REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PRODUTO FARINÁCEO DE ALGAROBA (*Prosopis juliflora*) POR SECAGEM CONVECTIVA

OBTAINING AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF A FLOUR-BASED PRODUCT FROM ALGAROBA (Prosopis juliflora) BY CONVECTIVE DRYING

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE UN PRODUCTO A BASE DE HARINA DE ALGARROBA (Prosopis juliflora) MEDIANTE SECADO CONVECTIVO

Gracimário Bezerra da Silva[1], Ana Regina Nascimento Campos[2], Renato Alexandre Costa de Santana[3], Ana Maria de Souza Araújo[4], Emanuele Cardoso Dias[5], Janine Patricia Melo Oliveira[6]

https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7387

PUBLICADO: 04.2026

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo elaborar um produto farináceo a partir da algaroba (*Prosopis juliflora*) utilizando secagem convectiva, visando seu uso alternativo em preparações alimentícias e a caracterização físico-química. Inicialmente, foi realizada a cinética de secagem convectiva em diferentes temperaturas (50, 60 e 70°C). Os dados obtidos foram analisados com modelos matemáticos para gerar curvas de secagem, utilizando o software *Statistica* 14.0. A caracterização físico-química das amostras incluiu análises estatísticas com o teste de *Tukey* e análise de variância a um nível de 95% de significância. O produto farináceo apresentou 37,93 °*Brix* de sólidos solúveis totais, acidez total titulável de 13,12%, e 0,15% de lipídios. Houve também um aumento nas proteínas, de 7,27% no estado *in natura* para 8,10% no produto final. Por fim, foram observadas quantidades expressivas de minerais como sódio, magnésio, fósforo, potássio, cálcio e cloro.

PALAVRAS-CHAVE: Cinética de secagem. Tratamento térmico. Produção de alimentos. Eficiência dos recursos.

[1] Doutorando em Engenharia Química (UFCG) e Mestre pela UFPB, com especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho e graduação em Engenharia de Petróleo. Possui experiência em simulação de fluidos, engenharia de materiais, geofísica e fraturamento hidráulico. Atua em pesquisa em Bioquímica e Biotecnologia de Alimentos, com foco em secagem e fermentação semissólida.

[2] Graduada em Química Industrial (UEPB, 2000), Mestre em Engenharia Química (UFCG, 2003) e Doutora em Engenharia de Processos (UFCG, 2008). Atualmente é Professora Associada da Universidade Federal de Campina Grande. Atua em Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em corrosão, eletrodeposição, fermentação semissólida e atividade de água.

[3] Graduado em Química Industrial (2000) e Licenciado em Química (2006) pela UEPB, com Mestrado (2003) e Doutorado (2007) em Engenharia Química/Processos pela UFCG. Atualmente é Professor Associado da UFCG, atuando em ensino, pesquisa e orientação. Desenvolve pesquisas em eletrodeposição, eletrocatalisadores, corrosão, biomateriais e processos agroindustriais sustentáveis.

[4] Licenciada em Química pelo Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Cuité/PB. Foi bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq), com atuação em pesquisa acadêmica. Mestre em Engenharia Química pela UFCG, na área de Recursos Regionais e Meio Ambiente. Atualmente é doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFCG.

[5] Engenheira de Biotecnologia e Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com foco em processos sustentáveis e produção de biomoléculas de interesse industrial. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com atuação em bioprocessos e produção de biossurfactantes por fermentação. Possui experiência em síntese de enzimas, microbiologia industrial e engenharia de alimentos, com participação em diversos laboratórios de pesquisa.

[6] Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG, 2015) e Mestre em Sistemas Agroindustriais pela mesma instituição (2018). Possui experiência em Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em processamento, conservação e microbiologia de alimentos.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ABSTRACT
This work aimed to develop a flour-based product from mesquite (Prosopis juliflora) using convective drying, aiming at its alternative use in food preparations and its physicochemical characterization. Initially, the kinetics of convective drying were performed at different temperatures (50, 60, and 70°C). The data obtained were analyzed with mathematical models to generate drying curves, using Statistica 14.0 software. The physicochemical characterization of the samples included statistical analyses with Tukey's test and analysis of variance at a 95% significance level. The flour-based product presented 37.93 °Brix of total soluble solids, 13.12% titratable acidity, and 0.15% lipids. There was also an increase in proteins, from 7.27% in the raw state to 8.10% in the final product. Finally, significant amounts of minerals such as sodium, magnesium, phosphorus, potassium, calcium, and chlorine were observed.

KEYWORDS: *Drying kinetics. Heat treatment. Food production. Resource efficiency.*

RESUMEN
Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un producto a base de harina de mezquite (Prosopis juliflora) mediante secado convectivo, con miras a su uso alternativo en preparaciones alimenticias y su caracterización fisicoquímica. Inicialmente, la cinética del secado convectivo se realizó a diferentes temperaturas (50, 60 y 70 °C). Los datos obtenidos se analizaron con modelos matemáticos para generar curvas de secado, utilizando el software Statistica 14.0. La caracterización fisicoquímica de las muestras incluyó análisis estadísticos con la prueba de Tukey y análisis de varianza al 95% de nivel de significancia. El producto a base de harina presentó 37,93 °Brix de sólidos solubles totales, 13,12% de acidez titulable y 0,15% de lípidos. También hubo un aumento en las proteínas, de 7,27% en el estado crudo a 8,10% en el producto final. Por último, se observaron cantidades significativas de minerales como sodio, magnesio, fósforo, potasio, calcio y cloro.

PALABRAS-CLAVE*: Cinética de secado. Tratamiento térmico. Producción de alimentos. Eficiencia de recursos.*

INTRODUÇÃO

A algarobeira é uma árvore do tipo xerófita, cujo desenvolvimento das raízes extensas permite captar água a longas distâncias, sendo possível sua sobrevivência em regiões áridas e semiáridas. Encontrada no Brasil, a algaroba é uma planta nativa do Peru, caracterizando-se como uma espécie invasora. A algaroba foi introduzida no Brasil em 1940 no município de Serra Talhada, Estado de Pernambuco, com o objetivo de aumentar recursos forrageiros e para reflorestar áreas desmatadas, visto sua peculiaridade de se adaptar facilmente em regiões quentes (SANTOS; ALEXANDRE; GUEDES; LUCENA; CAVALCANTI; SANTOS, 2020; SILVA, 1989; SANTOS; DIODATO, 2019).

Trata-se de uma “planta de grande popularidade na região Nordeste do Brasil”, apresentando “um alto potencial para confecção de novos produtos” (CARVALHO *et al.*, 2020, p. 02). É interessante notar que essa peculiaridade da algarobeira justifica a potencialidade para a fabricação de produtos, conforme apontado por Carvalho et al. (2020). Nesse contexto, busca-se conferir aplicabilidade ao fruto dessa espécie por meio da investigação de suas propriedades e potenciais usos, com o objetivo de identificar sua composição química, bem como seus possíveis benefícios nutricionais e funcionais.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

No estado da Paraíba, especialmente na região de Campina Grande e se estendendo em direção ao sertão, como Patos, Taperoá, Monteiro e arredores, a algarobeira é um elemento comum na paisagem. O ciclo de produção dessa planta ocorre predominantemente de setembro a março, um padrão observado ao longo do processo de pesquisa. Especificamente no ano de 2024, a chuva antecipada em fevereiro precipitou a abscisão dos frutos, resultando na antecipação do término da colheita da algaroba. Esta ocorrência não só destaca a influência de fatores ambientais no ciclo produtivo da planta, mas também evidencia a resiliência e o valor da algaroba no contexto da sustentabilidade. Segundo Santos *et al*. (2020), a algaroba apresenta múltiplos usos, de forma a atender tanto aos interesses econômicos quanto aos interesses ambientais como fonte energética.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram coletadas algaroba no município de São José do Sabugi-PB. A escolha deste município decorre do fato de que ele está situado em uma região semiárida, com vasta área de cultura da planta, facilitando, dessa forma, o acesso para colheita. Nessa região, a algaroba no seu estado *in natura* é bastante utilizada como alimentação animal, principalmente em época de seca. Desse modo, evidencia-se a importância do (re)aproveitamento desse fruto para outras finalidades.

Este estudo, portanto, visa explorar as potencialidades da algaroba, uma planta resistente e abundante em certas regiões, como matéria-prima para a produção de farinhas nutritivas e sustentáveis, utilizando, para isso, a secagem pelo método convectivo por estufa de circulação de ar. Essa técnica de secagem aplicada tem o objetivo de aperfeiçoar a conversão da algaroba em um produto farináceo de alta qualidade, preservando suas propriedades nutricionais e sensoriais. Com isso, a importância deste estudo se estende para além da mera produção de um novo produto alimentício; permite a valorização de recursos naturais subutilizados e promove a sustentabilidade ambiental. A secagem convectiva em resíduos agroindustriais utiliza o fluxo de ar aquecido para reduzir a umidade e estabilizar subprodutos para reaproveitamento industrial. Conforme demonstrado por Silva *et al*. (2024), essa técnica permite a conservação de compostos bioativos e melhora a eficiência termodinâmica no processamento de resíduos, em que o ajuste da temperatura permite otimizar a cinética de secagem e garantir a qualidade nutricional do material final.

No processo de secagem convectiva em estufa de circulação de ar, a transferência de calor ocorre predominantemente por convecção forçada na interface ar-produto, elevando a energia interna da vagem de algaroba. Simultaneamente, a transferência de massa se dá pela migração da água interna até a superfície do produto, sendo a resistência interna o principal limitante da taxa de secagem conforme a umidade diminui (NASCIMENTO; LIMA; CAVALCANTI; GUSMÃO, 2015; PERRY, 1984).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo elaborar um produto farináceo a partir da algaroba (*Prosopis juliflora*) por meio de secagem pelo método convectivo para uso alternativo na preparação de produtos alimentícios com vistas à caracterização físico-química do produto obtido.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

METODOLOGIA

O processo de elaboração e caracterização do produto farináceo da algaroba (Prosopis juliflora) foi realizado no Laboratório de Bioprocessos (LabBio) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Matéria-prima

Para o desenvolvimento do produto farináceo utilizou-se vagens de algaroba coletadas no município de São José do Sabugi, Estado da Paraíba.

Os frutos da algaroba são as vagens, suspensas em galhos das árvores algarobeiras, tipicamente longas e curvadas, podendo medir de 10 a 20 centímetros de comprimento. Seu diâmetro é relativamente pequeno, geralmente não ultrapassando alguns milímetros de espessura. Em relação a sua cor, as vagens maduras variam de tonalidade, podendo ser encontradas em variações que vão de marrom claro a marrom escuro, a depender da maturação do fruto e do tipo de espécie, mas também em tons que beiram ao bege e ao amarelo.

Sobre sua textura, a vagem de algaroba apresenta uma superfície externa lisa, na maioria, podendo se tornar um pouco rugosa, à medida que o processo de maturação avança. Internamente, há a presença de uma espécie de polpa, rica em nutrientes e geralmente adocicada.

Para esta pesquisa, foram consideradas apenas as vagens em processo final da maturação, geralmente quebradiças ao toque, além de secas e rugosas, conforme pode-se visualizar nas fotografias contidas na Figura 1. Nela é apresentada as vagens de algaroba *in natura*, as quais foram manuseadas no processo de secagem para obtenção do produto farináceo.

Na Figura 1 (a) encontra-se a algarobeira, (b) a vagens secas *in natura* de algaroba e (c) as vagens trituradas também em seu estado *in natura* que posteriormente foram submetidas ao processo convectivo de secagem.

Figura 1. Algaroba utilizada na secagem para produção do produto farináceo, sendo (a) a algarobeira, (b) a vagens secas *in natura* de algaroba e (c) as vagens trituradas também em seu estado *in natura*



Fonte: Elaborado pelos autores.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Cinética de secagem

Inicialmente, realizou-se a cinética de secagem em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70°C. Nesse processo, registraram-se as massas em intervalos regulares de tempo até se obter uma massa constante das amostras.

Posteriormente, foi realizado o tratamento dos dados obtidos no processo de secagem por diferentes temperaturas. Com isso, determinaram-se os valores da razão do teor de água, conforme Equação (1).

$$RU = \frac{U_{bs} - U_e}{U_{bs\ (inicial)} - U_e} \quad (1)$$

Em que,

RU: razão de teor de água [adimensional]

U_e: teor de água de equilíbrio em base seca [%]

U_{bs}: teor de água em base seca [%]

$U_{bs\ (inicial)}$: teor de água inicial em base seca [%]

Por fim, utilizaram-se diferentes modelos matemáticos, ilustrados na Tabela 1, para obter as curvas de secagem e escolha do modelo com melhor ajuste.

Tabela 1. Modelos matemáticos que descrevem o processo de secagem

Denominação do Modelo	Modelos Matemáticos	Equações
Henderson e Pabis	$RU = a\ e^{-kt}$	(2)
Verma	$RU = a e^{-kt} + (1-a) e^{-k_1 t}$	(3)
Dois termos	$RU = a e^{-k_0 t} + b e^{-k_1 t}$	(4)
Exponencial de dois termos	$RU = a e^{-kt} + (1-a) e^{-kat}$	(5)
Wang e Singh	$RU = 1 + at + bt^2$	(6)
Henderson e Pabis modificado	$RU = a e^{-kt} + b e^{-k_0 t} + c e^{-k_1 t}$	(7)
Aproximação da difusão	$RU = a e^{-kt} + (1-a) e^{-kbt}$	(8)
Newton	$RU = e^{-kt}$	(9)
Thompson	$RU = e^{\frac{-a-(a^2+4bt)^{0,5}}{2b}}$	(10)
Page	$RU = e^{-kt^n}$	(11)

Fonte: Elaborado pelos autores.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Nos modelos matemáticos citados, providenciou-se o ajuste das curvas experimentais de secagem, em que para cada equação matemática as análises de regressão não-linear foram realizadas pelo método *Quasi-Newton*, empregando-se o programa computacional *Statistica* 14.0.

Para a seleção do melhor modelo matemático apresentados na Tabela 1, parâmetros estatísticos como X^2 (qui-quadrado), R^2 (coeficiente de determinação) e DQM (desvio quadrático médio) passaram a ser analisados de forma a definir o modelo que melhor representasse os dados. Tais parâmetros são apresentados conforme Equações (12), (13) e (14).

$$X^2 = \frac{1}{n-N}\sum_{i=1}^{n}\left(RX_{pred,i} - RX_{\exp,i}\right)^2 \quad (12)$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(RX_{pred,i} - RX_{\exp,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(RX_{\exp,i} - RX_{pred,i}\right)^2}\right) \quad (13)$$

$$DQM = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(RX_{pred,i} - RX_{\exp,i}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

Em que,

R^2: coeficiente de determinação

DQM: desvio quadrático médio

X^2: qui-quadrado

$RX_{pred,i}$: razão do teor de água predito pelo modelo

$RX_{\exp,i}$: razão do teor de água experimental

n: número de observações

N: número de constantes do modelo

Processo de secagem

Após realização da cinética de secagem, definiu-se a massa inicial, temperatura e o tempo de secagem para elaboração do produto farináceo, tendo como critérios parâmetros físico-químicos dos produtos desidratados.

No processo da secagem convectiva foi utilizada uma estufa com renovação e circulação de ar de marca SOLAB, modelo SL 102.

Após secagem, todo material obtido passou pela etapa de processamento do produto farináceo que consistiu em: trituração e tamisação, finalizando com o acondicionamento a vácuo em sacos

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

plásticos e armazenamento em temperatura ambiente. Em seguida a amostra foi submetida às análises físico-químicas, para posteriormente poder ser utilizada em formulações de produtos alimentícios.

Obtenção do produto farináceo da algaroba (*Prosopis juliflora*)

Com a realização da secagem da algaroba, o material desidratado passou pela etapa de processamento. Dessa forma, utilizou-se um liquidificador industrial de marca METVISA, modelo LQL 6220M60N5 e tensão de 220 V para realização da etapa de trituração. Logo após, realizou-se a tamisação e, por fim, com o produto farináceo obtido, foi realizado o acondicionamento a vácuo em sacos plásticos e armazenamento em temperatura ambiente.

Análises físico-químicas

Após a obtenção da farinha de algaroba realizaram-se análises físico-químicas para determinação dos nutrientes desse produto. Assim, foram determinados, na algaroba *in natura* e no produto farináceo obtido, os seguintes parâmetros: teor de água, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, lipídeos, proteína, resíduo mineral fixo (cinzas), carboidratos totais, valor calórico e minerais.

O teor de água, determinado pelo método gravimétrico, após secagem em estufa de 105° C de Marca SOLAB e Modelo SL-100, foi seguido a metodologia descrita por AOAC (1990).

Para quantificação dos valores de pH, determinados através de medidas potenciométricas do líquido sobrenadante, contou com o auxílio de um pHmetro (AOAC, 1990). Para isso utilizou-se o pHmetro de marca MS TECNOPON, modelo LUCA-210.

Para determinar a acidez total titulável utilizou-se uma solução de hidróxido de sódio a 0,1 mol/L para atingir o ponto de equivalência, com pH entre 8,2 e 8,4, e realizada titulação potenciométrica da amostra.

Os sólidos solúveis totais passaram por quantificação por meio de técnica de refratometria na escala °Brix, utilizando um refratômetro digital para obtenção das leituras do °Brix.

A determinação do percentual de Resíduo Mineral Fixo (cinzas) consistiu na realização pelo método de incineração, em forno mufla a 550° C, até total queima da matéria orgânica (AOAC, 1990).

Em relação à proteína bruta das amostras, a obtenção dela ocorreu através do método Kjeldahl (TEDESCO; BOHNEN; VOLKWEISS, 1995).

Para a determinação de lipídeos totais utilizou-se o método de Bligh-Dyer (1959). Já os teores de carboidratos totais foram quantificados por diferença entre o somatório do teor de água, proteína, cinzas, lipídios e diminuídos de 100 (AOAC, 1990). E o valor calórico, por sua vez, foi determinado

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

através dos coeficientes de Watt e Merrill (1963) descrito por FAO (1970), conforme Equação (15) apresentada por Zongo *et al*. (2019).

$$VC = 4\,x\,(\%\,Proteinas) + 9\,x\,(\%\,Lipídeos + 4\,x\,(\%\,Carboidratos)$$

(15)

Em que,

VC: valor calórico [%]

Com relação aos minerais, estes foram identificados e quantificados por Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, cujo equipamento utilizado foi o EDX-7000 da Shimadzu. As amostras na forma de cinzas foram inseridas em cubetas coberta por um filme de polipropileno de 5 µm de espessura e posteriormente submetidas a vácuo, sendo utilizadas as seguintes condições de operação do equipamento: tensão do tubo de 15 keV (Na a Sc) e 50 keV (Ti a U) e com um colimador de 10 mm, com um detector de estado sólido Si (Li). Os resultados foram expressos em mg/100g.

Difusividade efetiva, energia de ativação e propriedades termodinâmicas

A difusividade efetiva para as diferentes condições de secagem foi estabelecida com base na teoria da difusão líquida. Para a relação entre difusividade e temperaturas de secagem usou-se a Equação (16) de Arrhenius, determinando-se também a energia de ativação.

$$¿ = D_0 \exp\left(- \frac{E_a}{R(T + 237{,}15)}\right) \qquad (16)$$

Em que,

Def: difusividade efetiva [m²/s]

D_0: fator pré-exponencial [m²/s]

E_a: energia de ativação [kJ/mol]

R: constante universal dos gases [kJ/mol. K]

T: temperatura absoluta [K]

As propriedades termodinâmicas da secagem da algaroba foram definidas a partir da Equação (17) para a variação da entalpia, Equação (18) para a variação da entropia, e a Equação (19) para a energia livre de Gibbs, considerando a constante universal dos gases para diferentes temperaturas.

$$\Delta H = E_a - R(T + 273{,}15) \qquad (17)$$

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Em que,

ΔH: variação da entalpia [J/mol]

E_a: energia de ativação [kJ/mol]

R: constante universal dos gases [kJ/mol. K]

T: temperatura absoluta [K]

$$\Delta S = R\left[\ln\left(D_0\right) - \ln\frac{k_b}{h_p} - \ln\left(T + 273{,}15\right)\right] \quad (18)$$

Em que,

ΔS: variação da entropia [J/mol]

D_0: fator pré-exponencial [m²/s]

k_b: constante de Boltzmann [J/K]

h_p: a constante de Planck [J.s]

R: constante universal dos gases [kJ/mol. K]

T: temperatura absoluta [K]

$$\Delta G = \Delta H - \left(T + 273{,}15\right)\Delta S \quad (19)$$

Em que,

ΔG: energia livre de Gibbs de ativação [J/mol]

ΔH: variação da entalpia [J/mol]

ΔS: variação da entropia [J/mol]

T: temperatura absoluta [K]

Análise de cor

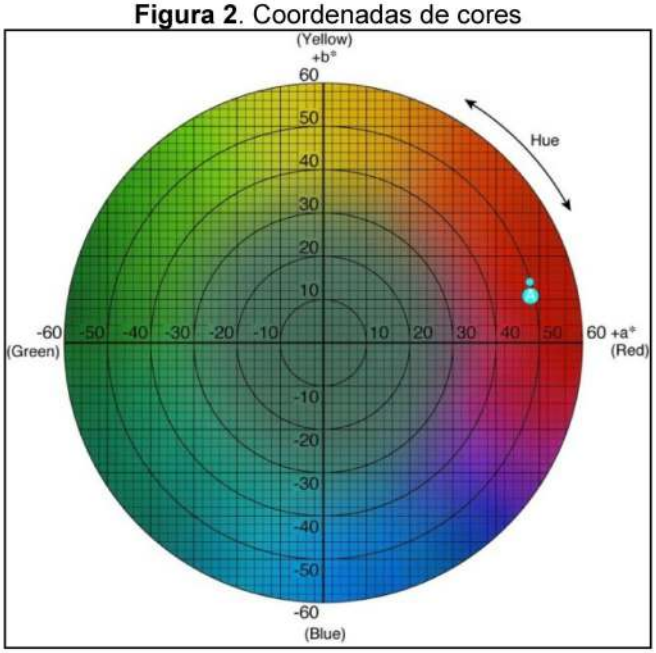
Para a determinação da cor, utilizaram-se o Colorímetro, pertencente à empresa *Lab Tools*. Trata-se de uma ferramenta que permite medir parâmetros de cores a partir de fotografias existentes – ou em tempo real –, considerando o espectro de absorção no visível (400-700nm).

Uma das técnicas bastante utilizadas na análise de cor é o uso do espaço de cor CIELAB, também conhecido como espaço de cor L*a*b*. As cores são expressas em coordenadas L*a*b* (CHUDY; BILSKA; KOWALSKI; TEICHERT, 2020).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Segundo Chudy *et al.* (2020), os valores a* e b* podem ser apresentados como um ponto no sistema de coordenadas ab, ou seja, em um plano colorido no qual as cores transitam suavemente do vermelho (+a*), passando pelo amarelo (+b*), até o verde (–a*) e azul (–b*), como ilustrado na Figura 2. Ao conectar um ponto de coordenadas a*b* ao centro do sistema de coordenadas, obtém-se um segmento de reta, cujo comprimento é definido como croma ou cromaticidade (C).

Figura 2. Coordenadas de cores



Fonte: Adaptado de Galvani *et al.* (2016).

A partir dos valores de a* e b* é determinado o valor da cromaticidade (C*), de acordo com a Equação (20), indicando a saturação da cor da amostra analisada, representada por 0 (zero) a cor impura e, 60 (sessenta), a cor pura. Também é possível estabelecer o ângulo de tonalidade da cor, calculada conforme a Equação (21).

$$C^* = \sqrt{((a^*)^2 + (b^*)^2)} \quad (20)$$

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

$$h° = \tan^{-1}\frac{b^*}{a^*} \quad (21)$$

Em que,

C^*: croma ou cromaticidade [adimensional]

a: coordenada de cor [adimensional]

b^*: coordenada de cor [adimensional]

$h°$: ângulo de tonalidade da cor [adimensional]

Análises estatísticas

Foram realizadas análises estatísticas utilizando o teste de Tukey com análise de variância com um nível de 95% de significância e 5% de probabilidade de erro. A Análise de Variância (ANOVA) foi aplicada para verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos, enquanto o teste de Tukey permitiu a comparação múltipla das médias, identificando quais condições de secagem apresentaram variações estatisticamente relevantes nos parâmetros determinados. O *software* utilizado foi o *Statistica* 14.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da cinética de secagem por convecção usando estufa de circulação de ar foram processados para todos os modelos matemáticos apresentados na Tabela 1. Tais resultados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de coeficiente de determinação (R2), desvio quadrático médio (DQM), qui-quadrado (χ2) e parâmetros dos modelos matemáticos da secagem em estufa de circulação de ar da algaroba

Modelos	T(°C)	Parâmetros					R2	DQM	X^2
		a	k						
Henderson e Pabis	50	0,9555	0,0044				0,9980	0,0202	0,0004
	60	0,9661	0,0103				0,9986	0,0155	0,0002
	70	0,9625	0,0150				0,9979	0,0189	0,0003
		a	k	c					
Logarítmico	50	0,9303	0,0049	0,0353			0,9986	0,0171	0,0003

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

	60	0,9537	0,0108	0,0180			0,9988	0,0144	0,0002
	70	0,9465	0,0159	0,0232			0,9982	0,0172	0,0003
		a	**k_0**	**b**	**k_1**				
Dois Termos	50	0,8026	0,0037	0,1918	0,0167		0,9996	0,0086	0,0001
	60	0,9042	0,0094	0,1026	0,0694		0,9997	0,0075	0,0000
	70	0,7895	0,0124	0,2099	0,0464		0,9994	0,0099	0,0001
		a	**b**						
Wang e Singh	50	-0,0033	0,0000				0,9700	0,0783	0,0061
	60	-0,0073	0,0000				0,9579	0,0859	0,0074
	70	-0,0104	0,0000				0,9439	0,0954	0,0091
		a	**k**	**b**					
Aproximação da difusão	50	0,1886	0,0182	0,2023			0,9996	0,0087	0,0001
	60	0,1002	0,0610	0,1537			0,9997	0,0076	0,0000
	70	0,2098	0,0467	0,2654			0,9994	0,0099	0,0001
		a	**k**						
Exponencial de Dois Termos	50	0,2093	0,0171				0,9996	0,0089	0,0001
	60	0,0780	0,1227				0,9995	0,0093	0,0001
	70	0,3088	0,0366				0,9993	0,0105	0,0001
		k							
Newton	50	0,0048					0,9958	0,0294	0,0009
	60	0,0109					0,9976	0,0207	0,0004
	70	0,0159					0,9967	0,0234	0,0005
		a	**b**						
Thompson	50	-15,2500	0,2991				0,9992	0,0131	0,0002
	60	-17,0600	0,4573				0,9992	0,0118	0,0001
	70	-13,3029	0,4940				0,9991	0,0124	0,0001
		a	**k**	**k_1**					
Verma	50	0,1886	0,0182	0,0037			0,9996	0,0087	0,0001
	60	0,1001	0,0611	0,0094			0,9997	0,007	0,0000

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

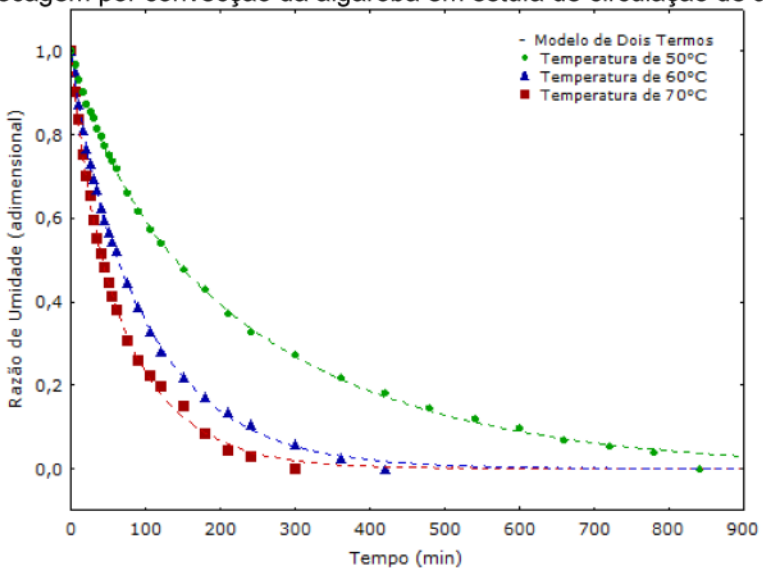
								6	
	70	-1,5525	0,0159	0,0159			0,9967	0,0234	0,0005
		a1	**b**	**a2**	**a3**	**a4**			
Cavalcanti Mata	50	0,9125	0,0935	0,0508	0,0359	0,5645	0,9990	0,0142	0,0002
	60	0,9423	0,2071	0,0528	0,0151	0,0146	0,9989	0,0142	0,0002
	70	0,9319	0,2152	0,0733	0,0258	0,6924	0,9986	0,0154	0,0002

Fonte: Dados dos autores.

A partir desses dados é possível identificar o modelo Dois Termos, como o modelo mais representativo entre os demais, sendo o que melhor se ajustou às curvas de secagem, com maiores valores de R^2 e menores valores de DQM e X^2.

Na Figura 3 é possível observar as curvas de secagem para o modelo Dois Termos nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

Figura 3. Valores experimentais da razão do teor de água estimados pelo modelo de Dois Termos da secagem por convecção da algaroba em estufa de circulação de ar



Fonte: Elaborado pelos autores.

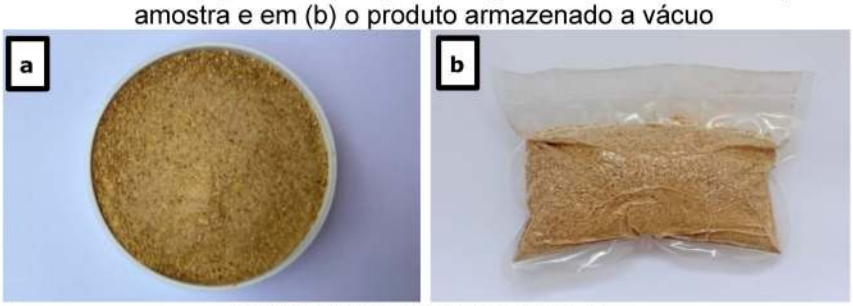
Analisando a Figura 3, observa-se que o melhor resultado ocorreu na temperatura de 70°C, com um tempo de secagem de 240 min. A partir das curvas de secagem é possível observar que as amostras de algaroba perdem uma quantidade considerável de água nos primeiros momentos ao iniciar a secagem até o processo se estabilizar. Resultados similares são apresentados por Silva *et al*. (2012)

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

e Nascimento *et al*. (2015), ao analisarem o comportamento do processo de secagem de vagens da algaroba.

Na Figura 4 é apresentado o produto farináceo da algaroba da secagem por convecção em tratamento térmico de 70°C em estufa de circulação de ar, sendo em (a) uma amostra da farinha e em (b) o produto armazenamento a vácuo.

Figura 4. Produto farináceo da algaroba obtido por secagem convectiva, sendo apresentado em (a) a amostra e em (b) o produto armazenado a vácuo



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Tabela 3 são ilustrados os valores da difusividade efetiva e energia de ativação da secagem da algaroba pela tecnologia de secagem convectiva para as diferentes temperaturas.

Tabela 3. Valores de Difusividades Efetivas (Def) e Energias de Ativação (Ea) das secagens da algaroba

Temperatura (°C)	Difusividade efetiva ($m^2.s^{-1}$)	R^2	Energia de ativação ($kJ.mol^{-1}$)	R^2
50	$1{,}41 \times 10^{-10}$	0,99	57,73907	0,97
60	$3{,}28 \times 10^{-10}$	0,98		
70	$4{,}92 \times 10^{-10}$	0,99		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando a Tabela 3, nota-se que a difusividade efetiva está diretamente relacionada à temperatura, visto que para maiores valores dessas variáveis, maior é a difusividade efetiva. Quanto à energia de ativação, este representa a facilidade no transporte de massa.

As propriedades termodinâmicas das secagens da algaroba são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4. Propriedades termodinâmicas das secagens da algaroba

Temperatura (°C)	ΔH ($kJ.mol^{-1}$)	ΔS ($kJ.mol^{-1}.K^{-1}$)	ΔG ($kJ.mol^{-1}$)
50	55,0524	-0,25493	137,4340
60	54,9693	-0,25519	139,9847
70	54,8861	-0,25543	142,5378

Fonte: Elaborado pelos autores.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Através dos dados expostos na Tabela 4 observa-se que ocorreu uma diminuição da variação de entalpia e entropia com o aumento da temperatura no método convectivo, ao mesmo tempo em que ocorre um aumento na variação da energia livre de Gibbs.

Os experimentos foram realizados em triplicatas, para se ter uma maior confiabilidade nos valores obtidos. Os valores médios e desvios padrão da caracterização da algaroba in natura e do seu produto farináceo obtido a partir de secagem em estufa de circulação de ar pelo método convectivo são apresentados na Tabela 5. Todos os dados foram submetidos ao teste de Tukey.

Tabela 5. Valores médios e desvios padrão da caracterização da algaroba in natura e do produto farináceo obtido por secagem convectiva

Parâmetros	***In Natura***	**Produto Farináceo**
Teor de água (% bu)	16,53 ± 1,02^{a}	6,40 ± 0,32^{b}
pH	5,58 ± 0,01^{a}	5,52 ± 0,02^{b}
Sólidos Solúveis Totais (°Brix bs)	31,55 ± 0,35^{b}	37,93 ± 0,75^{a}
Acidez total titulável (% ácido cítrico bs)	6,65 ± 0,49^{b}	13,12 ± 0,24^{a}
Cinzas (% bs)	3,96 ± 0,21^{a}	3,74 ± 0,76^{a}
Lipídios (% bs)	0,04 ± 0,01^{c}	0,15 ± 0,01^{a}
Proteínas (% bs)	7,27 ± 0,00^{b}	8,10 ± 0,00^{a}
Carboidratos totais (% bs)	87,20 ± 0,83^{a}	87,36 ± 1,03^{a}
Valor calórico (kcal/100g)	320,63 ± 2,81^{b}	360,86 ± 3,88^{a}

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar os dados da Tabela 5, observam-se valores significativos de teor de água na algaroba in natura (16,53% bu). Já na farinha obtida pelo método convectivo (6,40% bu) ocorreu uma diminuição considerável na perda de água, o que é justificável pelo fato de ter passado por processo de secagem. Essa redução intensa no teor de água tende a melhorar a preservação e a vida útil do produto alimentício.

O produto farináceo apresentou um caráter mais ácido quando comparado a algaroba em seu estado in natura. Esse aumento de acidez pode influenciar o sabor e a aplicabilidade do produto em diferentes contextos culinários. Obteve-se também uma maior quantidade de sólidos solúveis totais, com 37,93 °Brix bs, o que pode oferecer um sabor mais doce e ser mais palatável como um produto final. Os sólidos solúveis totais referem-se ao teor de açúcares presentes nos alimentos. Segundo Carvalho *et al*. (2020), a algaroba é uma leguminosa que apresenta um alto teor de açúcar.

É possível observar, na Tabela 5, um aumento na acidez total titulável do produto farináceo, o que já é esperado, visto que as propriedades físico-químicas tendem a aumentar quando a amostra é submetida ao processo de secagem, o que leva a redução da umidade do produto.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Com relação às cinzas, estas não sofreram diferenças significativas, conforme mostrado na Tabela 5. As cinzas representam os minerais (matéria inorgânica) presentes nas amostras quando são submetidas a altas temperaturas, ocorrendo a queima de toda a matéria orgânica presente nas amostras.

Também é possível notar um aumento na quantidade de gorduras presentes na farinha, caracterizadas pelos valores de lipídeos expressos na Tabela 5, com 0,15% bs na farinha obtida por secagem pelo método convectivo. Da mesma forma, a quantidade de proteína apresentou um aumento no produto farináceo quando comparado a amostra in natura, o que é um ponto positivo, sendo um dos principais nutrientes desejados nos produtos alimentares. Entretanto, vale ressaltar que um maior conteúdo proteico pode ser benéfico para o valor nutricional geral do produto. O valor de proteína determinado por Jardim e Mendes (2022) para a farinha de algaroba, obtida em secagem por convecção, é próximo ao resultado encontrado para o produto farináceo apresentados na Tabela 5. Já os carboidratos totais da algaroba in natura e do produto farináceo não sofreram diferenças significativas, ou seja, as taxas de carboidratos mantiveram-se relativamente inalteradas.

Observa-se na Tabela 5 que o valor calórico é maior no produto farináceo, cujo valor corresponde a 360,86 kcal/100g. O valor calórico descreve a quantidade de energia que um alimento fornece ao corpo quando consumido, ou seja, refere-se à quantidade de energia que o corpo pode obter através da metabolização (queima) dos nutrientes presentes no alimento, como carboidratos, proteínas e gorduras (Zongo *et al*., 2019).

O perfil mineral da algaroba in natura e do produto farináceo obtido pela tecnologia de secagem convectiva está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios e desvios padrão dos minerais constituintes da algaroba in natura e do produto farináceo obtido por secagem convectiva

Minerais	***In Natura* (mg/100g)**	**Produto Farináceo (mg/100g)**
Sódio	$194,53 \pm 0,73^{b}$	$212,16 \pm 2,25^{b}$
Magnésio	$149,23 \pm 1,76^{b}$	$114,23 \pm 1,18^{c}$
Fósforo	$293,30 \pm 0,54^{a}$	$261,45 \pm 1,47^{b}$
Potássio	$1732,39 \pm 2,47^{c}$	$1988,24 \pm 2,07^{b}$
Cálcio	$385,61 \pm 3,62^{a}$	$306,00 \pm 0,29^{b}$
Ferro	$2,40 \pm 0,01^{b}$	$2,38 \pm 0,02^{b}$
Cobre	$0,54 \pm 0,00^{c}$	$0,57 \pm 0,01^{b}$
Zinco	$1,01 \pm 0,00^{a}$	$1,10 \pm 0,00^{a}$
Rubídio	$0,32 \pm 0,01^{c}$	$0,43 \pm 0,01^{b}$
Estrôncio	$1,49 \pm 0,00^{b}$	$1,08 \pm 0,01^{c}$
Silício	$9,30 \pm 0,39^{b}$	$9,93 \pm 0,05^{a}$
Enxofre	$51,27 \pm 0,07^{b}$	$50,85 \pm 0,09^{b}$
Cloro	$487,64 \pm 3,73^{c}$	$550,70 \pm 1,30^{b}$
Bromo	$0,40 \pm 0,01^{c}$	$0,52 \pm 0,00^{b}$

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Resultados expressos com média ± desvio padrão (triplicata). Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)
Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando a Tabela 6, observa-se quantidades expressivas de minerais como sódio, magnésio, fósforo, potássio, cálcio e cloro. Os valores de magnésio (114,23 mg/100g) e cálcio (306,00 mg/100g) do produto farináceo são semelhantes aos determinados por Silva *et al.* (2007) para farinha de algaroba. Além desses, os dados de zinco (1,10 mg/100g) também apresentaram similaridade.

Segundo Mattietto, Lopes e Menezes (2008), os minerais denominados essenciais dividem-se em macronutrientes, também chamados de macroelementos, como sódio, magnésio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre e cloro, e em micronutrientes, ou microelementos, como ferro, cobre e zinco.

Outro mineral identificado na algaroba e no produto farináceo, em pequena quantidade, foi o ferro, considerado um micronutriente mineral. Alguns minerais como o cálcio, magnésio e ferro são fundamentais na alimentação humana. Segundo Luengo *et al.* (2018), "o cálcio é importante na manutenção óssea, na prevenção da osteoporose e no controle da pressão arterial". Ao mesmo tempo, "o magnésio é fundamental para a fixação do cálcio no organismo" e já o ferro é um mineral importante para a prevenção de anemias crônicas (Luengo *et al.*, 2018).

Nota-se também, na Tabela 6, traços de outros minerais, tais como: cobre, rubídio e bromo. O quantitativo de cobre analisado na algaroba in natura (0,54 mg/100g) é superior ao encontrado por Mattietto, Lopes e Menezes (2008) na polpa in natura de cajá.

Na Tabela 7, são mostrados os resultados colorimétricos da algaroba in natura e do produto farináceo. Os parâmetros incluem L* (luminosidade), a* e b* (coordenadas de cor), cromaticidade (croma) e ângulo de tonalidade (hº).

Tabela 7. Parâmetros colorimétricos da algaroba in natura e do produto farináceo

Amostras	Cor			Croma	hº
	L	a	b		
In Natura	$76,33 \pm 0,35^{a}$	$6,70 \pm 0,17^{b}$	$18,63 \pm 0,38^{c}$	$19,81 \pm 0,40^{c}$	$29,00 \pm 0,00^{c}$
Produto Farináceo	$65,33 \pm 0,32^{b}$	$1,93 \pm 0,55^{c}$	$33,03 \pm 0,47^{b}$	$32,99 \pm 0,35^{b}$	$41,03 \pm 0,76^{a}$

Resultados expressos com média ± desvio padrão (triplicata). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Em que, L: luminosidade; a e b: coordenadas de transição das cores; hº: ângulo de tonalidade.
Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível analisar, a partir dos dados expressos na Tabela 7, que a algaroba in natura possui o valor mais alto de luminosidade (76,33), o que sugere que a fruta original tem uma aparência mais clara ou brilhante. Após o processamento há uma redução na luminosidade, com o produto farináceo apresentando 65,33, o que reside em uma cor mais escura. Isto pode ser devido à caramelização ou mudanças nos compostos fenólicos durante o processo de secagem.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Observando a coordenada de cor vermelha-verde (a), nota-se que a algaroba in natura tem um valor menor (6,70), indicando uma tendência para a cor verde ou menos intensidade de vermelho. Quanto à coordenada de cor amarelo-azul (b), a algaroba in natura tem o valor mais baixo (18,63), o que pode indicar uma tonalidade menos amarela ou mais para o azul, enquanto o produto farináceo tem um valor consideravelmente mais alto (33,03), mostrando que se torna significativamente mais amarelada após a secagem convectiva, o que é consistente com as mudanças esperadas devido ao aquecimento e possível degradação dos pigmentos.

Também na Tabela 7, é possível analisar valores de cromaticidade, na qual mede a pureza ou intensidade da cor. O produto farináceo possui a maior cromaticidade (32,99), indicando que a cor é mais pura e intensa, provavelmente, também, devido ao processo de caramelização e alterações nos pigmentos durante o aquecimento. Dessa forma, a algaroba in natura resulta em cores mais opacas ou menos intensas, conforme apontado por Pandurangaiah *et al*. (2020). Em relação ao ângulo de tonalidade, que indica a matiz ou o tipo específico de cor percebida, o produto farináceo tem um ângulo de tonalidade maior (41,03), o que pode refletir uma cor mais para o laranja ou dourado.

A presença de letras diferentes nas mesmas colunas indica que o teste de Tukey identificou diferenças estatísticas significativas entre as amostras. Neste sentido, nota-se que o processo de secagem convectiva altera as propriedades colorimétricas da algaroba, o que é evidenciado pelos valores e pela significância estatística entre os grupos.

É importante destacar que essas alterações na cor podem ter implicações significativas para a aceitação do produto pelo consumidor, já que a aparência é um fator relevante na avaliação sensorial e da qualidade dos alimentos.

CONSIDERAÇÕES

A partir da tecnologia de secagem convectiva foi possível obter um produto farináceo rico em nutrientes e minerais. O produto farináceo destaca-se com um perfil de maior doçura, maior acidez e maior conteúdo de lipídios, apresentando também um aumento de proteínas (8,10%) em relação a *in natura* (7,27%), o que pode ser preferível dependendo do propósito culinário ou nutricional. Também é notável sua eficácia na desidratação e um perfil nutricional comparativamente bom.

No processo de caracterização, obteve-se quantidades expressivas de minerais como sódio, magnésio, fósforo, potássio, cálcio e cloro, o que pode contribuir para uma dieta mais rica em minerais.

Contudo, a algaroba é um alimento perecível, cuja possibilidade de transformação em produto farináceo, de maneira a estabelecer as potencialidades como matéria-prima, para possível utilização na formulação de produtos alimentícios, contribui para a redução das perdas e aumenta, por conseguinte, a oferta de produtos com maior vida de prateleira. Por fim, propõe-se a incorporação desta

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

farinha em produtos de panificação e a realização de testes sensoriais, visando validar a recepção do perfil de doçura e acidez junto ao consumidor final.

AGRADECIMENTOS

À FAPESQ - Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba, pelo incentivo a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE JUNIOR, N. M.; SILVA, W. P.; LIMA, D. A.; SANTOS, R. S.; MOURA, H. V.; SILVA, A. P. D. F.; AMADEU, L. T. S. Thermodynamic, bioactive, and antioxidant potential of green acerola residue as influenced by convective drying. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, p. 1-14, 2025. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-025-14057-3. Acesso em: 19 mar. 2026.

AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, Ed.12, 1990.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959. Disponível em: https://cdnsciencepub.com/doi/10.1139/o59-099. Acesso em: 20 mar. 2024

CARVALHO, L. C.; MAFALDO, I. M.; ROCKENBACH, I. I.; OLIVEIRA, K. K. G.; LIMA, L. G. A. C.; SILVA, V. L. A. M. S.; MISHINA, R. A. G. Chemical and sensory profile of craft beer produced using algaroba (*Prosopis juliflora*) as malt adjunct. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e769986041, 2020. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/ view/6041. Acesso em: 08 mar. 2024.

CHUDY, S.; BILSKA, A.; KOWALSKI, R.; TEICHERT, J. Colour of milk and milk products in CIE L*a*b* space. **Med. Weter**, v. 76, n. 2, p. 77-81, 2020. Disponível em: https://www.medycynawet.edu.pl/images/stories/pdf/pdf2020/022020/2020026327.pdf?__im-z8ixgej6=14243475967055614450. Acesso em: 05 de abr. 2026.

EMBRAPA. Algaroba - Planta invasora ou recurso florestal valioso?. 2006. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/175864/1/33359.pdf. Acesso em: 26 mar. 2024.

FAO. **Food composition table for use in Africa**. Italy, Rome, FAO, Doc. Nutr. 3: p. 218, 1970.

GALVANI, F.; SPOTO, M. H. F.; BORSATO, A. V.; MARTIN, J. G. P. Caracterização e armazenamento de farinhas de bocaiuva produzidas por processo artesanal e mecanizado. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016. Disponível em: https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/21330. Acesso em 02 abr. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica. **Município de São José do Sabugi-PB**. 2022. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sao-jose-do-sabugi/panorama. Acesso em: 17 mar. 2024.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. Digital, São Paulo, 2008.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

JARDIM, L. A. S.; MENDES, M. L. M. Physico-chemical characterization of mesquite pod flour and its use in bakery . **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. e70111133246, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i11.33246. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33246. Acesso em: 07 mar. 2024.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; E MENEZES, H. C. Avaliação mineralógica das polpas in natura de cajá (spondias lutea l.) e umbu (spondias tuberosa arruda câmara). **In: Simpósio Brasileiro Sobre Umbu, Cajá e Espécies Afins**. Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/408986. Acesso em: 10 mar. 2024.

NASCIMENTO, A. P. S.; LIMA, U. K. S.; CAVALCANTI, C. F., GUSMÃO, R. P. Cinética de secagem de vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* SW). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 115-119, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306327880_Cinetica_de_secagem_de_vagens_de_algaroba_Prosopis_juliflora_SW. Acesso em: 20 mar. 2026.

PANDURANGAIAH, S.; SADASHIVA, A. T.; SHIVASHANKAR, K. S.; SUDHAKAR RAO, D. V.; RAVISHANKAR, K. V. Carotenoid content in cherry tomatoes correlated to the color space values L*, a*, b*: A Non-destructive Method of Estimation. **Journal of Horticultural Sciences**, v. 15, n. 1, p. 27–34, 2020. Disponível em: https://ischolar.sscldl.in/index.php/Horticultural/article/view/203826. Acesso em: 14 mar. 2024.

PERRY, J.H. **Chemical engineer's handbook**. 6. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1984. 1078p.

SANTOS, P. R.; ALEXANDRE, F. S.; GUEDES, M. J. L.; LUCENA, F. G.; CAVALCANTI, M. L. C.; SANTOS, M. O. Uso da algarobeira (*Prosopis juliflora*) (Sw.) DC) no semiárido: o caso da ribeira do riacho do navio. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 4, 2020. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/pt_BR/article/view/2295. Acesso em: 14 mar. 2024.

SANTOS, J. P. S., DIODATO, M. A.; GRIGIO, A.M.; FILHO, A. C. P. Distribuição e análise dos processos de dispersão de árvores do gênero *Prosopis* nas áreas de proteção permanente da área urbana do município de Mossoró /RN. **GEOTemas**, Pau dos Ferros, Brasil. v. 9, n. 1, p. 161-181, jan./abr. 2019. Disponível em: https://periodicos.apps.uern.br/index.php/GEOTemas/article/view/916/830. Acesso em: 30 mar. 2026.

SILVA, S. **Algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C) no Nordeste do Brasil**. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Produção Agropecuária, Secretaria da Produção Animal, Brasília, 1989.

SILVA, L. A.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M.; ALMEIDA, R. D.; CAVALCANTI, R. F. R. M. Cinética da secagem de grãos de algaroba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, p.535-542, 2012. Disponível em: http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v14nespecialp535-542. Acesso em: 20 mar. 2026.

SILVA, C. G. M.; MELO FILHO, A. B.; PIRES, E. F.; STAMFORD, T. L. M. **Food Sci. Technol**, v. 27, n. 4, 2007.

TEDESCO, J. M.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. UFRGS, Porto Alegre-RS, 1995.

WATT, B. K.; MERRILL, A. L. Composition of foods. **Journal asiatique des sciences et de la technologie**; v. 4, p. 36-47, 1963.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

WANG, C.Y.; SINGH, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. **ASAE Paper**, p. 78-6505, 1978. Disponível em: https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198399826. Acesso em 20 mar. 2026.

ZONGO, O.; NIKIÉMA, N. W.; KABORÉ, S.; HAMA, C.; SAWADOGO, A.; ZOUNGRANA, B. A.; NIKIÉMA, F., TRAORÉ, Y.; SAVADOGO, A. Evaluation of nutritional composition of borassus aethiopum mart. hypocotyl (koboula) consumed in burkina faso. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 7, n. 6, p. 215-222, 2019. Disponível em: https://pubs.sciepub.com/ajfst/7/6/8/index.html. Acesso em 20. mar. 2026.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.