



**MATEUS DE CAMPOS ALVES**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM CONVECTIVA  
DA POLPA DE PITAIA BRANCA PARA A OBTENÇÃO DE  
FILMES COMESTÍVEIS**

**LAVRAS – MG  
2023**

**MATEUS DE CAMPOS ALVES**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM CONVECTIVA  
DA POLPA DE PITAIA BRANCA PARA A OBTENÇÃO DE  
FILMES COMESTÍVEIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leila Aparecida Salles Pio**

**Orientadora**

**Dr<sup>a</sup>. Juliana Rodrigues do Carmo**

**Co-orientadora**

**Lavras – MG  
2023**

**MATEUS DE CAMPOS ALVES**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM CONVECTIVA DA POLPA DE  
PITAIA BRANCA PARA A OBTENÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS**  
**OPTIMIZATION OF THE CONVECTIVE DRYING PROCESS OF WHITE PITAIA  
PULP TO OBTAIN FRUITH LEATHER**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 15 de março de 2023.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Claudia Costa Baratti UFLA

Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa UFLA

Dr.<sup>a</sup>. Juliana Rodrigues do Carmo UFLA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Leila Aparecida Salles Pio

Orientadora

**LAVRAS-MG**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais Alexandre Delgado Alves e Andréa Fátima de Campos Alves por todo amor, suporte e apoio incondicional durante toda a minha trajetória. Obrigado por sempre acreditarem em mim. Ao meu irmão Pedro de Campos Alves por todo carinho e por todos os conselhos.

À minha avó Ana Julia Pena de Campos por todo o carinho, ternura e por ser uma das pessoas mais importantes da minha vida.

Às minhas queridas amigas de curso Elisabete, Jessica, Karina, Maria Eduarda, Renata e Viviane por toda ajuda, companhia, parceria e risadas durante todos esses anos de graduação.

À professora e orientadora Leila Aparecida Salles Pio por toda gentileza e carinho comigo em todos os nossos encontros, por todo auxílio e confiança durante a realização do presente do trabalho.

Ao professor Jefferson Luiz Gomes Corrêa pela disponibilidade para utilizar o Laboratório de Secagem de Alimentos, que me proporcionou conhecer pessoas incríveis que me ajudaram muito durante a realização do experimento, em especial a Lais e a Paula.

À minha co-orientadora Juliana Rodrigues do Carmo pela companhia durante nossos dias de laboratório, pela ajuda incondicional, por toda a paciência durante esse período, por sempre me tranquilizar e pela amizade que construímos que cultivo com muito carinho.

Ao NEPAFLOR e ao NEFRUT que foram os Núcleo de Estudos que participei durante minha graduação, que me proporcionaram muitos momentos felizes e inúmeras amizades que levarei para a vida.

À Professora Michele Valquíria dos Reis do Departamento de Agricultura por todos os anos de iniciação científica e pela importância e impacto que isso teve no meu amadurecimento pessoal.

E por fim, a todos os amigos que compartilharam comigo inúmeras vivências e experiências durante todos esses anos. Agradeço imensamente por terem tornado a minha graduação mais leve.

**OBRIGADO A TODOS!**

## RESUMO

A Pitaia (*Selenicereus sp.*), também conhecida como “fruta-do-dragão”, é uma frutífera cactácea nativa das Américas, sendo adaptada a ambientes com temperaturas elevadas e alta umidade relativa do ar. No Brasil, a pitaia vem ganhando destaque e atraindo a atenção dos produtores em escala nacional, devido a sua rusticidade, facilidade de manejo e alto valor agregado, uma vez que seu fruto apresenta sabor levemente adocicado e diversos nutrientes e vitaminas, além de uma beleza única e exuberante, sendo considerado exótico pelos consumidores. Entretanto, o alto teor de água torna este fruto muito perecível, sendo necessárias técnicas na pós-colheita que preservem as suas qualidades originais. Dentre essas técnicas, tem-se a secagem convectiva como uma alternativa para a obtenção de produtos secos, os quais apresentam maior vida útil, devido o teor de água e a atividade de água serem reduzidos neste processo. Por meio desta técnica, foi obtida uma espécie de filme de fruto desidratado agregando consideravelmente valor ao produto. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um filme comestível de pitaia vermelha de polpa branca (*Selenicereus undatus*), testando a influência de diferentes concentrações de etanol (0; 0,05 e 0,1ml/cm<sup>2</sup>) e limão (0; 0,5 e 1%) e diferentes temperaturas de secagem da polpa (50, 60 e 70°C) por meio de um delineamento composto central (DCC). As variáveis respostas avaliadas foram: tempo de secagem, umidade, atividade de água e coloração dos produtos obtidos. Concluiu-se que a utilização de etanol e limão como pré-tratamento na polpa de pitaia vermelha de polpa branca para a obtenção de filmes de frutas favorecem a redução da umidade e da atividade de água e o aumento da luminosidade da cor do produto. Menores tempos de secagem e teor de água e melhores respostas colorimétricas foram observados em maiores temperaturas.

**Palavras-chave:** Atividade de água; Delineamento Composto Central; Desidratação; Filme comestível de fruta; *Selenicereus sp.*

## ABSTRACT

Pitaia (*Selenicereus sp.*), also known as "Dragon Fruit", is a cactaceous fruit native to the Americas, being adapted to environments with high temperatures and high relative humidity. In Brazil, pitaia has been gaining prominence and attracting the attention of producers on a national scale, due to its rusticity, ease of management, and high added value, since its fruit has a slightly sweet flavor and several nutrients and vitamins, besides an unique and exuberant beauty, being considered exotic by consumers. However, the high water content makes this fruit very perishable, requiring post-harvest techniques to preserve its original qualities. Among these techniques, convective drying is an alternative to obtain dry products, which present a longer shelf life, because the water content and the water activity are reduced in this process. Through this technique, a fruit leather was obtained, adding considerable value to the product. The present study aimed to develop a fruit leather from red pitaia with white pulp (*Selenicereus undatus*), testing the influence of different concentrations of ethanol (0, 0.05 and 0.1ml/cm<sup>2</sup>) and lemon (0, 0.5 and 1%) and different drying temperatures (50, 60 and 70 °C) through a central compound design (CCD). The response variables evaluated were: drying time, moisture, water activity and color of the products obtained. It was concluded that the use of ethanol and lemon as pre-treatment in white pitaia pulp to obtain fruit films favors the reduction of moisture and water activity and favors the brightness of the product color. Lower drying times and water content and better colorimetric responses were observed at higher temperatures.

**Keywords:** Water activity; Central Compound Design; Dehydration; Fruit leather; *Selenicereus sp.*

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Pitaia.....	9
2.2. Produtos e subprodutos da pitaia.....	11
2.3 Secagem na conservação de frutos.....	13
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1. Localização da área experimental.....	15
3.2. Descrição do material utilizado.....	15
3.2. Preparo das amostras.....	15
3.3. Procedimento de secagem.....	17
3.4. Umidade.....	17
3.5. Atividade de água.....	17
3.6. Avaliação colorimétrica.....	17
3.7. Análise estatística.....	18
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
4.1 Umidade.....	21
4.2 aw.....	23
4.3. Tempo.....	25
4.4. L*.....	27
4.5. a*.....	29
4.6. b*.....	30
4.7. C*.....	32
4.8. °h.....	34
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A pitiaia (*Hylocereus sp.*) é uma planta frutífera pertencente à família das cactáceas, originária das florestas tropicais das Américas Central e do Sul (LIRA et al., 2018). Devido à sua rusticidade, exotividade, precocidade de produção (SILVA, 2014) e adaptabilidade às condições edafoclimáticas brasileiras, ganhou destaque comercial e produtivo em escala nacional nos últimos anos. O fruto da pitiaia apresenta coloração vibrante, formato diferenciado, sabor sutilmente adocicado e altos teores de componentes nutricionais, como vitaminas e antioxidantes, o que chama grande atenção por parte dos consumidores, agregando alto valor comercial ao produto (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022).

Apesar de suas propriedades nutricionais, a polpa da pitiaia é majoritariamente composta por água, tornando o fruto perecível (OFFIA-OLUA, 2015). Assim, devido a esse curto período de vida útil, são necessárias alternativas na pós-colheita que busquem prolongar esse estágio, de modo a preservar a qualidade e os atributos originais do fruto, como teor de sólidos solúveis e sabor. Para tal e de modo a agregar valor ao produto, o fruto da pitiaia pode ser destinado à produção de compotas, sorvetes, geleias e também produtos secos, como uma espécie de filme comestível, conhecido no exterior como *fruit leather*, ou couro de fruta. Este último é amplamente consumido em diversos países, sendo produzido a partir do processamento da polpa do fruto em um liquidificador e posteriormente desidratado, porém, no Brasil ainda não é muito usual (PINTO et al., 2017).

Atualmente, a secagem convectiva encontra-se como uma das principais técnicas na conservação de alimentos. Segundo Nascimento et al. (2015), o teor de água e a atividade de água ( $a_w$ ) são reduzidos no processo da secagem, de modo a diminuir o metabolismo e as atividades enzimáticas do material, aumentando a vida útil do produto. Além disso, pode-se citar como vantagens: maior conservação do produto, estabilidade aromática por maiores períodos, redução do peso do produto final, dispensabilidade de refrigeração, entre outros (LEITE et al., 2016). A secagem convectiva tem como principal objetivo a remoção da umidade do material e é realizada por meio da vaporização térmica, com o auxílio de equipamentos e controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem (CORNEJO et al., 2021).

Com o intuito de otimizar o processo da secagem convectiva de modo a reduzir o tempo gasto durante o procedimento, existem algumas alternativas, como a utilização de etanol para favorecer a evaporação da água, sendo estes pré-tratamentos aplicados diretamente à superfície da matriz alimentar (ARRUDA, 2021). Já a adição de limão surge

para realçar o sabor do fruto (NAZ, 2012). Entretanto, estudos que utilizam estes pré-tratamentos no desenvolvimento de pitaia em forma de filme ainda são escassos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi buscar uma alternativa para promover melhores condições de secagem da pitaia, de modo a preservar as cores do fruto e reduzir o tempo de secagem, bem como seu teor de água e  $a_w$ . Assim, foram avaliadas as influências de diferentes concentrações de etanol e limão na secagem da polpa de pitaia, submetida a diferentes temperaturas de processo para a obtenção das variáveis de respostas supracitadas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Pitaia

A pitaia é uma planta cactácea nativa das Américas, conhecida popularmente como “fruta-do-dragão” devido à presença de escamas na casca do fruto, que nada mais são do que as sépalas remanescentes da flor (SILVA, 2014; SOUZA et al., 2021). Na revisão taxonômica mais atual, constata-se que a pitaia é distribuída em quatro principais gêneros: *Hylocereus*, *Selenicereus*, *Cereus* e *Stenocereus*. A principal diferença entre os gêneros são as particularidades do fruto, variando de acordo com a tonalidade da casca, coloração da polpa, diferença no comprimento das brácteas, entre outras características (FREITAS et al., 2021).

Ela é uma planta considerada rústica, apresentando facilidades na propagação e no manejo. A propagação pode ocorrer de maneira sexuada (por meio de sementes) ou vegetativa, por meio dos cladódios (segmentos de caule), pelo método da estaquia (BINSFELD et al., 2019). Segundo Santos, Pio e Faleiro (2022), as pitaias originadas de sementes apresentam alta variabilidade genética e demoram mais para produzirem, sendo o plantio destas indicado somente para o desenvolvimento de estudos voltados para o melhoramento genético da cultura.

Por sua vez, a utilização de estacas adultas é recomendada para plantios comerciais (LONE et al., 2020). A técnica da estaquia consiste na clonagem de uma planta matriz com características agronômicas desejáveis, de forma a promover a uniformidade do pomar, bem como a redução do período de produção. Em estudo realizado por Lima (2013), na propagação da pitaia vermelha de polpa branca (*Selenicereus undatus*), estacas (cladódios) de comprimento de 15 a 20 cm e 9 gemas apresentaram melhores resultados em relação ao número e comprimento de brotos, massa fresca e seca e sistema radicular.

No que diz respeito ao manejo da pitaia, por se tratar de uma planta trepadeira, deve-se realizar o tutoramento das mudas após o plantio, promovendo um crescimento vertical. Utilizam-se como tutores mourões de eucalipto ou postes de concretos (LIMA, 2013). A implantação de um pomar de pitaia é considerada de baixo custo, uma vez que as mudas podem ser facilmente obtidas ou produzidas dentro da própria propriedade em boas condições sanitárias, bem como as estruturas de madeira, amenizando os custos (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022). Dessa forma, a pitaia encontra-se como uma excelente alternativa para os pequenos produtores na utilização de suas áreas.

A pitaia não é muito exigente em tratos culturais, entretanto, assim como qualquer outra cultura, exige certos cuidados durante seu manejo, sendo estes relacionados ao controle de plantas daninhas, irrigação, adubação e erradicação de pragas e doenças. Segundo Lima (2013), a necessidade de irrigação varia de acordo com o índice pluviométrico local. Para locais onde há grandes períodos de estiagem ou baixa frequência de chuvas, recomenda-se a irrigação das pitaias, principalmente no período de crescimento vegetativo destas, uma vez que as plantas ainda não atingiram sua completa maturação fisiológica.

O controle de plantas daninhas visa reduzir a competição por água, nutrientes e luminosidade com a cultura da pitaia, de modo que não haja interferências durante o processo produtivo. Além disso, com a redução da população dessas plantas, a ocorrência de pragas e doenças diminui significativamente, uma vez que muitas destas são hospedeiras de patógenos (LIMA, 2013). Segundo Costa et al. (2019), deve-se realizar o coroamento das pitaias com o auxílio de uma enxada, de modo que não haja ferimentos nos cladódios ou nas raízes superficiais. Além disso, recomenda-se o plantio de plantas de cobertura, como o amendoim forrageiro ou o feijão tremoço, como o intuito de inibir o estabelecimento de plantas invasoras, evitar o aquecimento do solo, promover maior retenção de água do solo e fixar nitrogênio (LONE et al., 2020).

Embora não seja muito comum, a pitaia pode ser afetada por pragas e doenças, acarretando danos nos frutos e estruturas vegetativas, de modo a prejudicar a produtividade do pomar e reduzir o valor comercial do produto. Entre os grupos fitopatogênicos que infectam a cultura, pode-se citar fungos, bactérias, vírus e nematoides. Segundo Moura (2020), as doenças mais importantes que assolam a cultura da pitaia estão associadas a fungos, sendo elas: antracnose, murcha, mancha preta e cancro da haste.

A colheita da pitaia é uma das últimas etapas da cadeia produtiva, antecedendo apenas o armazenamento e a comercialização. Na comercialização os frutos devem ser colhidos apenas quando atingirem o seu ponto de maturação fisiológica, sendo um dos métodos de

determinação a mudança de coloração na casca. Para Santos, Pio e Faleiro, (2022), trata-se de um fruto não-climático, uma vez que não amadurece após a colheita. As condições de armazenamento devem ser adequadas, visto que a pitáia é um fruto tropical e deteriora-se mais facilmente, recomenda-se sua refrigeração, de modo a promover uma maior conservação. Entretanto, quando se utiliza a câmara fria, a temperatura não deve ser inferior a 8°C, pois temperaturas muito baixas danificam a polpa dos frutos (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022). Segundo Magalhães (2017), a pitáia apresenta durabilidade entre 6 e 8 dias se mantida em temperatura ambiente.

A pitáia está sendo cultivada por inúmeros produtores devido a sua rusticidade e facilidade no cultivo, porém, uma outra razão foi a grande demanda pelos consumidores. O fruto é considerado exótico e atrativo, pois apresenta colorações vibrantes e inúmeras brácteas em forma de escamas na casca (LONE et al. 2020). A composição nutricional do fruto é diversa, dispendo de inúmeras vitaminas (B1, B2, B3, C e E), bioativos fenólicos, betalainas e betacarotenos, fibras, ácido ascórbico, açúcares (frutose, glicose e sacarose) (CORDEIRO, 2015) e diversos nutrientes, como potássio e magnésio.

Segundo Freitas et al. (2021), a pitáia desempenha diversos benefícios no corpo humano, desenvolvendo funções antioxidantes, antimicrobianas, hepatoprotetoras e cicatrizantes, auxilia no tratamento de doenças diabéticas, cardiovasculares e hepáticas, atua no sistema imunológico, além de apresentar baixo teor calórico, assim, a pitáia pode ser considerada um superfruto (COSTA et al., 2020).

## **2.2. Produtos e subprodutos da pitáia**

Os frutos são considerados alimentos perecíveis, sendo necessário que se amplifique os produtos de suas cadeias produtivas (OFFIA-OLUA, 2015). Dessa forma, busca-se alternativas para maximizar o uso integral dos frutos, utilizando-se de estruturas como polpa e casca no desenvolvimento de produtos que agradem o mercado consumidor. Alguns frutos são separados em dois grupos: os de mesa e os de industrialização. O primeiro grupo refere-se aos frutos que são consumidos *in natura*, ou seja, aqueles que são mais atrativos visualmente. O segundo grupo são os frutos menores ou danificados, também chamados de frutos fora do padrão ou inferiores aos parâmetros exigidos pelo mercado de mesa (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022), que possivelmente seriam descartados no processo produtivo. Estes são destinados à indústria, sendo utilizados na produção de alimentos processados como geleias, licores, cremes, entre outros.

Há inúmeras possibilidades de transformação dos frutos visando aumentar sua vida útil. No caso da pitiaia, a produção de geleia é uma das principais formas de aumentar a durabilidade do fruto, que possui qualidades físico-químicas próprias para o consumo, mesmo apresentando baixa acidez (OLIVEIRA, 2017). Durante o preparo, com o aumento da temperatura e a adição de açúcar, a atividade da água é reduzida, promovendo maior conservação do produto. Dependendo da quantidade de açúcar, o período de validade varia entre 3 e 12 meses (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022).

Além das geleias, a pitiaia também pode ser encontrada na forma de produtos gelados, como sorvetes e iogurtes. Os iogurtes podem ser produzidos a partir da polpa e da casca do fruto da pitiaia. O aproveitamento dos subprodutos dos frutos é uma forma de reduzir as perdas durante o processamento, de modo a desenvolver produtos funcionais e nutritivos (FARIA, 2019). Dessa forma, os iogurtes produzidos a base da casca de pitiaia apresentam-se como uma alternativa saudável, uma vez que contém cálcio e um alto teor de fibras em sua composição, além de boa aceitação sensorial por parte dos provadores (GIANNONI, 2021). Além disso, a casca também pode ser utilizada para a produção de corantes naturais (SANTOS; PIO; FALEIRO, 2022).

O processamento de alimentos não visa somente a utilização integral dos frutos, mas também em formas de aumentar a vida útil dos produtos. Através de processos como a secagem convectiva e a liofilização, que consistem na retirada da água da composição dos frutos, a indústria alimentícia encontrou alternativas para se aumentar a vida útil do fruto, mantendo suas qualidades originais. Segundo Barboza et al. (2022), a qualidade dos produtos alimentícios pode ser comprometida por danos fisiológicos e microbiológicos, portanto, prejuízos que envolvem umidade, atividade enzimática e ataque de fungos e bactérias. Dessa forma, ao retirar essa água, ocorre a extinção das bactérias e micro-organismos responsáveis pela degradação do fruto (NAZ, 2012), uma vez que estes necessitam de umidade para sobreviver, garantindo desta forma, que o produto seja conservado por um maior período.

O couro-de-fruta é uma espécie de filme comestível da polpa de frutos, produzido por meio da secagem. Trata-se de um produto desidratado e, portanto, apresenta um teor mínimo de umidade e baixa atividade enzimática. Com a atividade de água reduzida, as bactérias e os micro-organismos não conseguem se estabelecer, o que favorece a maior conservação do produto. Este produto vem ganhando destaque no mercado por ser considerado saudável, nutritivo e apresentar baixo teor calórico, sendo consumido principalmente como um *snack*. Até para as crianças pode ser incentivador o consumo do filme comestível de fruta ao invés de doces e guloseimas (JAVARIA, 2021), pois trata-se de um alimento com aparência

brilhante, sabor levemente adocicado e textura macia e maleável. Segundo Naz (2012), a produção dos filmes comestíveis de frutas permite a utilização de uma menor quantidade de açúcar e a mistura de diferentes sabores de frutas.

Além dos *snacks*, o filme comestível de fruta também é utilizado na decoração de pratos. Devido à sua textura flexível e dobrável, torna-se possível a moldagem do produto em diversos formatos, como rolinhos e flores, agregando um valor considerável ao produto. Considera-se uma vantagem do filme comestível de fruta a sua facilidade de armazenamento, pois com a redução da umidade, seu tamanho e peso reduzem significativamente (NAZ, 2012). Além disso, com a taxa respiratória do alimento praticamente cessada, seu prazo de validade é longo, sendo dispensada a utilização de refrigeração.

### **2.3 Secagem na conservação de frutos**

A secagem é um método operacional no qual a água é retirada da composição de um alimento por meio da aplicação de calor (CORRÊA, 2014). A partir dessa técnica, a etapa da pós-colheita no sistema produtivo é otimizada, uma vez que as perdas são reduzidas e há maior conservação dos frutos (SILVA et al. 2021). Além disso, devido à redução do volume e do peso do produto, o armazenamento é facilitado, pois o espaço necessário é menor e não necessita de refrigeração, diminuindo significativamente os custos de produção.

Existem dois tipos de secagem: a natural e a artificial. Segundo Silva et al. (2021), utiliza-se da energia solar para a conservação dos alimentos, os quais são secos pela ação do calor e do vento. Este método não é muito utilizado, pois além de ser considerado lento, o alimento se torna muito mais suscetível ao ataque de bactérias e micro-organismos durante o procedimento. Por outro lado, a secagem artificial utiliza de equipamentos nos quais há o controle das condições de temperatura, umidade e velocidade do ar, de modo a aumentar a eficiência do processo e reduzir o tempo da secagem (SILVA, 2017). Entretanto, a aquisição dos equipamentos adequados, bem como o consumo de energia térmica encarecem a produção.

Com o avanço da tecnologia, associado à demanda por alimentos e ao desenvolvimento de produtos à base de frutos, diversos tipos de secadores foram desenvolvidos e inseridos nesse mercado. A escolha varia de acordo com o material a ser seco, dependendo da forma, tamanho e teor de umidade e o que se deseja para o produto final. Para frutos e hortaliças, o secador de túnel é o mais utilizado. Trata-se de um secador com alta capacidade de produção, no qual o material é colocado sobre uma bandeja apoiada em uma base móvel, permitindo a

movimentação no interior do secador (CELESTINO, 2010). É necessário que o ar circule dentro do túnel durante o procedimento, de modo a manter o ar não saturado, promovendo uma melhor secagem. Cornejo et al. (2021) também citam a redução do peso como uma das principais vantagens da secagem de alimentos, uma vez que o transporte e o armazenamento são muito mais facilitados se comparado com os produtos congelados. Para Silva et al. (2021), o desenvolvimento de estudos relacionados a técnicas de conservação de frutos é fundamental para a cadeia produtiva, pois promove a produção de alimentos saudáveis e nutricionais, associando isso à redução de perdas e a geração de renda.

Produtos secos à base de pitaia foram obtidos em um estudo realizado por Macedo et al. (2019), em que foi produzida espuma da polpa da pitaia por meio da adição de um agente espumante e posteriormente secagem em temperaturas de 50 e 70°C. A maior taxa de secagem e o menor tempo foram observadas na maior temperatura. Produtos comestíveis com aspecto de filme comestível de pitaia são escassos.

Assim, este trabalho estudou a obtenção deste tipo de produto por secagem convectiva em secador de túnel de vento, variando-se a temperatura de processamento (50, 60 e 70°C) adicionando (ou não) diferentes concentrações de álcool etílico (etanol) absoluto (99,5%) e limão durante a secagem, a fim de avaliar o impacto dessas condições nas características do produto final.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da área experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Secagem de Alimentos do Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, localizada no município de Lavras, Minas Gerais.

#### 3.2. Descrição do material utilizado

Foram utilizadas pitaias vermelhas de polpa branca (*Selenicereus undatus*) para a realização do experimento. Os frutos foram colhidos no Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras e congelados *in natura*, sendo mantidos no freezer do Laboratório de Cultura de Tecidos do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Para o preparo das amostras, as pitaias foram descongeladas e cortadas ao meio. As cascas foram descartadas e as polpas processadas em um liquidificador (Philips Walita 1400w) durante, aproximadamente, 1 min.

#### 3.2. Preparo das amostras

Após o processamento no liquidificador, foram utilizados 60 g de polpa para cada ensaio, sendo que algumas amostras foram tratadas com álcool etílico (etanol) absoluto (99,5%) e/ou limão, enquanto outras foram secas sem tratamento (Tabela 1). Para as amostras tratadas, o limão foi adicionado diretamente na amostra e o etanol aspergido sobre a amostra. A quantidade de etanol aspergida foi de 0,05 e 0,1%, sendo baseado nos estudos de Corrêa et al. (2012), que avaliaram a influência do etanol na secagem por convecção de bananas em diferentes estágios de maturação. O limão foi adicionado nas concentrações de 0,5 e 1%. Este pré-tratamento foi utilizado pois pode auxiliar na inibição da atividade enzimática, que provoca o escurecimento de produtos desidratados (FERREIRA, 2022). Além disso, segundo Naz (2012) a adição do suco de limão pode realçar o sabor do fruto.

**Figura 1.** Exemplo de uma amostra tratada com limão e etanol utilizada na secagem.



**Fonte:** Mariana Tereza Carvalho (2022)

**Tabela 1.** Planejamento para avaliação do experimento das variáveis originais.

Ensaio	Variáveis originais		
	Temperatura (°C)	Concentração limão (%)	Concentração etanol (ml/cm <sup>2</sup> )
1	50	0	0
2	50	0	0,10
3	50	1,0	0
4	50	1,0	0,10
5	70	0	0
6	70	0	0,10
7	70	1,0	0
8	70	1,0	0,10
9 (C)	60	0,5	0,05
10 (C)	60	0,5	0,05
11 (C)	60	0,5	0,05

### 3.3. Procedimento de secagem

Para a secagem das amostras foi utilizado um secador de túnel (Eco Engenharia Educacional, modelo MD018, Brasil), com fluxo de ar nas temperaturas 50, 60 e 70°C e velocidade de 1,5 m/s, de acordo com os ensaios da Tabela 1. As amostras foram dispostas no papel dover em um porta amostras circular de 15 cm de diâmetro, onde estava acoplada uma balança digital (Ohaus Adventurer, ARC 120, EUA), com monitoramento instantâneo da massa das amostras durante a secagem, sendo de 5 em 5 min nos primeiros 60 min e de 10 em 10 min posteriormente até o final do processo. A secagem foi finalizada quando a diferença de massa foi inferior a 0,2 g entre uma pesagem e outra, portanto, até atingir o ponto de umidade de equilíbrio.

### 3.4. Umidade

A umidade é um parâmetro de análise que indica a quantidade total de água presente em um alimento. No presente trabalho, a umidade das amostras tratadas e *in natura* foi determinada em uma estufa à vácuo a 70°C durante 24 horas, de acordo com a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2010).

### 3.5. Atividade de água

A atividade de água representa a maneira com que a água está ligada aos alimentos, sendo um dos parâmetros de análise de qualidade e segurança dos alimentos. Para as análises de atividade de água ( $a_w$ ) das amostras utilizou-se um termohigrômetro digital (Aqualab, serie 3 TE, Washington, EUA) a 25°C.

### 3.6. Avaliação colorimétrica

As amostras secas passaram por uma avaliação de cor com o auxílio de um colorímetro (Konica Minolta modelo CR-300, Osaka, Japão), com iluminante D65 e ângulo de visão de 10°, utilizando a escala de cores CIELab. Os parâmetros analisados foram:  $L^*$  – representando a luminosidade variando de 0 (preto) a 100 (branco);  $a^*$  e  $b^*$  – representado as coordenadas de cromaticidade verde (- a), vermelho (+ a), azul (- b) e amarelo (+ b),  $C^*$  representando a saturação da cor e  $h$  indicando o ângulo de tonalidade, no qual 0° e 360° = vermelho; 90° = amarelo; 180° = verde e 270° = azul (CARMO et al., 2019).

### 3.7. Análise estatística

O delineamento composto central (DCC) é um delineamento que foi desenvolvido com o objetivo de permitir encontrar o ponto de resposta máxima ou mínima, em ensaios com  $k$  fatores e com um número de pontos inferior a outros tipos de delineamentos utilizados, entretanto, a utilização do DCC restringe-se ao ajuste de modelos de primeira ordem.

Para os ensaios, foram escolhidos três fatores de interesse: temperatura, concentração de limão e concentração de etanol, instalados em um delineamento composto central. Foi utilizado um Método de Superfície de Resposta (MSR) com o delineamento estatístico instalado sob o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

Podemos definir a Superfície de Resposta como sendo a representação geométrica obtida quando uma variável resposta é plotada como uma função de dois ou mais fatores quantitativos. A função pode ser assim definida:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \varepsilon$$

em que:  $Y$  é a resposta (variável dependente);  $X_1, X_2, \dots, X_k$  são os fatores (variáveis independentes); e  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

Denota-se a resposta esperada por:

$$E(Y) = f(X_1, X_2, \dots, X_k) = \eta$$

então,

$$\eta = f(X_1, X_2, \dots, X_k)$$

é chamada de superfície de resposta.

A forma geral para o modelo de primeira ordem (ou modelo de grau um) em  $k$  variáveis de entrada (independentes) pode ser representado por:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon$$

Onde  $Y$  é uma variável resposta observada,  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$  são parâmetros desconhecidos, e  $\varepsilon$  é o termo do erro aleatório. Se  $\varepsilon$  tem média zero, então a porção não aleatória do modelo geral de primeira ordem representa a verdadeira resposta média,  $\eta$ , que é,

$$\eta = E(Y) = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i$$

A fim de auxiliar a apreciação do plano experimental e os cálculos de análise e interpretação dos resultados experimentais, é conveniente padronizar ou codificar os níveis de

todos os fatores numa mesma escala, em geral, no intervalo  $[-1; 1]$ . Para a codificação, o cálculo é definido por:

$$x_{cod} = \frac{x_i - x_{-i}}{A_{x_i}} \quad (i = 1, \dots, k)$$

em que

$$A_{x_i} = \frac{\max(x_i) - \min(x_i)}{2}$$

Muitas vezes é desejável retornar aos valores originais dos fatores, especialmente para uso posterior dos resultados. O cálculo para reverter a transformação acima é dado por:

$$x_i = x_{cod} A_{x_i} + x_{-i}$$

Os planejamentos experimentais foram realizados com auxílio do software *R* utilizando o pacote *rsm* (Core Team, 2022).

As variáveis independentes foram codificadas para  $(-1, 1)$  para simplificar os cálculos. Foram incluídos também três pontos centrais entre os valores máximos e mínimos da temperatura, concentração de limão e concentração de etanol. As repetições no ponto central são utilizadas para estimar o erro experimental e para checar o ajuste do modelo de primeira ordem. Os pontos centrais do delineamento são os correspondentes às condições de  $60^\circ\text{C}$ , 0,5% de limão e 0,05 mL/cm<sup>2</sup> de etanol.

**Tabela 2.** Planejamento do delineamento composto central para avaliação do experimento, variáveis originais e codificadas.

Ensaio s	Variáveis originais			Variáveis codificadas		
	Temperatura (°C)	Concentração do limão (%)	Concentração etanol (ml/cm <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Concentração do limão (%)	Concentração etanol (ml/cm <sup>2</sup> )
1	50	0	0	-1	-1	-1
2	50	0	0,10	-1	-1	1
3	50	1,0	0	-1	1	-1
4	50	1,0	0,10	-1	1	1
5	70	0	0	1	-1	-1
6	70	0	0,10	1	-1	1
7	70	1,0	0	1	1	-1
8	70	1,0	0,10	1	1	1
9 (C)	60	0,5	0,05	0	0	0
10 (C)	60	0,5	0,05	0	0	0
11(C)	60	0,5	0,05	0	0	0

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão descritas todas as variáveis respostas obtidas de acordo com os fatores de interesse. Foi utilizada pitaia vermelha de polpa branca como material de estudo, entretanto, o resultado final obtido apresentou coloração em tons de rosa avermelhado. Acredita-se que ao descongelar os frutos, pigmentos avermelhados da casca deslocaram-se para a polpa, o que implica na mudança da cor. Os valores encontrados para a atividade de água ( $a_w$ ) encontram-se dentro dos parâmetros de segurança alimentar.

**Tabela 3.** Média das variáveis respostas de acordo com a temperatura, concentração de limão e concentração de etanol.

Ensaio	Variáveis originais			Variáveis respostas							
	Temperatura (°C)	Concentração limão (%)	Concentração etanol (ml/cm <sup>2</sup> )	Tempo (min)	Umidade (%)	$a_w$	L*	b*	a*	C*	°h
1	50	0	0	210	12,56	0,523	43,08	-1,76	17,40	17,49	353,87
2	50	0	0,10	240	8,01	0,471	41,68	1,84	18,20	18,30	8,05
3	50	1,0	0	250	8,71	0,452	83,15	-2,66	1,89	3,15	301,23
4	50	1,0	0,10	290	6,04	0,442	99,93	-0,94	5,53	5,61	350,37
5	70	0	0	160	9,00	0,351	42,58	0,25	12,05	12,07	356,87
6	70	0	0,10	150	7,95	0,423	38,38	3,12	13,87	14,22	12,65
7	70	1,0	0	170	8,68	0,402	98,28	0,20	4,32	4,48	86,65
8	70	1,0	0,10	240	7,63	0,354	96,12	-10,84	8,83	13,98	140,90
9 (C)	60	0,5	0,05	190	11,95	0,390	96,72	0,81	4,66	4,72	6,75
10 (C)	60	0,5	0,05	170	13,19	0,443	90,76	-4,17	4,91	6,86	119,03
11 (C)	60	0,5	0,05	180	10,18	0,423	84,74	2,90	3,43	4,49	41,00

#### 4.1 Umidade

Na Tabela 4 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável umidade com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 4.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável Umidade.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	16,605	5,534	0,402
Resíduo	7	34,445	4,920	
Quadrático puro	5	29,868	5,973	0,300
Erro Puro	2	4,577	2,288	

Pela Tabela 4, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 5.

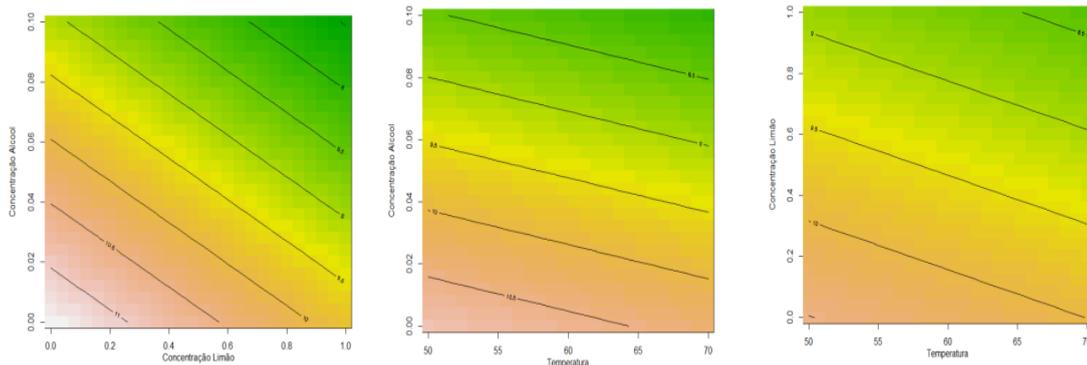
**Tabela 5.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável Umidade.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	9,445	>0,05
Temperatura ( $x_1$ )	-0,257	0,752
Conc. Limão ( $x_2$ )	-0,807	0,337
Conc. Álcool ( $x_3$ )	-1,165	0,180

O modelo ajustado pode ser expresso por:

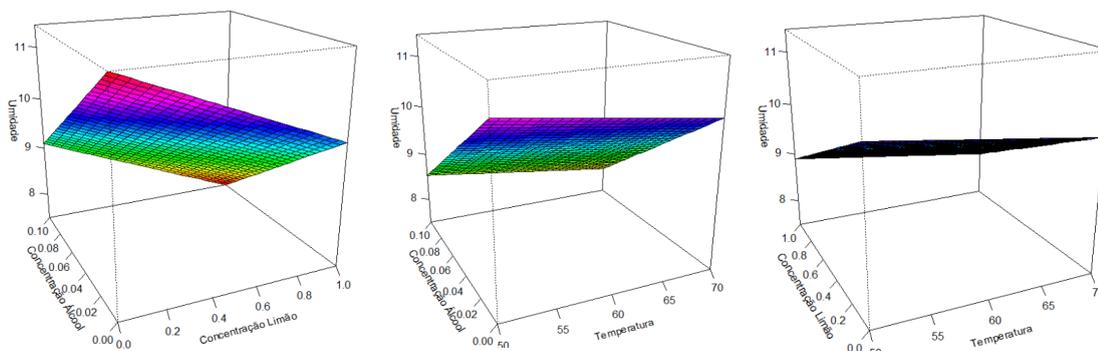
$$Umidade = 9,445 - 0,257x_1 - 0,807x_2 - 1,165x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a Figura 1 representa os gráficos de contorno para a resposta (umidade) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 1.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A Figura 2 representa a superfície de resposta para umidade em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 2.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que apresenta menores níveis de umidade está na região de altos níveis de temperatura, concentração de limão e álcool.

A redução da umidade é uma consequência do processo da secagem, o que promove também a concentração dos nutrientes presentes na polpa (JORGE, 2014). Além disso, estudos desenvolvidos por Addai et al. (2016) corroboram com a afirmação de que o teor de água é reduzido com temperaturas elevadas e períodos de secagem prolongados.

## 4.2 $a_w$

Na Tabela 6 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável  $a_w$  com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 6.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável  $a_w$ .

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	0,018	0,006	0,023
Resíduo	7	0,007	0,001	
Quadrático puro	5	0,006	0,001	0,392
Erro Puro	2	0,001	0,0006	

Pela Tabela 6, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 7.

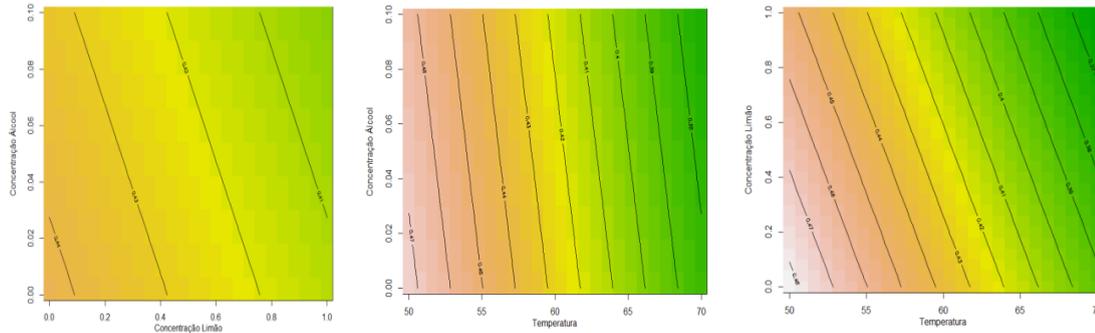
**Tabela 7.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável  $a_w$ .

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	0,423	<0,05
Temperatura ( $x_1$ )	-0,045	0,005
Conc. Limão ( $x_2$ )	-0,015	0,222
Conc. Álcool ( $x_3$ )	-0,005	0,668

O modelo ajustado pode ser expresso por:

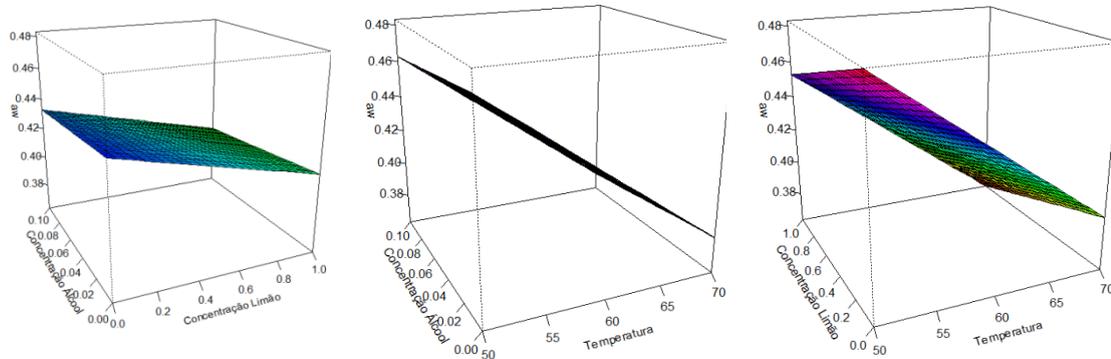
$$aw = 0,423 - 0,045x_1 - 0,015x_2 - 0,005x_3$$

Uma vez que o modelo é apropriado para descrever os dados, foram construídos os gráficos de contorno para a resposta ( $a_w$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool (Figura 3).



**Figura 3.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A Figura 4 representa a superfície de resposta para atividade de água ( $a_w$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 4.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Pelas Figuras 3 e 4 observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que se encontra nos menores níveis de  $a_w$  está na região de altos níveis de temperatura, concentração de limão e de álcool.

A umidade reduz com o aumento da temperatura, e com isso, a atividade de água diminui concomitantemente. Segundo Corrêa et al. (2012), a presença do etanol no processo de secagem favorece a evaporação da água devido à redução da entalpia de vaporização da mistura da água com o etanol, reduzindo a  $a_w$ . Para filmes comestíveis de maçã *Granny Smith* processados em forma de purê desenvolvidos por Díaz, Giannuzzi e Giner (2009) e secos em bandejas a 60°C, a  $a_w$  média encontrada foi de 0,69. Em comparação, em um estudo feito por Torres, Romero e Díaz (2015) na obtenção de filmes comestíveis de maçã e marmelo secos em forno convectivo a 60°C, a atividade de água encontrada foi entre 0,56 a 0,69. No presente trabalho, todos os valores de  $a_w$  encontrados foram inferiores a 0,524 independente da temperatura, provando a estabilidade do produto seco.

### 4.3. Tempo

Na Tabela 8 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável tempo com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 8.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável tempo.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	15737,5	5245,8	<0,05
Resíduo	7	4335,2	619,3	
Quadrático puro	5	4135,2	827,0	0,111
Erro Puro	2	200,0	100,0	

Pela Tabela 8, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 9.

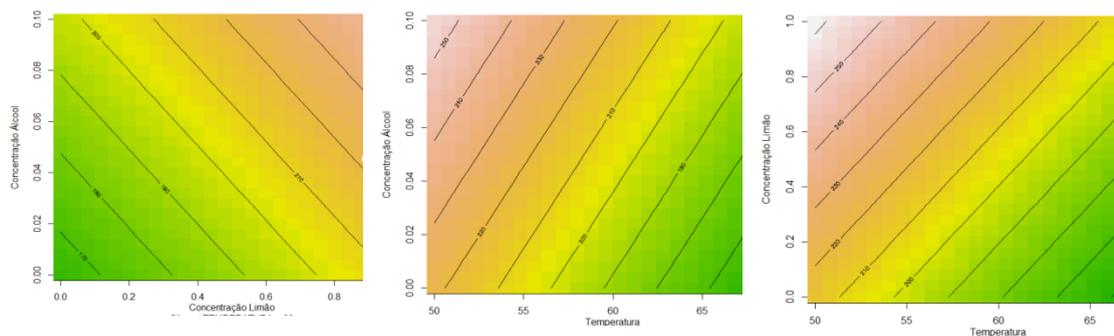
**Tabela 9.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável tempo.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	204,545	<0,05
Temperatura ( $x_1$ )	-33,750	<0,05
Conc. Limão ( $x_2$ )	23,750	0,036
Conc. Álcool ( $x_3$ )	16,250	0,107

O modelo ajustado pode ser expresso por:

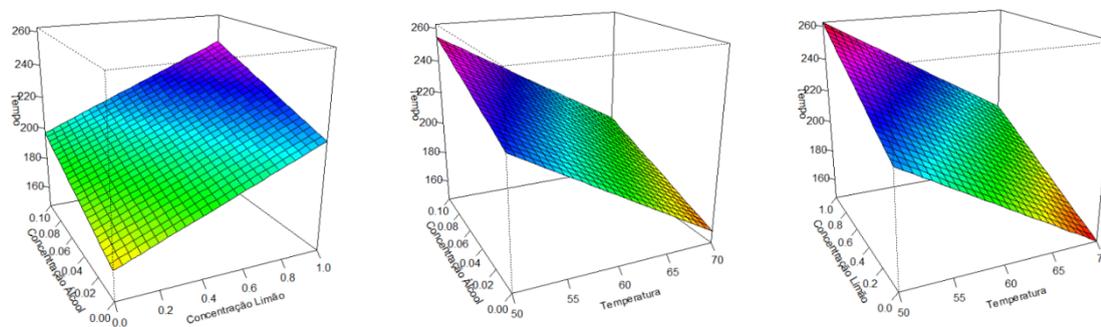
$$Tempo = 204,545 - 33,750x_1 + 23,750x_2 + 16,250x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a Figura 5 representa os gráficos de contorno para a resposta (tempo) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 5.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A Figura 6 representa a superfície de resposta para o tempo em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 6.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Pelas Figuras 5 e 6 observa-se que nos intervalos estudados, a região experimental que apresenta os menores valores de tempo está na região de altas temperaturas e níveis baixos de concentração de álcool e concentração de limão.

Para Venencio (2010), na secagem de morangos foi constatado que a maior temperatura apresentou o menor tempo do processo. Espumas da polpa de pitaiá foram obtidas em um estudo desenvolvido por Macedo et al. (2019) a diferentes temperaturas, no qual obteve-se um menor tempo de secagem em maiores temperaturas.

Os resultados obtidos em relação à redução do tempo de secagem a partir do uso de etanol como pré-tratamento refutam os resultados obtidos por Correa et al. (2012) no estudo da influência de etanol na secagem convectiva de banana em diferentes estágios de maturação, no qual as amostras pulverizadas com álcool apresentaram menores tempos de secagem. No presente trabalho, o modelo gerado para o parâmetro tempo implica que quanto maior a concentração de álcool aspergida na amostra, maior será o tempo de secagem.

A tabela 10 mostra os valores de tempo obtidos em diferentes temperaturas sob diferentes formas de aplicação do etanol nas amostras. Carvalho (2022) realizou a secagem de pitaiá vermelha de polpa branca misturando o etanol diretamente na amostra. Para o presente trabalho, o álcool foi aspergido sobre a amostra. Os dados obtidos foram avaliados pelo Teste t de Student, ao nível de significância de 5%.

**Tabela 10.** Valores médias e desvio padrão do tempo em relação às temperaturas

Temperatura	Álcool misturado na amostra	Álcool aspergido sobre a amostra	Valor p
50°C	217,50 ± 22,17	247,50 ± 33,04	0,189
60°C	160,00 ± 10,00	180,00 ± 10,00	0,070
70°C	135,00 ± 10,00	180,00 ± 40,82	0,112

De acordo com a tabela acima não houve diferença significativa a 5% em nenhum dos casos estudados, ou seja, em ambas as amostras o tempo gasto foi estatisticamente igual.

#### 4.4. L\*

Na Tabela 11 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável L com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 11.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável L\*.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	5622,5	1874,18	0,007
Resíduo	7	1381,3	197,32	
Quadrático puro	5	1309,5	261,90	0,124
Erro Puro	2	71,8	35,88	

Pela tabela 11, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo

de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 12.

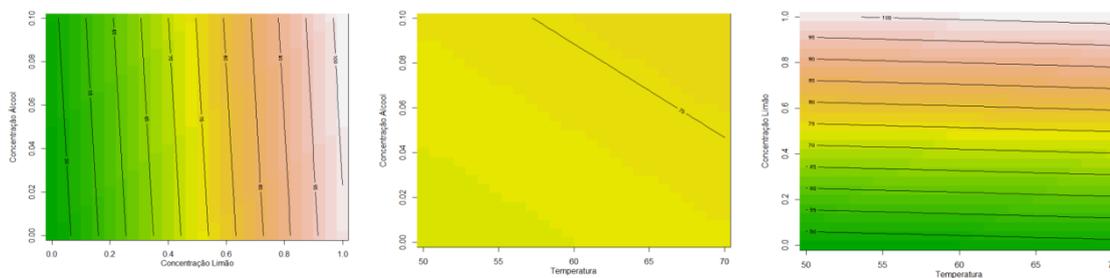
**Tabela 12.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável  $L^*$ .

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	74,129	<0,05
Temperatura ( $x_1$ )	0,940	0,855
Conc. Limão ( $x_2$ )	26,470	0,001
Conc. Álcool ( $x_3$ )	1,127	0,827

O modelo ajustado pode ser expresso por:

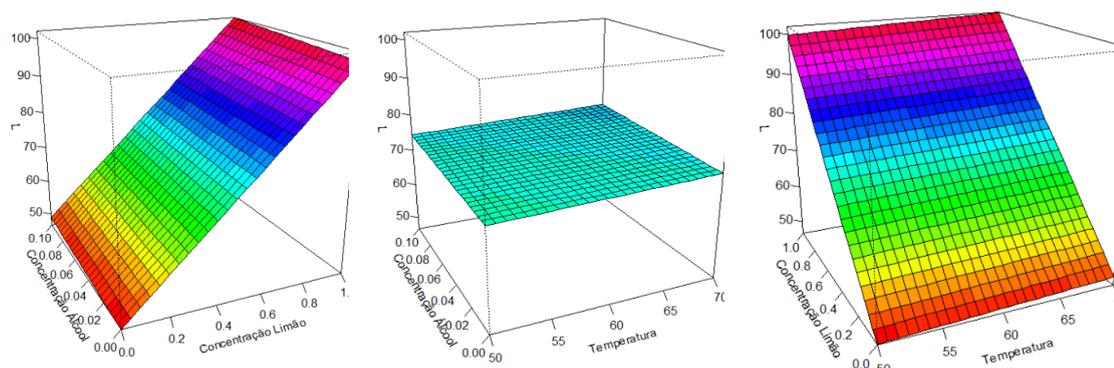
$$L = 74,129 + 0,940x_1 + 26,470x_2 + 1,127x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, podemos então plotar os gráficos de contorno para a resposta ( $L^*$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool (Figura 7).



**Figura 7.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A figura 8 representa a superfície de resposta para a luminosidade ( $L^*$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 8.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Pelas Figuras 7 e 8 observa-se que nos intervalos estudados, a área experimental que apresenta os maiores níveis de  $L^*$  está na região de altas temperaturas e altos níveis de concentração de limão e álcool.

Em estudos realizados por Seifert et al. (2015) no processamento mínimo de maçã em diferentes tempos de secagem mostram que algumas coberturas comestíveis ajudam a manter as características da cor original do fruto fresco, o que é atraente aos olhos dos consumidores, entretanto, não encontrou variações para a variável  $L^*$  (luminosidade). No presente estudo, objetivou-se obter uma maior luminosidade na coloração do produto final, portanto, uma cor mais clara, que ficasse em tons próximos ao da cor original da pitaia de polpa branca.

#### 4.5. a\*

Na Tabela 13 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável  $a^*$  com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 13.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável  $a^*$ .

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	226,062	75,354	0,042
Resíduo	7	111,880	15,983	
Quadrático puro	5	110,625	22,125	0,027
Erro Puro	2	1,255	0,628	

Pela Tabela 13, o componente do termo quadrático puro foi significativo, isso implica que o modelo de primeira Ordem não é uma aproximação adequada. A curvatura na real superfície pode indicar que se está próximo do ótimo; assim, análises adicionais devem ser feitas para localizar o ótimo com mais precisão. Nesse ponto, uma análise adicional deve ser feita para localizar o ótimo com mais precisão através do ajuste de um modelo de segunda ordem. Entretanto, a utilização do DCC restringe-se ao ajuste de modelos de primeira ordem.

#### 4.6. b\*

Na Tabela 14 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável b\* com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 14.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável b\*.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	41,890	13,963	0,508
Resíduo	7	114,844	16,406	0,479
Quadrático puro	5	88,460	17,692	
Erro Puro	2	26,384	13,192	

Pela tabela 14, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 15.

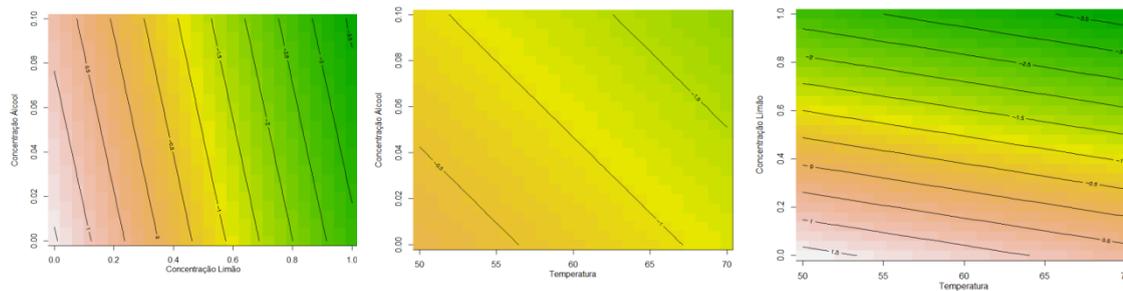
**Tabela 15.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável b\*.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	-1,023	0,430
Temperatura ( $x_1$ )	-0,468	0,753
Conc. Limão ( $x_2$ )	-2,211	0,166
Conc. Álcool ( $x_3$ )	-0,356	0,810

O modelo ajustado pode ser expresso por:

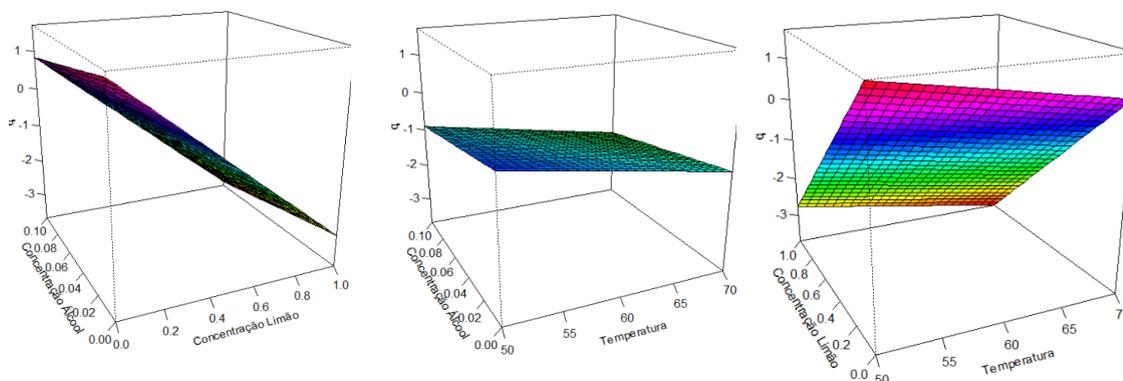
$$b = -1,023 - 0,468x_1 - 2,211x_2 - 0,356x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a figura 9 representa os gráficos de contorno para a resposta ( $b^*$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 9.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A Figura 10 representa a superfície de resposta para a resposta ( $b^*$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 10.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Pelas Figuras 9 e 10 observa-se que nos intervalos estudados, a região experimental que apresenta os maiores níveis de  $b$  está na região de níveis baixos da concentração de limão e de álcool e níveis altos de temperatura.

Em um estudo realizado por Carrilha et al. (2010) sobre a avaliação colorimétrica de pêssegos submetidas a diferentes tipos de secagem mostra que independente do método adotado, as pêssegos apresentam suas gamas de cor  $a^*$  e  $b^*$  positivas, portanto, mesmo com a secagem, as

frutas mantêm sua coloração em tons de vermelho e amarelo, respectivamente. No presente trabalho, para a gama a\* ocorreu a predominância da cor vermelha, portanto, as amostras mantiveram sua coloração natural. Para a gama de cor b\*, os valores foram próximos de 0, dessa forma, as amostras não apresentaram tendência para as colorações azul ou amarelo.

#### 4.7. C\*

Na Tabela 16 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável C\* com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 16.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável C\*.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	179,733	59,911	0,113
Resíduo	7	146,005	20,858	
Quadrático puro	5	142,588	28,518	
Erro Puro	2	3,416	1,708	0,057

Pela Tabela 16, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 17.

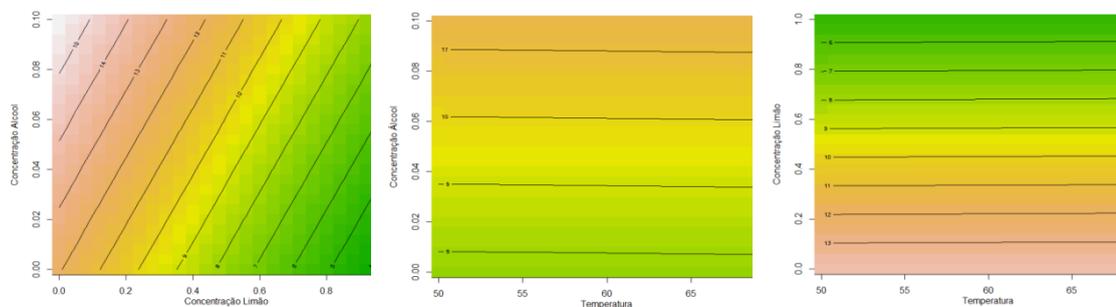
**Tabela 17.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável C\*.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	9,579	<0,05
Temperatura ( $x_1$ )	0,025	0,988
Conc. Limão ( $x_2$ )	-4,357	0,030
Conc. Álcool ( $x_3$ )	1,865	0,285

O modelo ajustado pode ser expresso por:

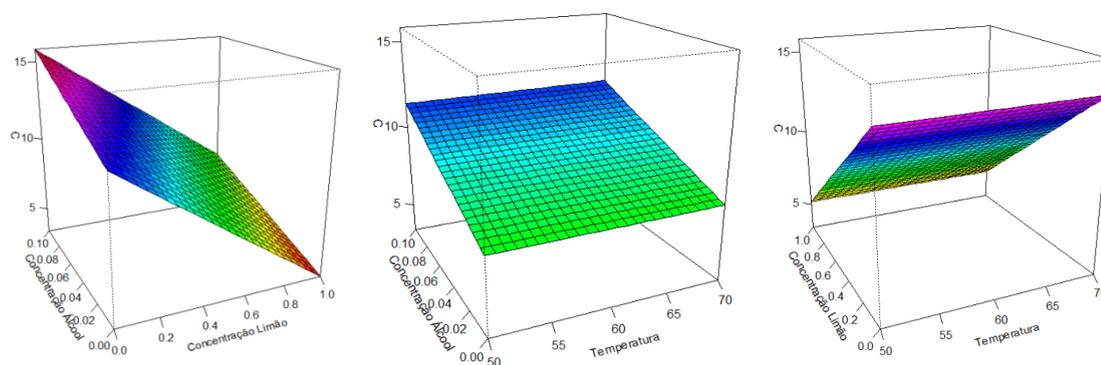
$$C = 9,579 + 0,025x_1 - 4,357x_2 + 1,865x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a Figura 11 representa os gráficos de contorno para a resposta ( $C^*$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 11.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A Figura 12 representa a superfície de resposta para a resposta ( $C^*$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 12.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Pelas Figuras 11 e 12 observa-se que nos intervalos estudados, a região experimental que apresenta os maiores níveis de  $C^*$  está na região de níveis baixos da concentração de limão, níveis altos de concentração de álcool e níveis altos de temperatura.

Leder et al. (2018) avaliaram a influência de diferentes métodos de secagem na coloração de resíduos de uva da cultivar BRS violeta, onde foi constatado que o índice Chroma ( $C^*$ ) apresentou valores baixos, portanto, coloração acinzentada e menos saturada. Além disso, a amostra que apresentou o maior valor de  $C^*$  também apresentou o maior valor para  $a^*$  e  $b^*$ , o que pode estar correlacionado.

#### 4.8. °h

Na Tabela 18 estão descritos os resultados da análise de variância para a variável °h com o objetivo de verificar se o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada ou não para os dados em estudo.

**Tabela 18.** Análise de variância para o modelo de primeira ordem para a variável °h.

FV	GL	SQ	QM	Valor p
Regressão	3	67426	22475,3	0,4412
Resíduo	7	154948	22135,4	
Quadrático puro	5	148325	29665,0	0,1035
Erro Puro	2	6623	3311,4	

Pela Tabela 18, o componente do termo quadrático puro não foi significativo, isso implica que o modelo de primeira ordem é uma aproximação adequada. Os efeitos do modelo de primeira ordem ajustado aos dados codificados bem como sua significância estatística são apresentados na Tabela 19.

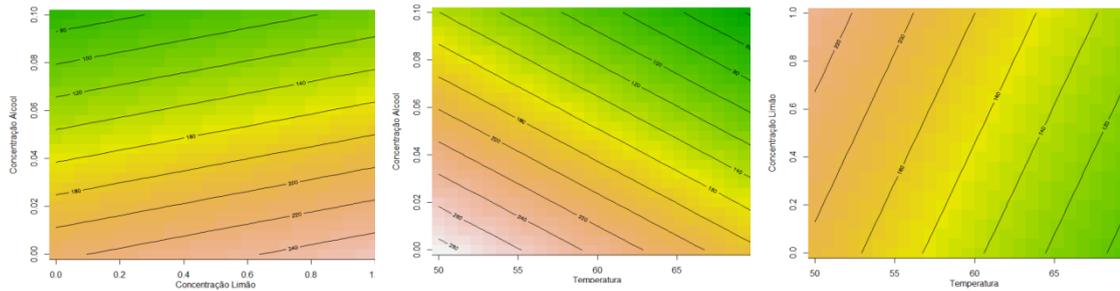
**Tabela 20.** Estimativas dos parâmetros do modelo de primeira ordem para a variável °h.

Efeitos	Estimativas	Valor p
Intercepto	161,579	<0,05
Temperatura ( $x_1$ )	-52,056	0,355
Conc. Limão ( $x_2$ )	18,464	0,735
Conc. Álcool ( $x_3$ )	-73,331	0,205

O modelo ajustado pode ser expresso por:

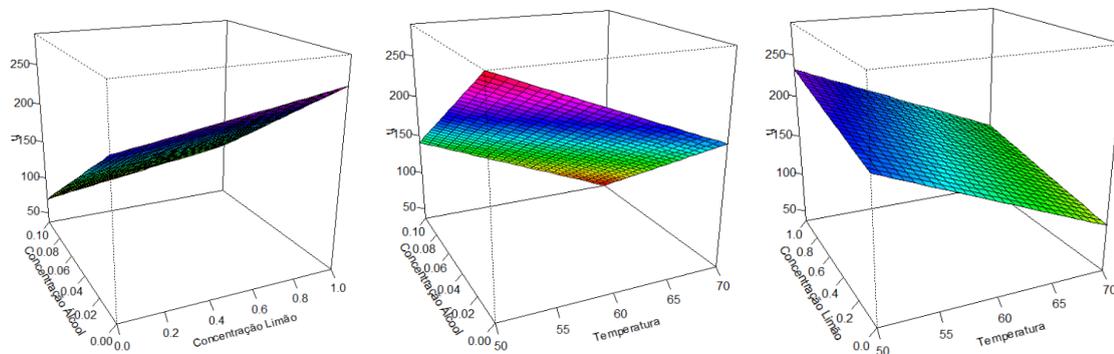
$$h = 161,579 - 52,056x_1 + 18,464x_2 - 73,331x_3$$

Sabendo que o modelo é apropriado para descrever os dados, a Figura 13 representa os gráficos de contorno para a resposta (°h) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 13.** Gráficos de contorno do modelo de 1ª Ordem.

A Figura 14 representa a superfície de resposta para a resposta ( $^{\circ}h$ ) em função da temperatura, da concentração de limão e da concentração de álcool.



**Figura 14.** Superfície de Resposta do modelo de 1ª Ordem.

Pelas Figuras 13 e 14 observa-se que nos intervalos estudados, a região experimental que se encontram os maiores níveis de  $^{\circ}h$  está na região de níveis baixos de temperatura e concentração de álcool e níveis altos de concentração de limão.

As betalaínas são moléculas relacionadas a pigmentos de coloração presentes em vegetais e sensíveis ao calor. Estudos realizados por Ferreira et al. (2022) sobre a degradação das betalaínas na secagem convectiva de beterraba vermelha a 80°C durante 120 minutos mostraram que as moléculas foram degradadas mais intensamente no início da secagem, mas se estabilizaram até o final do processo. Para Longaray (2018), no aquecimento convencional de suco de beterraba, as betalaínas se degradam mais com o incremento da temperatura. Dessa forma, para o presente trabalho, os níveis de  $^{\circ}h$  encontram-se superiores nas regiões de menores temperaturas possivelmente pela preservação das betalaínas no produto obtido.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Estudos relacionados à preservação de frutos são de extrema importância, pois visam à redução de perdas no processo de pós-colheita e agregam valor ao produto. Os filmes comestíveis podem ser uma nova forma de consumo da polpa de pitaiá, que podem promover sua conservação, devido ao aumento da sua vida útil. Além disso, desenvolver formas de promover uma melhor refrigeração dos frutos, de modo que ao serem descongelados, os pigmentos da casca não se desloquem para a polpa.

## **6. CONCLUSÃO**

A utilização de etanol e limão como pré-tratamento na polpa de pitaiá branca para a obtenção de filmes comestíveis favorece a redução da umidade e da atividade de água e o aumento da luminosidade da cor do produto. Menores tempos de secagem e teor de água e melhores respostas colorimétricas foram obtidos com temperaturas maiores.

## 7. REFERÊNCIAS

ADDAI, Z. R.; ABDULLAH, A.; MUTALIB, S. A.; MUSA, K. H. Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. **Italian Journal of Food Science**, v. 28, n. 1, p. 73-82, 2016.

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2010). **Official methods of analysis of association of Official Analytical Chemists International** (18th ed.). Arlington: AOAC.

ARRUDA, G. M. P. D. **Efeito do pré-tratamento ultrassônico associado a etanol e secagem por infravermelho nos parâmetros de qualidade do mamão formosa (Carica papaya L.)** [dissertação de mestrado]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

BARBOZA, H. T. G.; SOARES, A. G.; FERREIRA, J. C. S.; FREITAS SILVA, O. Edible films and coatings: concept, application, and use in post-harvested fruits and vegetables. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 9, p. e9911931418, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31418>. Acesso em: 01 mar. 2023.

BINSFELD, M. C. et al. Enraizadores alternativos na propagação vegetativa de pitaya. **MAGISTRA**, [S. l.], v. 30, p. 251–258, 2019. Disponível em: <https://www3.ufrb.edu.br/magistra/index.php/magistra/article/view/823>. Acesso em: 4 mar. 2023.

CARMO, J. R. D.; COSTA, T. D. S.; PENA, R. D. S. Tucupi-added mayonnaise: Characterization, sensorial evaluation, and rheological behavior. **CyTA-Journal of Food**, v. 17, n. 1, p. 479-487, 2019.

CARRILHA, F.; GUINÉ, R. Avaliação da cor de peras secadas por diferentes métodos. In: **1º Encontro Português de Secagem de Alimentos**, 2010.

CARVALHO, M. T. **Obtenção de couro de fruta a partir da secagem da polpa de pitaia branca**. 2022. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2022.

CELESTINO, Sonia Maria Costa. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, Brasil: Embrapa, 2010.

CORDEIRO, M. H. M. et al. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E NUTRICIONAL DA PITAIA-ROSA DE POLPA VERMELHA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. Rev. Bras. Frutic., 2015 37(1), jan. 2015.

CORNEJO, F. E. P. et al. Secagem e desidratação. **EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica. Secagem e desidratação**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/secagem-e-desidracao>. Acesso em: 02 mar. 2023.

CORRÊA, JEFFERSON LUIZ GOMES et al. The influence of ethanol on the convective drying of unripe, ripe, and overripe bananas. **Drying technology**, v. 30, n. 8, p. 817-826, 2012.

CORRÊA, P. G. **Secagem convectiva de abacaxi combinada com aplicação de potência de micro-ondas variável**. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

COSTA, A.C et al. Panorama e perspectivas da cultura da pitaya – Universidade do Estado do Mato Grosso. **Anais do II encontro de produtores de pitaya**. Lavras, MG, 2020. 108p. Disponível em: < [https://inovagri.org.br/wp-content/uploads/2022/10/Publicado\\_Anais\\_do\\_II\\_Encontro\\_Nacional\\_dos\\_Produtores\\_de\\_Pitaya.pdf](https://inovagri.org.br/wp-content/uploads/2022/10/Publicado_Anais_do_II_Encontro_Nacional_dos_Produtores_de_Pitaya.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2022.

COSTA, A.C.; INOUE, T.Y.; KRAUSE, W. **Cultivo da Pitaya**. Tangará da Serra, MT: UNEMAT, 2019. 22p.

DÍAZ, E. L. et al. Apple pectic gel produced by dehydration. **Food and Bioprocess Technology**, v. 2, p. 194-207, 2009

FARIA, M. A. **Subprodutos de frutas como ingredientes para elaboração de produtos funcionais de baixo custo**. 2019. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

FERREIRA, M. S. et al. CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO DE BETALAÍNAS DURANTE SECAGEM CONVECTIVA DE BETERRABA VERMELHA.. In: **Anais do XXXIII Congresso de Iniciação Científica da Unesp: Agenda 2030 e as Perspectivas da Iniciação Científica da Unesp**. Anais...São Paulo(SP)

FERREIRA, R. S. et al. Influência da aplicação de suco de limão sobre a coloração de maçãs desidratadas / Influence of the application of lemon juice on the color of dehydrated apples. **Brazilian Applied Science Review**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 1290–1302, 2022. DOI: 10.34115/basrv6n4-003. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/49861>. Acesso em: 4 mar. 2023.

FREITAS, B. A. G. et al. chemical, phytochemical and functional aspects of pitayas *hylocereus undatus*, *hylocereus monacanthus* and *hylocereus megalanthus*. **Brazilian Journal Of Health Review**, [S.L.], v. 4, n. 5, p. 19986-20024, 22 set. 2021. South Florida Publishing LLC.

GIANNNONI, J. A. et al. Desenvolvimento de iogurte de pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis*) a partir dos resíduos do processamento mínimo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 15, n. 1, 2021.

JAVARIA, S. et al. Development and physico-chemical characterization of apple-peach fruit leather. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, v. 34, n. 2, p. 318-324, 2021.

JORGE, A. **Avaliação comparativa entre processos de secagem na produção de tomate em pó**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LEDER, P. J. S.; LIMA, V. A.; PEREIRA, E. A.; PORCU, O. M. Influência do método de secagem sobre as coordenadas de cor de resíduos de uva da cultivar BRS Violeta. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA**, 58., 2018, São Luís. Apresentação de trabalho.

LEITE, D. D. D. F. et al. Avaliação da cinética de secagem da carambola em secador convectivo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 1-4, 2016.

LIMA, C. A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 124p. Tese de Doutorado.

LIRA, S. M. et al. **Caracterização fitoquímica dos extratos bruto e aquoso da polpa e da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*)**. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211201/1/CLV19050.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2023.

LONE, Alessandro Borini et al. Cultivo de Pitaia. **Boletim Técnico**, n. 196, 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1112>>. Acesso em: 04 mar. 2023.

LONGARAY, J. N. Estudo da degradação de betalaínas no suco de beterraba via aquecimentos ôhmico e convencional. 2014. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

MACEDO, L. L. et al. Cinética de secagem de polpa de pitaya em leito de espuma. In: **ANAIS DO XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS**, 2019, Belém. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2019.

MAGALHÃES, D. S. **Desenvolvimento e maturação de frutos de pitaia vermelha de polpa branca**. 2017. 58 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

MOURA, N. M. **Doenças fúngicas da cultura da pitaia**. 2020. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/45572/1/DISSERTAÇÃO\\_Doenças%20fúngicas%20da%20cultura%20da%20pitaia.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/45572/1/DISSERTAÇÃO_Doenças%20fúngicas%20da%20cultura%20da%20pitaia.pdf). Acesso em: 04 mar. 2023.

NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; OLIVEIRA, R. A. DE .. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de *Moringa oleifera*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. Rev. bras. eng. agríc. ambient., 2015 19(7), jul. 2015.

NAZ, Rozina. Physical Properties, Sensory Attributes and Consumer Preference of Fruit Leather. **Pakistan Journal of Food Sciences**. 2012; 22 (4): 188-190.

OFFIA-OLUA, B. I.; EKWUNIFE, O. A. Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa pumila*), banana (*Musa sapientum*), pineapple (*Ananas comosus*). **Nigerian Food Journal**, v. 33, n. 1, p. 22-28, 2015.

OLIVEIRA, F. M. et al. Aspectos físico-químicos de geleia de pitaia em comparação com geleias de outras frutas vermelhas. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, Bagé, v. 1, p. 2756-2765, 2017.

PINTO, L. S. R. C. et al. Elaboração de couro de fruta a partir de polpa de manga. In: **Anais do I Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura - Sessão Fruticultura Temperada e Tropical**, Lisboa, Portugal, 2017.

R Core Team (2022). R: a language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria.

SANTOS, D.N.; PIO, L.A.S.; FALEIRO, F.G. (Eds.) **Pitaya: uma alternativa frutífera**. Brasília: Proimpress, 2022. 66 p.

SILVA, A. B. S. et al. Técnicas de secagem de frutas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 10, 2021.

SILVA, Adriana de Castro Correia da. **Pitaya: Melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SILVA, D. G. da. **Secagem de alimentos: Uma abordagem teórica**. 2017. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

SEIFERT, M. et al. Avaliação da cor em maçã (*Malus domestica* Borkh.) CV. fuji, minimamente processada, tratada com diferentes coberturas comestíveis. In: **SIMPÓSIO DE ALIMENTOS**, 9., 2015, Passo Fundo. Anais eletrônicos... Passo Fundo: UPF, 2015. Tecnologia de alimentos, trabalho T47. 6 p.

SOUZA, P. M. de; SUZART, C. A. G. .; CRUZ, V. A.; BENIAICH, A. . **POTENCIAL DE PITAYA (HYLOCEREUS POLYRHIZUS) PARA PRODUÇÃO DE CORANTES NATURAIS**. Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 5, 2021.

TORRES, C. A.; ROMERO, L. A.; DIAZ, R. I. Qualidade e atributos sensoriais de "leathers" de maçã e marmelo produzidos sem conservantes e com atividade antioxidante aprimorada. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 996-1003, 2015.

VENENCIO, G. **Avaliação da degradação de pelargonidina durante a secagem de morangos**. 2010. (Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.