

# AVALIAÇÃO DO PÓ DA POLPA DE ACEROLA OBTIDO POR SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA

Evaluation of *acerola* pulp powder obtained using foam mat drying

Maisa Dias Cavalcante<sup>1\*</sup>; Maria Aparecida Mauro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

\*E-mail: maisa.dias@unesp.br

Data do recebimento: 08/06/2022 - Data do aceite: 28/07/2022

**RESUMO:** Devido à alta perecibilidade da acerola, procedimentos que visem à sua conservação e à preservação de seus nutrientes contribuem para o melhor aproveitamento dessa fruta, como a técnica conhecida como secagem em leito de espuma, que é simples e adequada a produtos líquidos e pastosos. O método consiste na mistura da polpa a agentes formadores de espuma e, em seguida, na desidratação da espuma em bandejas dispostas em secadores convencionais, o que possibilita desidratar a polpa em tempos relativamente curtos de secagem. Visando ao crescimento do público vegano, para o qual a aplicação de adjuvantes de origem vegetal é essencial, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar os efeitos da formulação da espuma sobre o processo de secagem em leito de espuma de polpa de acerola, utilizando aditivos de origem vegetal, como isolado de proteína de soja (SPI), monoglicérides destilados e ésteres de mono e diglicérides de ácidos graxos com ácido láctico, ambos derivados de óleos vegetais e utilizados em quantidades permitidas pela legislação vigente. Os coeficientes de difusividade ficaram entre  $1,33 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $2,79 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$  em um tempo de 105 a 135 minutos e, em alguns tratamentos, houve a formação de grumos no pó. Dentre os aditivos testados, o melhor aditivo foi o SPI, que, ao ser aplicado na concentração de 1% sobre a polpa de acerola, proporcionou um pó solto e com características favoráveis.

**Palavras-chave:** Veganos. Aditivos. Isolado de proteína de soja. Monoglicérides.

**ABSTRACT:** Due to the high perishability of *acerola*, procedures that aim its conservation and the preservation of its nutrients contribute to the best

use of this fruit, such as the technique known as foam mat drying, which is simple and suitable for liquid and pasty products. The method consists of mixing the pulp with foaming agents and then dewatering the foam in trays arranged in conventional dryers, which makes it possible to dehydrate the pulp in relatively short drying times. Aiming at the growth of the vegan public, for which the application of adjuvants of plant origin is essential, the objective of the present work is to evaluate the effects of the foam formulation on the drying process in a foam mat of *acerola* pulp, using additives of vegetable source, such as soy protein isolate (SPI), distilled monoglycerides and mono and diglycerides fatty acid esters with lactic acid, both derived from vegetable oils and used in quantities permitted by the current legislation. The diffusivity coefficients ranged from  $1.33 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s to  $2.79 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s in a time of 105 to 135 minutes, and some treatments had the formation of lumps in the powder. Among the additives tested, the best one was SPI, which, when applied at a concentration of 1% in the *acerola* pulp, provided loosen powder with favorable characteristics.

**Keywords:** Vegan. Additives. Soy protein isolate. Monoglycerides.

## Introdução

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) é uma fruta tropical que se destaca por ser excelente fonte de vitamina C, além de possuir teores consideráveis de compostos que lhe conferem propriedades nutracêuticas e funcionais (JAESCHKE; MARCZAK; MERCALI, 2016).

Os frutos, após a colheita, são bastante perecíveis devido à sua alta atividade de água, além de serem propícios a sofrer danos mecânicos, microbianos e por condições ambientais. Assim, é desejável a aplicação de métodos que melhorem sua durabilidade e minimizem possíveis alterações físicas, químicas e microbiológicas (ZHANG et al., 2017). Dentre os diversos tipos de processamento, a secagem é um procedimento amplamente utilizado pelas indústrias, porém sua escolha requer cuidado para evitar gastos desnecessários de energia e danos físicos e químicos ao produto, especialmente relacionados à perda de nutrientes (FEMENIA et al., 2009; TODISCO et al., 2018).

Dentre os diversos métodos de desidratação, destaca-se a técnica conhecida como secagem em leito de espuma, cujo intuito é transformar alimentos líquidos ou semilíquidos, tais como sucos, polpas e purês de frutas e hortaliças, em desidratados na forma de pó. Primeiramente, esses alimentos são transformados em espumas estáveis por meio de seu batimento na presença de um agente espumante e/ou estabilizador, para incorporar uma ampla quantidade de ar; em seguida, as espumas formadas são espalhadas, em camadas finas, em bandejas ou esteiras, e desidratadas com ar aquecido até o nível de umidade necessário, para, a seguir, serem convertidas em pó, por moagem (HARDY; JIDEANI, 2017; KADAM et al., 2010; MOUNIR, 2017; RATTI; KUDRA, 2006).

Recentemente, a secagem em leito de espuma tem recebido grande atenção por ser uma técnica de secagem eficaz e adequada a certos alimentos, pois, em comparação a outros métodos, como liofilização e secagem por atomização, é simples e econômica, uma vez que requer menor investimento, consome

menos energia e apresenta menores custos operacionais (ABDEL-SALAM et al., 2021).

Considerando a ascensão das dietas vegetarianas e veganas nos últimos tempos, como um novo estilo de vida, esse fato vem fomentando o desenvolvimento de formulações de alimentos com a aplicação de aditivos que atendam a essas classes de consumidores (GLUSAC et al., 2018).

As proteínas geralmente atuam como bons agentes tensoativos, pois proporcionam estabilidade ao sistema espumante por meio de sua hidrofobicidade e possíveis rearranjos conformacionais que modificam as forças nas interfaces entre as bolhas, com a formação de filmes viscoelásticos que são resistentes à tensão, melhorando a reologia interfacial (HARDY; JIDEANI, 2017). A proteína de soja é a maior fonte de proteína vegetal disponível comercialmente, tem elevado valor nutricional, baixo custo e é altamente funcional devido às características de superfície ativa de suas proteínas constitutivas, proporcionando propriedades de emulsificação e gelificação (ACHOURI et al., 2012; SORGENTINI et al., 1995; ZANG et al., 2019).

Os monoglicerídeos de ácidos graxos (ou tipo de éster graxo), surfactantes não iônicos, podem ser produzidos a partir de matérias primas de origem vegetal, os quais têm ampla aplicação na indústria de alimentos, para melhorar a incorporação de ar e a estabilidade em cremes, recheios, mousses e coberturas (ALLEN et al., 2008; GAONKAR; MCPHERSON, 2016)

O objetivo do presente trabalho consistiu em verificar a melhor condição de aplicação dos agentes espumantes de origem vegetal, isolado proteico de soja, éster de ácido láctico de monoglicerídeos e monoglicerídeos destilados, para obtenção de pós da polpa de acerola por secagem em leito de espuma, por meio da avaliação da cinética de secagem e da aparência do produto.

## Material e Métodos

Polpas congeladas de acerola (De Marchi Indústria e Comércio de Frutas Ltda Jundiá, Brasil) foram adquiridas no comércio local de São José do Rio Preto-São Paulo/SP. Os agentes espumantes monoglicerídeo destilado, baseado em óleo de soja comestível<sup>1</sup> (Dimodan<sup>®</sup> HS-1, DuPont<sup>™</sup>) e éster de mono e diglicerídeos de ácidos graxos com ácido láctico, derivado de óleo de palma comestível produzido de forma sustentável (Grinsted<sup>®</sup> Lactem P 22 MB, DuPont<sup>™</sup>), foram doados pela DuPont – Danisco Brasil Ltda. O isolado de proteína de soja (SPI) foi adquirido da Ecil Ingredientes (Empreendimento Comercial Industrial Ecil Ltda, São Paulo, Brasil).

Para a adição de SPI à polpa, preparou-se uma solução padrão aquosa com 10% de SPI (m/m), que foi aquecida a 70 °C, sob agitação magnética (200 rpm), por 20 min. Os agentes tensoativos foram preparados como soluções padrão aquosas com 7% (m/m) de Dimodan<sup>®</sup> ou 15% (m/m) de Lactem, mediante aquecimento sob agitação magnética (200 rpm) a 80 °C por 10 min. Para cada tratamento, quantidades específicas de solução padrão foram utilizadas. As quantidades, na espuma final, correspondem a 1% de SPI, 0,75% de Dimodan<sup>®</sup> e 0,35% de Lactem na espuma final. Após a secagem, esses valores correspondem a 11% de SPI, 4,1% de Dimodan<sup>®</sup> e 8,8% de Lactem, em base seca. Os mono e diglicerídeos de ácidos graxos (INS 471) e ésteres de mono e diglicerídeos de ácidos graxos com ácido láctico (INS 472b) somam 12,8g/100g de pó, em base seca.

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em geral, não estabelece limites para a utilização do isolado da proteína de soja e para os aditivos INS 471

e INS 472b, ou seja, esses aditivos podem ser aplicados em quantidades suficientes para obter o efeito tecnológico desejado, desde que não alterem a identidade e a genuinidade do alimento. Entretanto, há restrições do INS 471 para suplementos alimentares, o qual foi tomado como referência para avaliar as formulações do presente estudo.

Considerando a reconstituição do pó como sendo de 20 gramas por litro, essas quantidades estão de acordo com a legislação vigente RDC N° 45, DE 03 DE NOVEMBRO DE 2010 (BRASIL, 2010), que limita os mono e diglicerídios de ácidos graxos em suplementos alimentares a um máximo de 3,0 g/100g de produto. Para o caso de alimentação infantil, essa restrição passa a ser de 0,4 g/100ml de produto conforme a RDC N° 239, DE 26 DE JULHO DE 2018 (BRASIL, 2018).

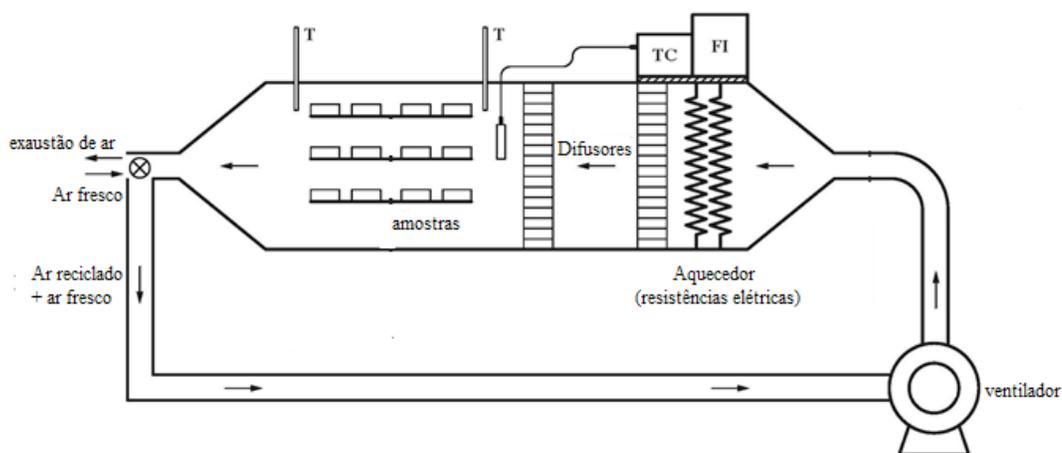
As misturas foram agitadas durante vinte minutos em uma batedeira doméstica (Mondial Premium Bella Massa Inox B-29 NP) para a formação da espuma. As espumas foram secas a 70°C em secador de leito fixo

(Figura 1), equipado com ventilador centrífugo (CV3600, Ibram, São Paulo, SP, Brasil) com um motor 2 CV, uma câmara de secagem com área da seção transversal de  $9,61 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ , e velocidade do ar ajustada por um inversor de frequência (ML-7.0 / 200-240, WEG, Jaguará do Sul, SC, Brasil) conectado ao motor do ventilador (MOLINA FILHO et al., 2016), de aproximadamente 1,4 m/s.

Para cada tratamento, as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio, as quais foram pesadas e identificadas e, em cada uma, foram despejados aproximadamente 100g da espuma formada. A cinética de secagem foi determinada através de pesagens sucessivas das bandejas e da umidade das amostras, feitas antes e após cada ensaio de secagem.

Para avaliar a difusão da água durante a secagem, foi utilizada a solução analítica integrada da equação de Fick para forma geométrica de placa plana infinita, com aproximação de pelo menos oito termos da série (Eq. 1), a qual foi ajustada aos dados experimentais de secagem da polpa de acerola em leito de espuma.

**Figura 1.** Diagrama esquemático do secador. FI: inversor de frequência; TC: controlador de temperatura; S: sensor PT 100; T: termômetro; V: Válvula



Fonte: Molina filho et al., (2016).

$$RX = \frac{\bar{X} - X_\infty}{X - X_\infty} = \frac{8}{2} \sum \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[ \frac{-(2n+1)^2 \cdot L^2 \cdot D_{ef} \cdot t}{4 \cdot L^2} \right] \quad (1)$$

sendo que  $D_{ef}$  é a difusividade efetiva da água ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ),  $RX$  é o adimensional de concentração de água,  $\bar{X}$  representa o conteúdo de água médio, em base seca ( $kg \text{ água} \cdot kg^{-1}$  matéria seca), em um tempo,  $t$  (s),  $X_\infty$  e  $X_0$  representam o conteúdo de água, em base seca ( $kg \text{ água} \cdot kg^{-1}$  matéria seca) no equilíbrio e no instante inicial, respectivamente,  $L$  é a espessura inicial da placa que é exposta ao ar de secagem em apenas uma das faces e  $n$  é o número de termos da série.

A determinação do coeficiente de difusão baseou-se no ajuste da equação (1), utilizando o software Prescribed (SILVA; SILVA 2008) e a eficiência do ajuste baseou-se no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e qui-quadrado ( $\chi^2$ ).

A atividade de água das amostras foi determinada utilizando-se um analisador de atividade de água (AquaLab, 4TEV, EUA).

## Resultados e Discussão

A Tabela I apresenta os valores da difusividade efetiva da água, obtidos na secagem

em leito de espuma da polpa de acerola com os diferentes tratamentos, e da atividade de água da espuma, antes da secagem, e do pó, após a secagem.

As difusividades efetivas de umidade ( $D_{ef}$ ) que descrevem as propriedades de transferência de água do material estão dentro da faixa de  $10^{-12}$  –  $10^{-8} m^2s^{-1}$ , conforme referida para a maioria dos materiais alimentícios (ZOGZAS et al.,1996).

Os valores médios de difusividade para a polpa de acerola foram da ordem de  $10^{-9} m^2/s$ . Segundo Aguilera e Stanley (1999, apud PRAKOTMAK et al., 2010), as ordens de magnitude dos coeficientes de difusão dependem do estado da substância, sendo que, para gases é de aproximadamente  $10^{-5} m^2/s$ , enquanto para líquidos é de aproximadamente  $10^{-9} m^2/s$ . Com isso, pode-se afirmar que o transporte de umidade através do leito de espuma de acerola é semelhante à difusão em líquidos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Prakotmak et al. (2010), ao analisar a difusividade da água em espuma de banana submetida à secagem em leito de espuma, cujos valores se estenderam na faixa de

**Tabela I.** Coeficientes de difusão da água ( $D_{ef}$ ) determinados para secagens com respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), qui-quadrado ( $\chi^2$ ), tempo de secagem (min) e atividade de água (aw)

Tratamento	$D_{ef} \times 10^9$ ( $m^2/s$ )	$\chi^2$	$R^2$	tempo (min)	$a_w$ espuma	$a_w$ pó
0,35% D + 0,75% L (*)	2,69	6,52	0,97	105	0,99	0,32
0,35% D + 0,75% L e 1% S (*)	2,79	6,18	0,96	105	0,97	0,38
1% S (*)	1,33	25,25	0,96	135	0,99	0,32

(\*) As porcentagens indicam g de aditivo/100g de espuma. Sendo L=Lactem; D=Dimodan; S= Isolado da proteína de soja.

$1,74 \times 10^{-9}$  e  $5,05 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s, nas temperaturas de 35-45°C. Doymaz e Akgün (2009), que secaram espuma de polpa de uva, encontraram difusividades variando entre  $2,01 \times 10^{-9}$  e  $3,32 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s nas temperaturas de 70-110°C.

Os tratamentos com Lactem e Dimodam apresentaram as maiores difusividades e os menores tempos de secagem, inferiores a duas horas, quando comparados ao tratamento com adição apenas de proteína (SPI), que consumiu duas horas e 15 minutos. Segundo Watharkar et al. (2021), o aumento da difusividade efetiva de água pode ser devido ao aumento do espaço dos poros com mais área de superfície, facilitando a remoção de umidade e, conseqüentemente, reduzindo o tempo de secagem.

Espumas tendem a apresentar valores altos de difusividade, uma vez que a estrutura porosa aumenta a área interfacial de líquido-gás, facilitando a vaporização da água e levando a altas taxas de secagem (LOBO et al., 2017).

Os curtos períodos de secagem (Tabela I) estão associados à alta evaporação da água da espuma durante o processo. Conforme Karim e Wai (1999), devido à estrutura da

espuma, o líquido pode se movimentar mais facilmente em razão da ação capilar ao longo dos interstícios, auxiliando na secagem mais rápida. Chaux-Gutiérrez et al. (2017) complementam tal constatação afirmando que a estrutura porosa aumenta a área de superfície de contato entre o material e o ar de secagem, o que resulta em maior transferência de calor e massa e proporciona essa diminuição na duração da secagem.

Os resultados deste estudo com polpa de acerola, quando comparados aos de Tavares et al. (2017), que analisaram suco de jambolão por meio da secagem em leito de espuma na mesma temperatura de 70°C, mostram que o tempo de secagem é bem superior para o suco de jambolão, tendo os autores obtido um tempo de 320 minutos. Fatores como a composição do suco de jambolão e os diferentes agentes espumantes utilizados influenciaram o tempo de secagem, uma vez que a interação dos componentes com a água é fator relevante para esse processo.

Porém, acredita-se que a diferença mais significativa relacionada ao tempo de secagem se deve à espessura aplicada pelos autores, que foi de 5 mm, enquanto a do presente trabalho foi de 3 mm. Segundo

**Figura 2.** Pós da polpa de acerola obtidos com diferentes tipos de agentes espumantes



L=Lactem; D=Dimodan; S=Isolado de proteína de soja

Abd El-Salam et al. (2021), a diminuição da espessura melhorou o processo de secagem de polpa de papaia em leite de espuma, o que se deve à redução do comprimento característico de difusão.

As amostras desidratadas apresentaram valores de atividade de água favoráveis para a estabilidade química, bioquímica e microbiológica do pó da acerola, pois na faixa de 0,32-0,38, a baixa atividade de água reduz as taxas de reação de degradação, como oxidação de gorduras e escurecimento, e inibe o crescimento microbiano (SINGH; HELDMAN, 2001).

Na Figura 2, verifica-se a aparência dos pós da polpa de acerola obtidos com os diversos agentes espumantes, nos quais ocorreu a formação de aglomerados durante a moagem das placas de espuma desidratada, elaboradas com Lactem e Dimodan.

Verifica-se que o melhor tratamento para obtenção de um pó solto foi com apenas 1% SPI, que apresentou poucos grumos. Por outro lado, os tratamentos com Lactem e Dimodan apresentaram boas taxas de secagem e elevados coeficientes de difusão, mas provocaram aglomeração do pó, o que pode ser atribuído ao grau de afinidade desses agentes tensoativos com a água, devido ao seu equilíbrio lipofílico-hidrofílico.

Segundo Barbosa-Cánovas et al. (2005), o desenvolvimento de aglomeração pode variar entre os pós, devido à composição do material, ao tamanho e à forma das partículas, ao teor de água, à pressão e às variações de temperatura e umidade. Esses fatores, de maneira geral, dominam o comportamento dos pós, podendo transformá-los em um material pegajoso e indesejável pela perda de funcionalidade e qualidade inferior.

Estudos sobre as propriedades de sorção de água desses pós estão sendo conduzidos com o propósito de explicar esse comportamento. A retenção da vitamina C durante a preparação da espuma e a secagem também está sendo determinada, com o intuito de avaliar o efeito dos aditivos sobre a proteção de compostos bioativos.

## Conclusão

No processo de secagem de espuma da polpa de acerola, foram obtidos altos coeficientes efetivos de difusão de água ( $D_{ef}$ ), os quais permitiram atingir, em tempos curtos de processo, valores de atividade de água baixos, suficientes para prevenir deterioração microbiana e reduzir as taxas de reações de degradação dos alimentos.

Este trabalho analisou a influência de diferentes agentes espumantes de origem vegetal sobre a elaboração de pós de polpa de acerola e permitiu verificar que, dentre os tratamentos testados para secagem de polpa de acerola em leite de espuma, o melhor foi aquele com adição de 1% de SPI, pois, apesar de consumir um tempo de secagem 29% maior, proporcionou o pó mais adequado em relação à moagem, além de conter apenas polpa de acerola e proteína isolada de soja.

Por outro lado, a aplicação de aditivos como Lactem e Dimodan, nas concentrações utilizadas neste estudo, na polpa de acerola, levaram à aglomeração dos pós, o que prejudica a qualidade do produto desidratado. Para melhor compreensão desse tipo de comportamento, pesquisas mais aprofundadas sobre propriedades de sorção da polpa de acerola em pó com os aditivos estão sendo conduzidas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES), pela bolsa de estudos, à FAPESP (2020/05254-4), pelo suporte financeiro, e à DuPont – Danisco Brasil Ltda, pela doação dos ingredientes.

## REFERÊNCIAS

- ABD EL-SALAM, E.; ALI, A. M.; HAMMAD, K. S. Foaming process optimization, drying kinetics and quality of foam mat dried papaya pulp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 4, p.1449-1461, 2021.
- ACHOURI, A.; ZAMANI, Y.; BOYE, J. I. Stability and physical properties of emulsions prepared with and without soy proteins. **Journal of Food Research**, v. 1, n. 1, p. 254, 2012.
- ALLEN, K.E.; MURRAY, B.S.; DICKINSON, E. Whipped cream-like textured systems based on acidified caseinate-stabilized oil-in-water emulsions. **International Dairy Journal**, v. 18, n. 10-11, p. 1011-1021, 2008.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G.V; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. **FOOD POWDERS: Physical Properties, Processing, and Functionality**, Springer, New York, 2005.
- BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) - RDC Nº 45, DE 03 DE NOVEMBRO DE 2010**. Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF). Disponível em: [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC\\_45\\_2010\\_COMP.pdf/19fb76e1-e1f8-48dd-a917-223c758af430](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_45_2010_COMP.pdf/19fb76e1-e1f8-48dd-a917-223c758af430).
- BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) - RDC Nº 239, DE 26 DE JULHO DE 2018**. Estabelece os aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em suplementos alimentares. Disponível em: < [http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898839/%286%29RDC\\_239\\_2018\\_COMP.pdf/ddd530e-377d-40b3-ae9c-f119a972f664](http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898839/%286%29RDC_239_2018_COMP.pdf/ddd530e-377d-40b3-ae9c-f119a972f664).
- CHAUX-GUTIÉRREZ, A. M.; SANTOS, A. B.; GRANDA-RESTREPO, D. M.; MAURO, M. A. Foam mat drying of mango: Effect of processing parameters on the drying kinetic and product quality. **Drying Technology**, v. 35, n. 5, p. 631-641, 2017.
- DOYMAZ, İ.; AKGÜN, N. A. Study of thin-layer drying of grape wastes. **Chemical Engineering Communications**, v. 196, n. 7, p. 890-900, 2009.
- FEMENIA, A.; SERRANO, G.S.; SIMAL, S.; GARAU, M.C.; EIM, V.S.; ROSSELLÓ, C. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 1, p. 106-112, 2009.
- GAONKAR, AG & MCPHERSON, A. **Ingredient interactions: effects on food quality**. CRC press, 2016.
- GLUSAC, J.; DAVIDESKO-VARDI, I.; ISASCHAR-OVDAT, S.; KUKAVICA, B.; FISHMAN, A. Gel-like emulsions stabilized by tyrosinase-crosslinked potato and zein proteins. **Food Hydrocolloids**, v. 82, p. 53-63, 2018.
- HARDY, Z.; JIDEANI, V. A Foam-mat drying technology: A review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 12, p. 2560-2572, 2017.

- KADAM, D. M.; PATIL, R. T.; KAUSHIK, P. Foam mat drying of fruit and vegetable products. **Drying of foods, vegetables and fruits**, v. 1, p. 113-124, 2010.
- KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.
- JAESCHKE, D. P.; MARCZAK, L. D. F.; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. **Food Chemistry**, v. 199, p. 128-134, 2016.
- LOBO, F. A.; NASCIMENTO, M. A.; DOMINGUES, J. R.; FALCÃO, D. Q.; HERNANZ, D.; HEREDIA, F. J.; DE LIMA ARAUJO, K. G. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 221, p. 258-266, 2017.
- MOLINA FILHO, L.; FRASCARELI, E. C.; MAURO, M. A. Effect of an edible pectin coating and blanching pretreatments on the air-drying kinetics of pumpkin (*Cucurbita moschata*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 5, p. 859-871, 2016.
- MOUNIR, S. Foam mat drying. **Drying Technologies for Foods-Fundamentals and Applications**, p. 169-191, 2017.
- PRAKOTMAK, P.; SOPONRONNARIT, S.; PRACHAYAWARAKORN, S. Modelling of moisture diffusion in pores of banana foam mat using a 2-D stochastic pore network: Determination of moisture diffusion coefficient during adsorption process. *Journal of Food Engineering*, v. 96, n. 1, p. 119-126, 2010.
- RATTI, C.; KUDRA, T. Drying of foamed biological materials: opportunities and challenges. **Drying Technology**, v. 24, n. 9, p. 1101-1108, 2006.
- SILVA W.P.; SILVA C.M.D.P.S Prescribed adsorption-desorption, Version 2.2, online. (2008) <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Prescribed.htm>.
- SINGH, R.P.; HELDMAN, D.R. **Introduction to Food Engineering**. Gulf Professional Publishing, 2001.
- SORGENTINI, D. A.; WAGNER, J. R.; ANÓN, M. C. Effects of thermal treatment of soy protein isolate on the characteristics and structure-function relationship of soluble and insoluble fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 9, p. 2471-2479, 1995.
- TAVARES, I. M. C.; NOGUEIRA, T.Y K.; MAURO, M. A.; GÓMEZ-ALONSO, S.; GOMES, E.; DA-SILVA, R.; HERMOŚÍN-GUTIÉRREZ, I.; LAGO-VANZELA, E. S. Dehydration of jambolan [*Syzygium cumini* (L.)] juice during foam mat drying: Quantitative and qualitative changes of the phenolic compounds. **Food Research International**, v. 102, p. 32-42, 2017.
- TODISCO, K. M., JANZANTTI, N. S., SANTOS, A. B., GALLI, F. S., & MAURO, M.A. Effects of temperature and pectin edible coatings with guava by-products on the drying kinetics and quality of dried red guava. **Journal of food science and technology**, v. 55, n. 12, p. 4735-4746, 2018.
- WATHARKAR, R. B.; CHAKRABORTY, S.; SRIVASTAV, P. P.; SRIVASTAVA, B. Foaming and foam mat drying characteristics of ripe banana [*Musa balbisiana* (BB)] pulp. **Journal of Food Process Engineering**, v. 44, n. 8, p. e13726, 2021.
- ZANG, X.; YUE, C.; LIU, M.; ZHENG, H.; XIA, X.; YU, G. Improvement of freeze-thaw stability of oil-in-water emulsions prepared with modified soy protein isolates. **LWT**, v. 102, p. 122-130, 2019.
- ZHANG, M.; CHEN, H.; MUJUMDAR, A. S.; TANG, J.; MIAO, S.; WANG, Y. Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits, and aquatic products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 6, p. 1239-1255, 2017.

ZOGZAS, N. P.; MAROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, v. 14, n. 10, p. 2225-2253, 1996.