



Recebido: 19/09/2023 | Revisado: 17/11/2023 | Aceito: 12/12/2023 | Publicado: 01/03/2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 Unported License.

DOI: 10.31416/rsdv.v12i1.678

Secagem em camada de espuma da polpa da goiaba (*Psidium guajava* L.)

Foam drying of goiaba pulp (Psidium guajava L.)

CABRAL FILHA, Maria do Carmo de Souza. Graduada em Engenharia de Alimentos Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pombal - PB - Brasil. CEP: 58840-000 / Telefone: (83) 99655-6312 / E-mail: docarmocabral2@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9672-5642>

CANUTO, Morgana Fabíola Cunha Silva. Doutora em Engenharia de Processos e Docente da Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento. Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Rua Luiz Grande, S/N, Frei Damião - Sumé - PB - Brasil. CEP: 58540-000 / Telefone: (83) 98804-0216 / E-mail: morgana.fabiola@professor.ufcg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4880-3788>

SOUSA, José Hugo Simplicio de. Graduado em Engenharia de Biosistemas Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Rua Luiz Grande, S/N, Frei Damião - Sumé - PB - Brasil. CEP: 58540-000 / Telefone: (88) 98134-0293 / E-mail: hugosimplicio123@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5068-0663>

SILVA, Débora Rafaelly Soares. Doutora em Engenharia de Processos Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Rua Aprigio Veloso, 882 - Campina Grande - PB - Brasil. CEP: 58429-900 / Telefone: (83) 99869-2938 / E-mail: deboraraafelly@yahoo.com.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7727-9535>

FARIAS, Fabiana Pimentel Macêdo. Doutora em Engenharia de Processos e Docente da Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento. Universidade Federal de Campina Grande - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Rua Luiz Grande, S/N, Frei Damião - Sumé - PB - Brasil. CEP: 58540-000 / Telefone: (83) 99922-7333 / E-mail: fabiana.pimentel@professor.ufcg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4168-9601>

RESUMO

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é reconhecida por sua polpa doce e suculenta, também é uma excelente fonte de vitamina C. Com o seu rápido amadurecimento pós colheita, existe um desafio em consumir o fruto de forma fresca. Esse processo de amadurecimento pode ser ainda mais acentuado por práticas inadequadas de manejo, como o transporte e o armazenamento. Uma alternativa para preservar a goiaba com qualidade é o método de secagem em camada de espuma. Este estudo teve como objetivo analisar o processo de secagem da polpa da goiaba por meio da análise das curvas cinéticas de secagem. Além disso, utilizou um planejamento experimental para investigar os efeitos das variáveis de entrada, como temperatura de secagem e espessura da camada de espuma, nas variáveis de resposta, incluindo o teor de ácido ascórbico e a acidez total. A operação foi conduzida com sucesso, especialmente no Ensaio 1, em que uma temperatura de 70 °C e 15 minutos de batimento foram aplicados, resultando nos melhores parâmetros analisados. A análise estatística revelou que a temperatura teve uma influência significativa sobre o teor de ácido ascórbico, com um modelo estatístico significativo a 95% de confiança. Os resultados deste estudo demonstram que a secagem da polpa de goiaba em camada de espuma, sob as condições testadas, é adequada e eficiente. O produto final atendeu às especificações da literatura e foi obtido a um baixo custo de produção, enfatizando sua viabilidade como método de conservação e processamento para a polpa de goiaba.



Palavras-chave: Desidratação, Conservação, Curvas de secagem, Ácido ascórbico, Pós-colheita.

ABSTRACT

Guava (*Psidium guajava* L.) is renowned for its sweet and juicy flesh, and is also an excellent source of vitamin C. With its rapid post-harvest ripening, there is a challenge in consuming the fruit fresh. This ripening process can be further accentuated by inadequate handling practices, such as transportation and storage. One alternative for preserving guava fruit with quality is the foam layer drying method. The aim of this study was to analyze the drying process of guava pulp by analyzing the drying kinetic curves. It also used experimental design to investigate the effects of input variables, such as drying temperature and foam layer thickness, on response variables, including ascorbic acid content and total acidity. The operation was conducted successfully, especially in Trial 1, where a temperature of 70°C and 15 minutes of beating were applied, resulting in the best parameters analyzed. Statistical analysis revealed that temperature had a significant influence on the ascorbic acid content, with a significant statistical model at 95% confidence. The results of this study show that the drying of guava pulp in a foam layer, under the conditions tested, is suitable and efficient. The final product met the specifications in the literature and was obtained at a low production cost, emphasizing its viability as a preservation and processing method for guava pulp.

keywords: Dehydration, Conservation, Drying curves, Ascorbic aci, Postharve.

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma planta tropical de grande importância econômica a nível mundial. No Brasil, é uma das frutíferas nativas mais cultivadas e destaca-se por ter alta rentabilidade, possibilidade de expansão e capacidade de geração de emprego, pertence à família das Mirtáceas e ocupa lugar de destaque entre as frutas brasileiras, por seu aroma agradável, sabor e alto valor nutricional. A espécie é encontrada em diversas áreas tropicais e subtropicais em todo o mundo, adapta-se às diferentes condições edafoclimáticas e pode ser facilmente propagada (MARTINS et al., 2020; RIBEIRO, 2021).

Existem dois tipos mais comuns da fruta, a vermelha (*P. guajava* variedade *pomifera*) e a branca (*P. guajava* variedade *pyrifera*), sendo a vermelha mais nutritiva. Possuem quantidade regular de ácidos, açúcares, pectinas e seus principais constituintes bioativos são taninos, flavonoides, óleos essenciais, álcoois sesquiterpenóides e ácidos triterpenóides (IHA et al., 2008; HAIDA et al., 2011). A fruta é rica em carboidratos de baixa taxa glicêmica e fibras, e apresenta diversas propriedades biológicas as quais destacam-se ações anti-inflamatória, antioxidante, anti-diarreica, anti-hipertensiva e hipoglicemiante (RIBEIRO, 2021).

Devido ao seu alto valor nutritivo e pela excelente aceitação para o consumo na forma *in natura*, a indústria tem investido no consumo da goiaba na forma de polpa, sucos e produtos derivados. Entretanto, devido a sua perecibilidade fazem-se necessários a rápida comercialização e/ou processamento pós-colheita (QUEIROZ et al., 2008). Por este motivo, métodos de conservação, como a secagem, são de grande relevância para minimizar este problema (SOUSA et al., 2019).

A secagem surge como uma alternativa a esse manejo, estabelecendo-se como uma das técnicas de conservação de alimentos mais antigas da sociedade, firmando-se como um método



tradicional, com resultado eficaz e fácil no prolongamento da vida útil de frutas e hortaliças. A técnica baseia-se na remoção de água na forma de umidade de um produto por evaporação ou sublimação, por meio da aplicação de calor em condições controladas (CARDOSO et al., 2020). Há várias metodologias que promovem a secagem. Dentre essas, a secagem em camada de espuma converte a polpa líquida ou semissólida de um alimento em espuma estável por meio de aditivos e aeração em batedeira (MACÊDO, 2022). Devido a espuma apresentar poros, a passagem e remoção da água é facilitada, o que diminui as temperaturas de secagem, e da mesma forma o tempo requerido para a secagem (RIGUETO et al., 2018). Como tempo e temperaturas são menores, consequentemente há maior conservação das características originais do alimento (ROCHA et al., 2023).

O resultado da secagem em camada de espuma é um pó com mais estabilidade química e microbiológica, que pode servir de insumo a uma série de produtos da indústria alimentícia (OLIVEIRA et al., 2020). Muitos estudos têm empregado essa abordagem para desidratar uma ampla variedade de produtos, como polpa de umbu (SOUZA et al., 2021); polpa de cagaita (CAVALCANTE et al., 2020); jambo vermelho (RIGUETO et al., 2020); polpa de cumbeba (DIÓGENES et al., 2022); polpa de butiá (GIRELLI et al., 2023) e hortelã-da-folha-miúda (LEITE et al., 2023).

O objetivo do estudo foi analisar o processo de desidratação da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) por meio do método de secagem em camada de espuma, com foco na avaliação da qualidade do produto.

Material e métodos

Local das análises e Matéria-prima

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Produção de Sementes em conjunto com os Laboratórios de Tecnologia de Grãos e Cereais, Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB. As amostras de goiabas utilizadas para a produção da polpa foram provenientes da região de Pombal- PB, de tamanho uniforme e com o mesmo estado de maturação. Os frutos foram lavados em água corrente e imersos em solução sanitizante, de 150 mg/L de cloro residual livre por litro de água, durante 5 minutos, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Sanitização da Goiaba.



Fonte: Autores (2023).



Após a sanitização as amostras foram imersas em solução de metabisulfito a 1% (correspondente a concentração de 10 g/L) durante 5 minutos, com a finalidade de evitar o escurecimento devido à temperatura empregada durante o processo de secagem. Os frutos foram triturados e homogeneizados juntamente com a casca no processador, para a obtenção da polpa utilizada durante o procedimento.

Planejamento experimental

A metodologia proposta por Souza et al. (2021), foi utilizada no planejamento experimental fatorial para avaliar a eficiência do processo de secagem. A matriz de planejamento teve como variáveis de entrada: temperatura de secagem e tempo de batimento da camada de espuma. Sendo as variáveis respostas em estudo: ácido ascórbico e acidez total titulável. As variáveis de respostas utilizadas no estudo, permitem avaliar o pó da polpa da goiaba obtido mediante o processo de secagem, pois o ácido ascórbico é sensível ao calor e à oxidação, enquanto que a acidez é um importante parâmetro na determinação do estado de conservação de um alimento.

Os níveis para cada variável estão apresentados na Tabela 1 e o planejamento fatorial realizado neste trabalho foi do tipo 2^2 com três repetições no ponto central, resultando em uma matriz com 7 ensaios (Tabela 2). Os níveis para as variáveis de entrada foram escolhidos a partir de ensaios preliminares.

Tabela 1. Níveis das variáveis do planejamento fatorial.

Variáveis independentes	Nível (-1)	Ponto central (0)	Nível (+1)
Temperatura (°C)	70	80	90
Tempo de batimento (min)	15	20	25

Fonte: Autores (2023).

Tabela 2. Matriz do planejamento experimental.

Ensaios	Temperatura (°C)	Tempo (min)
1	70	15
2	90	15
3	70	25
4	90	25
5	80	20
6	80	20
7	80	20

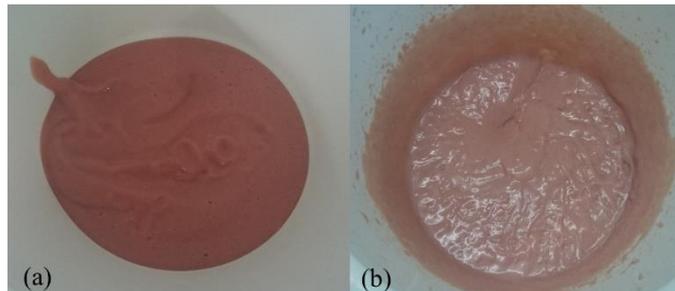
Fonte: Autores (2023).

Os dados experimentais das respostas foram ajustados por uma regressão não linear por meio do programa computacional Origin 5.0®, sendo verificada a influência de cada uma das variáveis de entrada, possibilitando a otimização do processo de secagem.

Produção da espuma

A obtenção da espuma foi feita uma mistura da polpa da goiaba com o emulsificante, a qual foi submetida à agitação constante, durante o tempo de batimento especificado na Tabela 2. O emulsificante utilizado possui composição de monoglicérides de ácidos graxos destilados, monoesterato de sorbitana e polisorbato 80. Para a produção da camada de espuma, utilizou-se 450g de polpa e 5% de emulsificante (Figura 2).

Figura 2. Polpa da goiaba sem adição de emulsificante (a) e com a adição do emulsificante (b).



Fonte: Autores (2023).

Secagem

A espuma produzida foi espalhada sobre bandejas de aço inoxidável (Figura 3), em camada fina e levadas para secagem em estufa com circulação de ar, em diferentes temperaturas e tempo de batimento, conforme descrito na Tabela 2. Os ensaios experimentais foram realizados em triplicatas, sendo as pesagens das espumas, realizadas em balança semi-analítica, em intervalos de tempos padronizados para todos os ensaios experimentais.

Figura 3. Espuma pronta para ser submetida ao processo de secagem.



Fonte: Autores (2023).

O teor de água foi determinado através de pesagens consecutivas seguindo intervalos de tempo. Após a obtenção das massas, o teor de água foi calculado em base úmida, e em base seca. A determinação da razão do teor de água foi calculada pela Equação 1:

$$RX = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs(\text{inicial})} - X_e} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: RX - razão de teor de água (adimensional); Xbs - teor de água em base seca; Xe - teor de água de equilíbrio; e $Xbs(\text{inicial})$ - teor de água inicial em base seca.

Armazenamento e Análises Físico-químicas da polpa de goiaba e do pó

O pó da polpa da goiaba foi obtido em cada ensaio, e armazenado em sacos de polietileno (Figura 4), para posteriores análises físico-químicas. A polpa da goiaba in natura e o pó produzido após processo de secagem foram submetidos às análises de: acidez total titulável, pH, ácido ascórbico, umidade, sólidos solúveis totais (SST) e cinzas, todas realizadas em triplicata, segundo os métodos descritos pelas normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Figura 4. Pó obtido armazenado em sacos de polietileno.



Fonte: Autores (2023).

Acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada por titulação volumétrica com solução de NaOH 0,1 N. Na qual 5g da amostra foi diluída em 50mL de água destilada, e posteriormente adicionada duas gotas de fenolftaleína (1%). A solução de NaOH 0,1 N foi adicionada lentamente até a mudança de cor. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico (g/100g).

pH e ácido ascórbico

O pH da polpa foi determinado através de leitura direta em potenciômetro calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Para o pó, foram adicionadas alíquotas de 3g das amostras diluídas em 10mL de água destilada, seguido da leitura. A determinação do ácido ascórbico foi feita através do método de Tillmans, na qual foi feita a diluição de 0,5g da amostra com a adição de 50mL de ácido oxálico, sendo a titulação realizada com a solução de Tillmans 0,02%, até o ponto de viragem.

Umidade e Sólidos solúveis totais (SST)

A determinação da umidade foi realizada através da secagem das amostras em estufa a 105°C. Pesou-se 5 g das amostras em cadinhos de porcelana, previamente tarados. Em seguida, levou-se para a estufa a 105°C por 24 horas até atingir peso constante. Posteriormente, colocou-se

os cadinhos no dessecador até atingir temperatura ambiente, para prosseguir com as pesagens. Os sólidos solúveis totais foram medidos no refratômetro digital com escala de 0° Brix a 32° Brix, devidamente calibrado com água destilada. Fez-se a diluição de 5g da amostra em 10mL de água destilada e colocou-se algumas gotas da amostra sobre o prisma do aparelho e procedeu-se a leitura direta dos graus Brix indicado pelo aparelho.

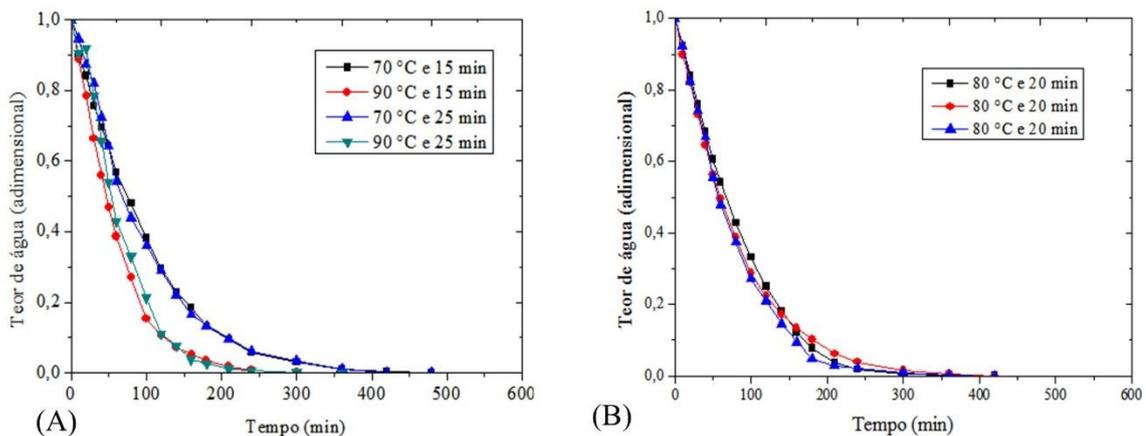
Cinzas

A determinação do teor de cinzas nas amostras da polpa foi realizada através da incineração da amostra em mufla a 550°C. Pesou-se 5g da amostra em cadinhos tarados, e levou-se para a mufla previamente aquecida até o material atingiu a coloração cinza clara, as amostras foram levadas para o dessecador para estabelecer a temperatura ambiente.

Resultados e discussões

Por meio das informações adquiridas durante o processo de secagem da polpa de goiaba com o método em camada de espuma, foi possível gerar as curvas de secagem. Essas curvas foram elaboradas para monitorar a velocidade de secagem em função das condições experimentais. Na Figura 5A, estão as curvas do planejamento fatorial como mostra a Tabela 1, expressas na forma sem dimensão do Teor de água (RX), em relação ao tempo. Na Figura 5B, encontra-se a representação da curva para os testes relacionados ao ponto central dos experimentos.

Figura 5. Curva da razão do teor de água em função do tempo para a secagem da polpa da goiaba em camada de espuma.



Fonte: Autores (2023).

Observa-se que a velocidade de secagem está intimamente ligada ao aumento da temperatura, já que quanto maior a temperatura utilizada no procedimento, menor é o tempo para a estabilização da espuma em comparação com o desempenho semelhante relatado por Pê et al. (2016), estudou sobre a secagem da polpa de caqui em camada de espuma, no qual notou-se que o aumento da temperatura ocorria com a diminuição do tempo necessário para a estabilização da espuma. Segundo Sousa et al., (2023) e Moreira et al. (2021), o tempo de secagem está diretamente ligado ao aumento da temperatura. De acordo com Fernandes et al. (2013), o efeito da temperatura



é devido a influência do potencial de transferência de água do sólido para o ar de secagem, dado que o aquecimento do ar a temperaturas mais elevadas implica na redução de sua umidade relativa, afetando diretamente o potencial de transferência de massa, e pode alterar as propriedades físicas.

Nota-se que na Figura 5 o processo de secagem da espuma da polpa da goiaba variou de acordo com a temperatura aplicada. O tempo mais longo de processamento foi de 480 minutos (8 horas) a uma temperatura de 70°C, 420 minutos (7 horas) a 80°C e 300 minutos (5 horas) a 90°C. Sendo esses tempos menores do que o observado por Cruz (2013), no seu estudo sobre a obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma, no qual foram empregadas temperaturas de 60, 70 e 80°C com 5% de emulsificante.

Observa-se na Figura 5B que os testes executados no ponto central exibiram padrões semelhantes de comportamento, o que indica boa reprodutibilidade nos experimentos. Também é evidente, a partir das figuras 5A e 5B, que o tempo de agitação não teve impacto significativo na cinética de secagem em todos os ensaios.

Na Tabela 3, foram apresentados os resultados obtidos para a caracterização físico-química da polpa da goiaba tanto para a forma *in natura* quanto em pó. Verificou-se os valores encontrados para a polpa *in natura*, para os parâmetros analisados, podem-se comprovar que estão de acordo com a Instrução normativa nº 01 (BRASIL, 2000), para que seja considerada como polpa de qualidade.

Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa de goiaba *in natura* e em pó.

Tratamentos	ATT(g/100g)	pH	Ácido ascórbico (mg/100g)	Umidade (g/100g)	SST (°Brix)	Cinzas (g/100g)
<i>In natura</i>	0,46±0,001	4,08±0,06	65,98±0,82	81,70±1,09	7,35±0,06	0,79±0,42
E1	1,02±0,009	3,98±0,01	64,98±0,70	11,69±0,37	8,95±0,15	2,60±0,21
E2	0,66±0,003	3,77±0,01	53,46±0,53	10,68±0,89	8,70±0,11	4,72±0,09
E3	0,92±0,006	4,04±0,03	63,20±0,52	11,62±0,62	9,80±0,20	2,28±0,73
E4	0,60±0,002	3,93±0,17	48,27±0,06	11,03±0,39	8,34±0,42	5,24±0,38
E5	1,09±0,006	4,01±0,04	54,78±0,02	11,50±0,20	8,05±0,23	3,74±0,28
E6	1,15±0,006	3,90±0,09	55,64±0,60	11,25±0,28	7,50±0,38	3,96±0,05
E7	1,22±0,008	3,95±0,04	56,59±0,48	11,83±0,63	7,55±0,15	3,63±0,56

Fonte: Autores (2023).

Com relação ao teor de acidez verifica-se que houve o aumento da acidez após a secagem, o mesmo fato ocorreu com Souza et al. (2021), que analisaram a secagem da polpa do umbu e constataram o aumento da acidez, o mesmo por Rocha (2023), que analisou físico-quimicamente a polpa de manga (*Tommy Atkins*) em pó obtida pelo método *foam-mat*, o mesmo relata que o acréscimo de aditivo pode ter provocado o aumento da acidez. Em contrapartida nota-se uma diminuição nos valores de pH, quando comparado com a polpa *in natura*, sendo esses parâmetros



importantes tanto para inibir o crescimento de microrganismos quanto para assegurar o sabor ácido próprio da goiaba.

Os valores de ácido ascórbico para a polpa em pó foram menores do que o contido na polpa *in natura*, sendo essa diferença explicada devido a facilidade na qual ocorre a degradação do ácido ascórbico, quando submetido a altas temperaturas. Porém, os valores obtidos no presente estudo variaram entre 48,27 a 64,28 mg/100g, foram superiores aos obtidos por Cruz (2013), no seu estudo da obtenção da polpa da goiaba através da secagem em camada de espuma, que encontraram valores de 4,54 e 8,01 mg/100g. A conservação do ácido ascórbico pode ser creditada ao emprego de metabisulfito a 1%, uma prática adotada para manter as propriedades da matéria-prima estudada. Compostos de enxofre (sulfito, bissulfito e metabisulfito de sódio) têm sido empregados para prevenir reações de escurecimento, mas devem ser utilizados em baixa concentração para evitar o aparecimento de sabor estranho ao alimento (CELESTINO, 2010).

Conforme os resultados na Tabela 3 o valor para umidade *in natura* foi de 81,70 g/100g. Valor, semelhante foi encontrado por Maia (2020) e Rocha (2023) de 87,86 e 87,38 g/100g de umidade, para a polpa de manga. Os teores de umidade final para a polpa em pó obtida atingiram valores variando entre 10,68 e 11,69 g/100g de umidade, sendo essa perda de água elevada, característica de alimentos que são submetidos a secagem. Os valores encontrados no presente estudos foram maiores do que o relatado por Cruz (2013), que estudou a secagem da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em camada de espuma, com valores 6,40 e 5,23 g/100g de umidade para temperaturas de 70 e 80 °C respectivamente. Resultados semelhantes ao de Araújo (2019), que encontrou teores de umidade no pó de goiaba variando entre 5,00% e 6,80%. Dantas (2010) obteve umidade de 7,79% no pó de abacaxi produzido a 60 °C usando o método *foam-mat*, enquanto que Gurgel (2014) encontrou valores de umidade entre 2,83% e 6,91% para o pó de graviola produzido a 70 °C pelo método *foam-mat*. O teor de umidade de uma fruta pode variar de acordo com o tempo de maturação e o local de plantio, colheita, condições climáticas na época de frutificação, temperatura exposição à luz (SANTOS et al., 2020; ROCHA, 2023).

Os teores de sólidos solúveis totais (°Brix), aumentaram após a desidratação, esse comportamento ocasionou a diminuição da quantidade de água presente no alimento, causando concentração de nutrientes. O alto valor do °Brix foi relatado por Rocha (2023), que avaliou a polpa *in natura* de manga, onde obteve 15,00 °Brix, enquanto para a pó o valor foi de 60,00 °Brix. Esse comportamento foi observado por Reis et al. (2007), no seu estudo sobre goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções, verificando que após a desidratação as amostras possuíam teores de sólidos solúveis maiores do que nas amostras *in natura*.

O teor de cinzas representa a quantidade de minerais presentes nos alimentos e também pode indicar possíveis impurezas ou adulterações do produto (MOREIRA et al., 2021). A quantidade de cinzas verificada nas polpas em pó foi maior do que a encontrada na polpa *in natura*, sendo esse aumento ocasionado devido a desidratação do material. De acordo com Silva e Queiroz (2006), alimentos de origem vegetal tem valor relativamente baixo quanto a determinação de cinzas, pois oferece pouca informação sobre sua composição, uma vez que seus componentes minerais são muito variáveis.



A Tabela 4, apresenta a análise da variância (ANOVA) realizada com a finalidade de avaliar a influência das condições empregadas da temperatura e tempo de batimento durante a operação de secagem exerceram sobre as variáveis respostas de acidez e ácido ascórbico para a secagem da polpa da goiaba em camada de espuma.

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA).

Variável resposta	Coefficiente de correlação	Teste F calculado (F _c)	Teste F tabelado (F _t)	Teste F _c /F _t
Acidez Total Titulável	0,63	0,67	9,28	0,07
Ácido ascórbico	0,98	26,10	9,28	2,81

Fonte: Autores (2023).

Verificou-se que na Tabela 4, dos parâmetros analisados, apenas o ácido ascórbico apresentou modelo estatisticamente significativo, ao nível de 95% de confiança, possuindo o coeficiente de correlação igual a 0,98, uma vez que, por meio do Teste F, observa-se que o valor de F_c supera o valor de F_t, 26,109 > 9,28, levando em consideração o nível de confiança e os graus de liberdade da regressão e da polpa. Esse comportamento foi constatado por Leite et al. (2023), que trabalharam com a secagem da hortelã-da-folha-miúda em estufa com circulação e renovação de ar.

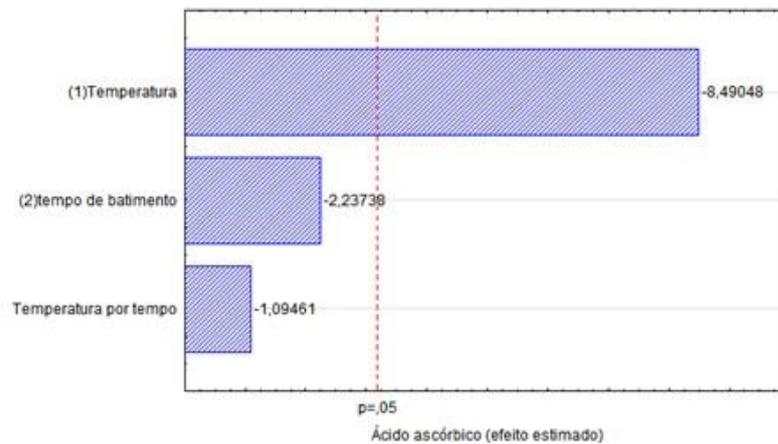
Baseado no resultado do planejamento experimental, foi possível obter o modelo codificado em função das variáveis independentes, conforme descrito na Equação 2.

$$C = 56,70 - 13,22T - 3,48t - 1,70Tt, \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: C o ácido ascórbico (mg/100g); T a temperatura de secagem (°C); t o tempo de batimento (min).

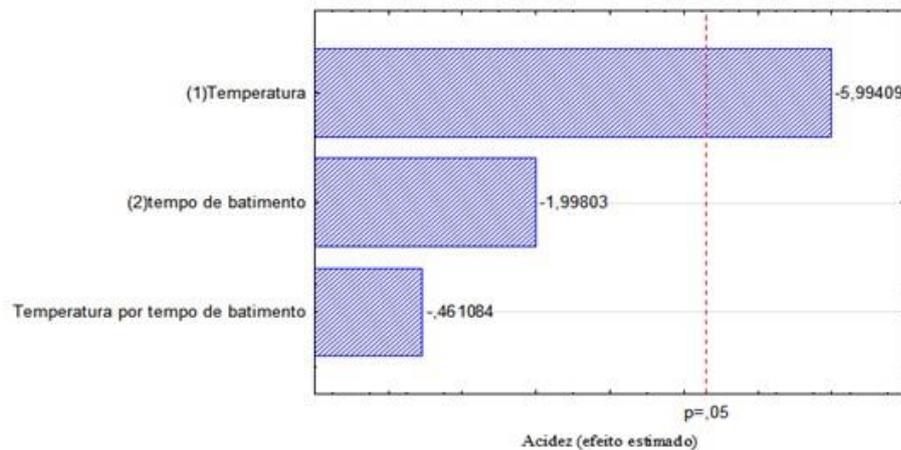
O efeito das variáveis independentes (temperatura de secagem e tempo de batimento) sobre as variáveis dependentes, acidez total titulável e ácido ascórbico foram avaliadas na forma de diagramas de Pareto (Figuras 6 e 7), com o nível de 95% de confiança.

Figura 6. Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre o ácido ascórbico.



Fonte: Autores (2023).

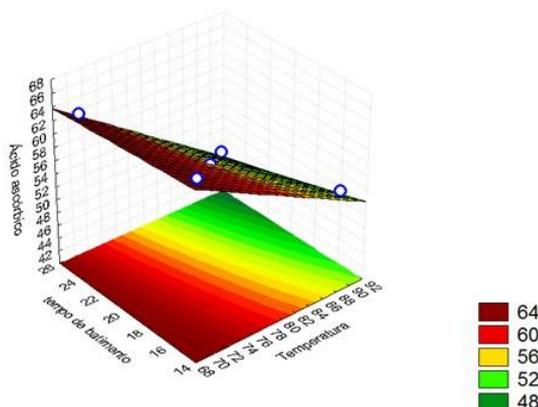
Figura 7. Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a acidez.



Fonte: Autores (2023).

É possível constatar através do diagrama de Pareto (Figura 6) que das variáveis independentes analisadas apenas a temperatura foi estatisticamente significativa sobre a variável ácido ascórbico, ao nível de 95% de confiança, notando-se que as variáveis tempo de batimento e a interação com a temperatura e tempo de batimento não influenciaram de maneira significativa. De acordo com a Figura 7, apenas a temperatura possui influência significativa, ao nível de 95% de confiança, com relação a acidez presente na polpa de goiaba. Comportamento similar a Pinheiro et al. (2020), que analisaram a secagem da biomassa de levedura *Rhodotorula glutinis* em camada de espuma e constataram que apenas a variável independente da temperatura de secagem foi significativa para o processo, a qual exerce influência de sinal negativo sobre a variável resposta, ou seja, quanto maior a temperatura, menor será o tempo de secagem. Na figura 8, a ilustração mostra a superfície de resposta correspondente ao efeito da temperatura de secagem e tempo de batimento sobre a concentração de ácido ascórbico contido na polpa em pó.

Figura 8. Superfície de resposta para o parâmetro ácido ascórbico em função da temperatura e do tempo.



Fonte: Autores (2023).

Comprova-se através da demonstração gráfica que, o tempo de batimento para a formação da espuma não influencia significativamente nos teores de ácido ascórbico, porém nota-se que com o aumento da temperatura empregada durante o processo de secagem da polpa da goiaba diminuiu a quantidade de ácido ascórbico presente na amostra, confirmando o que foi observado anteriormente, na Figura 6. Comportamento semelhante foi relatado por Leite et al. (2023), que estudaram sobre a cinética de secagem da hortelã-da-folha-miúda (*Mentha crispa*) em camada de espuma, e perceberam que houve influência do tempo de batimento sobre o tempo de secagem mostrou-se mínima, observou-se uma tendência de diminuição do tempo de secagem nos menores níveis do tempo de batimento. A secagem em camada de espuma é um método útil para obter pós alimentícios com boas propriedades de pó (tempos mais curtos de molhabilidade e solubilidade, alta capacidade de retenção de água, boa ou excelente fluidez, dentre outros) (ÇALIŞKAN KOÇ et al., 2022).

Conclusões

Com base nos resultados deste estudo, é evidente que a operação de secagem da polpa de goiaba foi conduzida sob condições apropriadas. O Ensaio 1, realizado a 70°C com 15 minutos de batimento, produziu os resultados mais favoráveis para os parâmetros analisados. A polpa em pó obtida após a secagem atendeu às especificações da literatura.

A análise estatística conduzida revelou um modelo estatisticamente significativo para o ácido ascórbico, com 95% de confiança, destacando a temperatura como a variável de maior influência sobre o resultado.

De forma geral, os resultados das análises confirmam que o processo de secagem em camada de espuma para a polpa de goiaba, nas condições testadas, é adequado. Ao final do procedimento, obteve-se um produto de alta qualidade, mantendo baixos custos de produção.

Referências

ARAÚJO, L. B. **Secagem de polpa de goiaba pelo método de camada de espuma**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal. 45p. 2019.



GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma - desempenho do processo e características do produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal. 91p. 2014.

GIRELLI, A.; SANT'ANNA, V.; KLEIN, M. P. Drying of butiá pulp by the foam-layer method and characterization of the obtained powder. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 58, n. 1, e03050, 2023.

HAIDA, K. S.; BARON, Â.; HAIDA, K. S.; FACI, D.; HAAS, J.; SILVA, F. J. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de duas variedades de goiaba e arruda. *Revista de Atenção à Saúde*, v. 9, n. 28, p. 11-19, 2011.

IAL -INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**, v. 1. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IHA, S. M.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSO, J. C. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, R. C. L. R.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, n. 3, p. 387-393, 2008.

LEITE, A. C. N.; ASSIS CAVALCANTE, J.; COSTA, N. A.; PINHEIRO, W. S. Cinética de secagem em camada de espuma da *Mentha crisper* e ajuste de modelos matemáticos. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 31, n. 1, p. 1-18, 2023.

MOREIRA, D. B.; DIAS, T. J.; ROCHA, V. C.; CHAVES, A. C. T. A. Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 10, p. 3041-3053, 2021.

MAIA, G. A. O. **Cinética de secagem de manga rosa pelo método camada de espuma (*foam-mat-drying*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Setor de Tecnologia em Alimentos, Campus Salgueiro, IF Sertão PE, Salgueiro. 69p. 2020.

MOREIRA, M. F.; ASSIS CAVALCANTE, J.; COSTA, N. A.; SILVA, M. F. R. Obtenção do pó da entrecasca do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) por secagem em camada de espuma. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, e558101220656, 2021.

MACEDO, L. F. **Farinha do fruto do *Ziziphus Joazeiro* Mart. obtida por secagem em camada de espuma**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. 40p. 2022.



MARTINS, A. N.; NARITA, N.; SUGUINO, E.; TAKATA, W. H. S. Desempenho de cultivares de goiabeiras em ambientes irrigados e sequeiros. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n. 2, p. 82-89, 2020.

OLIVEIRA, B. F.; SILVA NEGREIROS, J. K.; BONFIM, K. S.; ASSIS CAVALCANTE, J.; PINTO, M. F.; COSTA, N. A. Modelagem matemática da cinética de secagem em camada de espuma da folha da gravioleira (*Annona muricata* Linn) e caracterização do pó obtido. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, e10942811, 2020.

PÊ, P. R.; CARNEIRO, G. G.; PÊ, F. R.; CASTRO, D. S.; SILVA, D. R. S.; MARQUES, L. F. Secagem de polpa de caqui pelo método de camada de espuma. *Holos*, v. 4, n. 32, p. 77-85, 2016.

PINHEIRO, W. S.; SILVA, F. L. H.; ASSIS CAVALCANTE, J.; MELO SANTOS, S. F.; MELO, D. J. N.; GADELHA, B. S. O.; ARAÚJO SANTOS, L. V. Secagem da biomassa de levedura *Rhodotorula glutinis* em camada de espuma. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, e1129119437, 2020.

QUEIROZ, V. A. V.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B. D.; GRAVINA, G. D. A.; QUEIROZ, L. R.; SILVA, J. A. D. Qualidade nutricional de goiabas submetidas aos processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem complementar por convecção. *Food Science and Technology*, v. 28, n. 2, p. 329-340, 2008.

RIBEIRO, B. B. **Aspectos comerciais da cultura da goiaba no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Curso de Agronomia, Universidade de Brasília - UnB, Brasília. 37p. 2021.

ROCHA, M. V. G. **Avaliação físico-química de sorvetes elaborados com adição de polpa de manga (*tommy atkins*) in natura e em pó obtida por metodologia *foam-mat***. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Setor de Tecnologia em Alimentos, Campus Salgueiro, IF Sertão PE, Salgueiro. 50p. 2023.

RIGUETO, C. V. T.; EVARISTO, L. M.; GERALDI, C. A. Q.; COVRE, L. Influência da temperatura de secagem de uvaia (*Eugenia pyriformis*) em camada de espuma. *Revista ENGEVISTA*, v. 20, n. 4, p. 537-547, 2018.

RIGUETO, C. V. T.; NAZARI, M. T.; EVARISTO, L. M.; ROSSETTO, M.; DETTMER, A.; GERALDI, C. A. Q.; PICCIN, J. S. Influência da temperatura de secagem de jambo vermelho (*Syzygium malaccense*) em camada de espuma. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, e40932382, 2020.



CABRAL FILHA, M. C. S.; CANUTO, M. F. C. S.; SOUSA, J. H. S.; SILVA, D. R. S.; FARIAS, F. P. M. Secagem em camada de espuma da polpa da goiaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Semiárido De Visu*, V. 12, n. 1, p. 178-193, mar. 2023. ISSN 2237-1966.

REIS, K. C. D.; AZEVEDO, L. F. D.; SIQUEIRA, H. H. D.; FERRUA, F. Q. Avaliação físico-química de goiabas desidratadas osmoticamente em diferentes soluções. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 3, p. 781-785, 2007.

SANTOS, N. C.; FARIAS LEITE, D. D.; CÂMARA, G. B.; BARROS, S. L.; SANTOS, F. S.; CUNHA SOARES, T.; LIMA, A. R. N.; CUNHA SOARES, T.; PACHECO ALBUQUERQUE, A.; OLIVEIRA, M. N.; VASCONCELOS, U. A. A; MELO QUEIROZ, A. J. Modelagem matemática da cinética de secagem de cascas da toranja (*Citrus paradisi* Macf.). *Research, Society and Development*, v. 9, n. 1, e9, 2020.

SOUSA, J. H. S.; CANUTO, M. F. C. S.; FARIAS, F. P. M.; SILVA, D. R. S.; FRANCISCO, P. R. M. Cinética de secagem aplicada a casca do umbu (*Spondias tuberosa*). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 23, n. 2, p. 24-32, 2023.

SOUZA, L. M. R.; CANUTO, M. F. C. S.; SILVA, D. R. S.; FARIAS, F. P. M.; SANTOS, F. S. Secagem da polpa do umbu (*Spondias tuberosa*) em camada de espuma. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, e488101119955, 2021.

SOUZA, R. P.; LOBO, F. A. T. F.; MONTES, L. T. P.; LIMA ARAÚJO, K. G. Secagem da polpa de goiaba (*Psidium guajava*) da variedade Pedro Sato pelo método *foam mat drying* para aplicação em alimentos. *Revista da Associação Brasileira de Nutrição*, v. 10, n. 2, p. 59-65, 2019.

ROCHA, M. V. G.; OLIVEIRA, A. B. S.; PROFIRIO, L. S.; CRUZ, A. R. N.; SOUSA, F. C. Avaliação físico-química da polpa de manga (*Tommy atkins*) em pó obtida por meio da secagem em camada de espuma. *Revista Semiárido De Visu*, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2023.

SILVA, D. J.; QUEIROZ A. C. *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3ª ed. v.1. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.