Avaliação das características físico-químicas e atividade antioxidante da pitaya e determinação do potencial do mesocarpo como corante natural para alimentos**. 2014. Tese (Doutorado em engenharia de alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. Guia Alimentar para a População Brasileira. 2. ed. Brasília, 2014a.

MORETTO, E.; FETT, R.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M. **Introdução a ciência dos alimentos**. ed. 2. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2008. 237 p.

NEVES, G. A. R.; SANTANA, M. F. S; VALENÇA, R. S. F. **Capacidade higroscópica de farinhas de diferentes frutas**. Amazônia: Embrapa, 2008.

OETTERER, M, REGINATO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo: Manole, 2006, p.565-603.

ORTIZ, D. WEYRICH. **CASCAS DE FRUTAS: ESTUDO DAS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E TECNOLÓGICAS**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS ESCOLA DE AGRONOMIA. Goiânia 2016.

PANATO, K. **Efeito da secagem convectiva e por leito de espuma sobre as propriedades físico-químicas e tecnológicas de purê de abóbora (Cucurbita maxima Duch. x Cucurbita moschata Duch. var. 'Tetsukabuto')**. 2017. 159 p. Dissertação (Mestrado em ciência dos alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

PANATO, K.; MÜLLER, C.M.O. **Estudo da cinética de secagem e modelagem matemática de purê de abóbora** (Cucurbita maxima x Cucurbita moschata). In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, XXV, 2016, Gramado. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos- CBCTA 2016. Rio Grande do Sul, 2016, p. 1-6.

PIO, L.A.S.; RODRIGUES, M.A.; SILVA, F.O.R. **O Agronegócio da Pitaia**, Abrappitaia, Lavras, 2020 325p

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. **Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v.19, n.3, p. 259-269, jul./set., 2008.

SANTOS, M. C. D. A.; SILVA, T. **Avaliação do mercado de frutas e hortaliças embaladas, minimamente processadas, orgânicas e desidratadas na capital de Minas Gerais**. Contagem: CEASAMINAS/MG, 2010.

SILVA, S. E.; OLIVEIRA, J.; MACHADO, A.V.; COSTA, R. O.; **Secagem de Grãos e Frutas: Revisão Bibliográfica**. Revista Brasileira de Agrotecnologia. v.5, n.1, p. 19-23. 2015.

SILVA, Neusely da.; JUNQUEIRA, Valéria Christina Amstalden.; SILVEIRA, Neliane Ferraz de Arruda; TANIWAKI, Marta Hiromi; GOMES Renato Abeilar Romeiro; OKAZAKI, Margarete Midori. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5ª. edição São Paulo (SP): Blucher, 2017. 535p.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p.

