

Caracterização da espuma de jamelão (*Syzygium cumini*) utilizando diferentes concentrações de aditivo e tempos de batimento

Ellem Cristina Silva de Sousa¹; Samuel Cola Pizetta²; Ana Paula Miguel Landim³.

Resumo

A técnica de secagem por espumas depende da qualidade da espuma, que é influenciada pela concentração de agentes espumantes e pelo tempo de batimento. Este estudo avaliou o impacto de duas concentrações de albumina (1,0% e 8,0%) e de diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos) nas características físicas e físico-químicas de espumas de jambolão. Foram analisados parâmetros físicos como densidade, porosidade, expansão volumétrica e estabilidade, além de parâmetros físico-químicos como umidade, pH e acidez. As espumas com 8,0% de albumina apresentaram maior expansão volumétrica (56,57% aos 25 minutos) e porosidade (0,361% aos 25 minutos) em comparação com as espumas com 1,0% de albumina. A densidade foi inversamente proporcional à porosidade e à expansão volumétrica, sendo menor na formulação com 8,0% de albumina (0,610 g/cm³ aos 25 minutos). Ambas as formulações demonstraram boa estabilidade (acima de 90%). Em termos físico-químicos, a umidade variou de 78,97% a 84,53%, o pH aumentou com o tempo de batimento e a concentração de albumina (de 4,8 a 5,9), enquanto a acidez variou entre 0,40% e 0,48%. Conclui-se que a concentração de albumina e o tempo de batimento influenciam significativamente as propriedades das espumas, sendo que a formulação com 8,0% de albumina e 25 minutos de batimento apresentou os melhores resultados em termos de expansão, porosidade e densidade, sendo mais adequada para a produção de espumas leves e estáveis.

Palavras-chave: Secagem por espuma. Albumina. Propriedades físicas

Financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA

¹Acadêmica do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA - Campus Zé Doca; E-mail: ecss1505@gmail.com

²Professor Dr. do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA Campus Zé Doca; E-mail: samuel.pizetta@ifma.edu.br

³Professora Dra. do Curso de Tecnologia em Alimentos do IFMA - Campus Zé Doca; E-mail: anapaulamiguellandim@gmail.com

Introdução

O jamelão (*Syzygium cumini*), também conhecido popularmente com jambolão, azeitona preta, jambú, jalão, ameixa roxa, entre outros nomes é uma espécie da família Mirtaceae (Barcia, 2009). É uma fruta originária do Continente Asiático, mais especificamente da Ásia tropical, sua árvore é de grande porte e se adaptou muito bem às condições climáticas e de solo brasileiro.

É caracterizado por ser um fruto pequeno, de forma ovoide e com coloração da casca que varia de acordo com seu estágio de maturação, apresentando-se verde, quando está em estágio de crescimento, indo até ao roxo azulado, quando está no estágio ótimo de maturação. (Pereira; Vizzotto, 2008). Diversos estudos têm demonstrado o potencial funcional do jamelão, devido a sua rica composição de nutrientes como vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos e antocianinas, que fornecem biológicas interessantes, como atividade antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana (Nascimento-Silva *et al.*, 2022; Kumar *et al.*, 2022; Madani *et al.*, 2021).

No entanto, devido a sua perecibilidade após a colheita, o consumo e a comercialização da fruta *in natura* são muito difíceis, tornando-se interessante o desenvolvimento de técnicas de visem aumentar a conservação do produto, como, por exemplo, a secagem (Madani *et al.*, 2021).

Diferentes métodos de desidratação vêm sendo aplicados na obtenção de frutas secas, porém a secagem em leito de espuma tem se destacado como uma alternativa promissora devido às suas vantagens por ser uma técnica simples e que tem mostrado bons resultados na secagem de alimentos líquidos, com alta eficiência e preservação das características sensoriais e nutricionais dos alimentos (Lv *et al.*, 2019; Qadri *et al.*, 2020).

A secagem em leito de espuma é considerada uma tecnologia de secagem mais branda, onde a retirada de água é realizada por meio de ar quente, de uma espuma obtida pela batida de um alimento líquido ou semilíquido adicionado de um agente espumante (Reis, *et al.*, 2021; Cardoso *et al.*, 2022). Nesse contexto, a transformação do produto em espuma é uma etapa fundamental do processo. A espuma consiste em uma fase gasosa dispersa em uma fase líquida contínua, formada pela incorporação de ar ou outro gás em um líquido, resultando em uma matriz porosa com bolhas de ar retidas (Fellows, 2006).

A qualidade da espuma é influenciada por diversos fatores, incluindo a concentração e o tipo de emulsificantes e estabilizantes utilizados, o tempo e a intensidade de batimento, e a presença de outros ingredientes na formulação, fazendo que seja

necessário um estudo mais aprofundado considerando a matriz do alimento, o estabilizante e o emulsificante que serão empregados no processo.

Mediante o descrito, esse estudo teve como objetivo elaborar uma espuma de jamelão utilizando diferentes concentrações de aditivo e tempos de batimentos, de maneira que seja determinada a melhor condição experimental para a produção de espuma para secagem camada de espuma.

Metodologia

O estudo foi realizado no Laboratório de Processamento de Alimentos do Instituto Federal Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus Zé Doca. Os frutos foram colhidos maduros de forma manual, durante o período de safra, na cidade de Araguaã - MA e levados para o laboratório. Para o preparo da polpa integral, primeiramente os frutos foram selecionados e em seguida lavados com água corrente e sanitizados por 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm. Após a higienização os frutos foram despulpados em despulpadeira, e a polpa armazenada sob congelamento até o momento de preparação das espumas.

Para a produção da espuma a partir da polpa de jamelão, foi utilizado diferentes combinações do emulsificante e estabilizante. Para isso, a espuma foi formulada utilizando duas concentrações de albumina (F1 1% e F2 8%) combinado com um percentual fixo de 1,5% do estabilizante Super Liga Neutra em relação à quantidade de polpa utilizada. As espumas (polpa + albumina + Super Liga Neutra) foram laboradas em temperatura ambiente de ± 25 °C, nas diferentes formulações (F1 e F2), sob a agitação mecânica em bateadeira doméstica planetária da marca Arno® (600W). Com intuito de otimizar o processo, foi retirada uma amostra a cada 5 minutos de bateção, totalizando 30 minutos para caracterização física de cada espuma formulada, com intuito de selecionar a melhor formulação e tempo.

Foi avaliado a densidade das diferentes formulações de espuma nos tempos de batimentos, utilizando um picnômetro de alumínio de 50 mL, com pesagem regular em balança semi-analítica, onde o valor foi calculado por meio da razão da massa e do volume.

Em seguida, a expansão volumétrica (*over-run*) e a porosidade (volume da fração de ar incorporada) foram determinadas aplicando os valores obtidos da densidade na

equação descrita por Fellows (2006) (Equação 1) e Elpídio *et al.* (2020) (Equação 2), respectivamente:

$$\text{over-run} = (P_p - P_e/P_p) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

over-run = expansão volumétrica;

P_p = densidade da polpa *in natura*;

P_e = densidade da espuma.

$$\emptyset = 1 - P_e / P_p \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

$\emptyset$ = porosidade;

P_p = densidade da polpa *in natura*;

P_e = densidade da espuma.

A estabilidade das diferentes espumas foi avaliada conforme sugerido por Baptista (2002), onde foi utilizado um sistema com provetas e funis com filtro de tela, colocando-se 10 gramas de espuma sobre o arranjo, a temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$). As análises foram realizadas no intervalo de 90 minutos, com pesagem regular a cada 5 minutos. A estabilidade será determinada Equação 3, com resultado expresso em fração do volume despendido em cada intervalo de tempo.

$$\epsilon = m_i - m_f \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

ϵ = Fração de volume drenado;

m_i = massa inicial da espuma (g);

m_f = massa final da espuma (g).

As análises físico-químicas da polpa e espuma de jamelão foram realizadas em função dos parâmetros de acidez total titulável, pH, teor de água e sólidos solúveis totais conforme metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Todas as análises foram realizadas em triplicada.

Para avaliação estatística foi realizado um delineamento inteiramente casualizado, arranjo fatorial 6 (tempo de batimento) x 2 (formulações) e 3 repetições, com os resultados expressos em média e desvio padrão. A estatística dos dados foi realizada utilizando o programa Assistat 7.7 beta, mediante análise de variância (ANOVA) de um fator, com a comparação das médias utilizando o Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os dados referentes às densidades, expansão volumétrica, porosidade e estabilidade das de espuma de jamelão com as formulações F1 (1% de Albumina + 1,5 %

de Super Liga Neutra) e F2 (8% de Albumina + 1,5 % de Super Liga Neutra) com diferentes tempos de batimento estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

A densidade é uma das propriedades físicas utilizada para avaliar a formação da espuma ao longo do processo de batimento (Gurgel, 2019). A densidade da espuma foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) tanto pela formulação quanto pelo tempo de batimento. A formulação F1 apresentou uma densidade inicial de $0,895 \text{ g/cm}^3$ após 5 minutos de batimento, diminuindo gradualmente para $0,816 \text{ g/cm}^3$ após 30 minutos. Essa redução indica que, à medida que o tempo de batimento aumenta, a espuma se torna mais aerada, com maior incorporação de ar.

Já a amostra F2, apresentou uma queda mais acentuada na densidade, passando de $0,842 \text{ g/cm}^3$ após 5 minutos de batimento para $0,624 \text{ g/cm}^3$ após 30 minutos. Isso sugere que uma maior concentração de albumina facilita uma incorporação de ar mais eficiente à medida que o tempo de batimento aumenta, resultando em espumas mais leves. O tempo de batimento também teve um impacto significativo, com tempos mais longos resultando em espumas de menor densidade, especialmente em F2.

A densidade está intimamente relacionada à incorporação de ar, de forma que, quanto maior a quantidade de ar incorporada durante o batimento, maior será a tendência de redução da densidade (Franco *et al.*, 2015). Entretanto, essa redução tem um limite, pois, com o prolongamento excessivo da agitação, as bolhas de ar começam a se romper, o que pode ocasionar um aumento da densidade (Coelho *et al.*, 2019). Esse comportamento foi observado no presente estudo, onde, após 30 minutos de batimento, houve um leve aumento da densidade, sugerindo que o tempo ideal de batimento seria em torno de 25 minutos.

Estudos estabeleceram que as espumas devem apresentar valores de densidade entre $0,2$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$, para apresentarem maior estabilidade por um maior período, sendo ideal para o longo período de repouso necessário para a secagem (Asdel 1964; Hart *et al.*, 1963). Soares (2009) ao avaliar a densidade da espuma de araçá-poi produzida utilizando diferentes concentrações de Emustab, verificaram densidades que variaram de $0,91$ a $0,59 \text{ g/cm}^3$, apresentando resultados semelhantes aos encontrados neste estudo. Gurgel, 2019 ao avaliar as espumas de bananas madura e verde utilizando diferentes concentrações de albumina, observou densidades que variaram de $0,271 \text{ g/cm}^3$ a $0,8 \text{ g/cm}^3$.

Ao analisar as Tabela 1, observa-se que a expansão volumétrica e a porosidade exibem um comportamento inversamente proporcional à densidade, uma vez que essas

propriedades são calculadas com base na densidade da espuma. Assim, à medida que a densidade diminui, ocorre um aumento na expansão volumétrica e na porosidade, reforçando a relação entre essas características.

Tabela 1 – Densidade, expansão volumétrica e porosidade da espuma de polpa de jamelão.

Tempo (min)	Formulações					
	Densidade (g/cm ³)		Expansão volumétrica (over-run) - %		Porosidade (volume da fração de ar) - %	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
5	0,895 ^{aA}	0,842 ^{bA}	6,62 ^{bD}	13,30 ^{aF}	0,062 ^{bD}	0,117 ^{aD}
10	0,870 ^{aB}	0,797 ^{bB}	9,75 ^{bCD}	19,72 ^{aE}	0,089 ^{bC}	0,165 ^{aC}
15	0,869 ^{aB}	0,720 ^{bC}	9,86 ^{bC}	32,56 ^{aD}	0,090 ^{bC}	0,246 ^{aB}
20	0,846 ^{aC}	0,702 ^{bC}	12,87 ^{bBC}	36,04 ^{aC}	0,114 ^{bB}	0,265 ^{aB}
25	0,830 ^{aCD}	0,610 ^{bD}	15,05 ^{bAB}	56,57 ^{aA}	0,131 ^{bAB}	0,361 ^{aA}
30	0,816 ^{aD}	0,624 ^{bD}	16,91 ^{bA}	53,05 ^{aB}	0,145 ^{bA}	0,347 ^{aA}
CV%	1,01		5,30		4,67	
DMS	C 0,020	L 0,013	C 3,144	L 3,144	C 0,02	L 0,01

F1 – espuma com 1,0% AB (albumina) + 1,5% LN (liga neutra); F2 – espuma com 8,0% AB + 1,5% LN. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas para linhas e maiúsculas para colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa; C.V – Coeficiente de variação. Fonte: Autora, 2024.

Os resultados do experimento mostram que a expansão volumétrica das espumas e a porosidade foram significativamente ($p < 0,05$) influenciadas tanto pela formulação quanto pelo tempo de batimento (Tabela 1). A formulação F1 (1% de albumina) apresentou expansão volumétrica que variou de 6,620% após 5 minutos de batimento para 16,911% após 30 minutos. Na formulação F 2, a expansão volumétrica começou em 13,303% após 5 minutos e atingiu seu pico em 56,572% após 25 minutos de batimento, com uma leve queda para 53,057% após 30 minutos. Isso indica que a formulação com maior concentração de albumina foi mais eficiente na incorporação de ar, resultando em uma expansão significativamente maior. Comportamento semelhante ao deste estudo foi observado por Elpidio (2020), onde a concentração de albumina e o tempo de batimento influenciaram diretamente no aumento da expansão de espumas de polpa de ameixa.

A expansão da espuma representa a quantidade de ar incorporada na formulação, sendo um fato primordial para a secagem, pois facilita a passagem de ar quente durante o

processo, diminuindo o tempo necessário para ocorrer a secagem (Rocha *et al.*, 2012). Segundo a literatura, uma espuma com características ideais para secagem deve apresentar expansão superior a 100% (Dantas *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2015).

A variável porosidade indica a quantidade de ar incorporada na estrutura da espuma, teoricamente, variando de 0 (sem ar disperso) a 1 (somente ar), o que pode ser diretamente correlacionado com a qualidade sua qualidade para o processo de secagem (Franco, *et al.*, 2015). Na formulação F1, a porosidade variou de 0,062% (5 minutos) para 0,145% (30 minutos). Por outro lado, a formulação F2 apresentou uma porosidade significativamente maior em todos os tempos avaliados, variando de 0,117% (5 minutos) até 0,361% (25 minutos). Esses resultados sugerem que a maior concentração de albumina favorece uma incorporação de ar mais eficiente e estável, no entanto, batimentos prolongados podem causar o rompimento de bolhas de ar, o que explica a pequena redução na porosidade após 30 minutos. Resultados semelhantes foram encontrados por Franco *et al.*, (2015), em que o aumento da concentração do agente espumante e maior tempo de batimento levaram a uma maior expansão e maior fração de ar incorporada na espuma.

Tabela 2 – Estabilidade da espuma de polpa de jamelão.

Tempo de batimento(min)	Formulações			
	Estabilidade (%)			
	F1	F2		
5	99,766 ^{aA}	71,177 ^{bB}		
10	99,805 ^{aA}	85,319 ^{bB}		
15	99,953 ^{Aa}	91,362 ^{abA}		
20	99,157 ^{aA}	92,351 ^{abA}		
25	99,714 ^{aA}	93,413 ^{abA}		
30	99,805 ^{aA}	92,403 ^{abA}		
CV%	8,45			
DMS	colunas	18,794	linhas	7,036

E1 – espuma com 1,0% AB (albumina) + 1,5% LN (liga neutra); E2 – espuma com 8,0% AB + 1,5% LN. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas para linhas e maiúsculas para colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa; C.V – Coeficiente de variação. Fonte: Autora, 2024.

A estabilidade é outra propriedade física que permite estimar a qualidade da espuma, pois é ideal que a espuma permaneça estável durante o processo de secagem, pois assim obtém-se maior taxa de secagem e uma remoção mais fácil da bandeja de secagem (Muthukumaran *et al.*, 2008; Franco *et al.*, 2015). Tendo como base que a

estabilidade é o inverso do volume de deslocamento da espuma, pode se afirmar que quanto maior o volume de líquido liberado da espuma, mais instável ela é.

Os resultados de estabilidade das espumas mostram diferenças significativas entre as formulações F1 e F2 ao longo dos tempos de batimento avaliados. A formulação F1 apresentou uma estabilidade em todos os tempos de batimento, com valores próximos a 99%. Por outro lado, a formulação F2 apresentou uma menor estabilidade inicial, com um valor de 71,177% após 5 minutos de batimento. No entanto, à medida que o tempo de batimento aumentou, a estabilidade também subiu, atingindo 93,413% após 25 minutos. Isso sugere que a maior concentração de albumina requer um tempo maior de batimento para formar uma estrutura de espuma estável, mas, após 25 minutos, essa estrutura se consolida de maneira eficiente.

Os resultados apresentados na Tabela 3 comparam as espumas produzidas com duas concentrações de albumina (1,0% e 8,0%) e 1,5% de LN (Super Liga Neutra), submetidas a diferentes tempos de batimento (T5, T15 e T25). Os parâmetros avaliados foram umidade, pH e acidez (% de ácido cítrico), sendo também apresentada a caracterização polpa de jamelão, que serve como referência.

Tabela 3. Características físico-químicas da polpa de jambolão

	Tempo de batimento	umidade (%)	pH	Acidez (% ácido cítrico)
Polpa de jamelão		81,24 ^{ab}	4,0 ^d	0,94 ^a
Espuma F1 (1,0% AB + 1,5% LN)	T5	84,53 ^a	4,8 ^c	0,46 ^{bc}
	T15	84,17 ^a	4,9 ^c	0,45 ^{bc}
	T25	84,34 ^a	4,9 ^c	0,46 ^{bc}
Espuma F2 (8,0% AB + 1,5% LN)	T5	82,76 ^a	5,9 ^a	0,40 ^c
	T15	78,97 ^b	5,1 ^b	0,48 ^b
	T25	82,34 ^{ab}	5,8 ^a	0,4 ^c
C.V%		1,63	0,59	4,94
DMS		3,75	0,08	0,07

AB – albumina; LN – liga neutra. T5, T15 e T25 – tempos de batimentos (5, 15 e 25 minutos, respectivamente). Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. DMS – diferença mínima significativa; C.V – Coeficiente de variação. Fonte: Autora, 2024.

Em relação ao teor de umidade, observa-se que a polpa de jamelão possui um teor de 81,24%, com as espumas variando entre 78,97% e 84,53%. As espumas com 1,0% de albumina apresentaram pouca variação no teor de água entre os tempos de batimento, mantendo-se próximas a 84%. Já as espumas com 8,0% de albumina mostraram uma leve

redução no teor de água após 15 minutos de batimento (78,97%), o que pode indicar uma maior incorporação de ar nesse tempo, e um aumento para 82,34% aos 25 minutos, sugerindo uma recuperação da capacidade de retenção de água.

Quanto ao pH, a polpa de jamelão apresentou o valor mais ácido, com pH 4,0. As espumas, no entanto, apresentaram aumento no pH conforme o tempo de batimento e a concentração de albumina. As espumas com 1,0% de albumina mostraram um pH de 4,8 no tempo T5, subindo para 4,9 nos tempos T15 e T25. As espumas com 8,0% de albumina, por sua vez, apresentaram pH mais elevado, variando de 5,9 (T5) a 5,8 (T25), demonstrando que a maior concentração de albumina reduz a acidez da espuma, possivelmente devido ao caráter alcalino da proteína. Em relação à acidez (% de ácido cítrico), a polpa de jamelão apresentou o maior valor (0,94%). As espumas com 1,0% de albumina apresentaram valores de acidez relativamente estáveis, entre 0,45% e 0,46% nos diferentes tempos de batimento. Já as espumas com 8,0% de albumina mostraram uma leve variação: no tempo T5, a acidez foi de 0,40%, aumentando para 0,48% no tempo T15, e diminuindo novamente para 0,40% no tempo T25. Esse aumento temporário da acidez na formulação com 8,0% de albumina pode estar relacionado à incorporação de ar e emulsificação durante os primeiros minutos de batimento, o que pode influenciar momentaneamente a acidez percebida.

Conclusão

A concentração de albumina e o tempo de batimento exerceram influência significativa nas propriedades físicas e físico-químicas das espumas de jamelão. A formulação com 8,0% de albumina apresentou os melhores resultados em termos de expansão volumétrica, porosidade e menor densidade, especialmente após 25 minutos de batimento, o que a torna mais adequada para a produção de espumas leves e estáveis. A estabilidade das espumas também foi satisfatória, com valores superiores a 90% para ambas as formulações. Além disso, o aumento do pH e as variações na acidez e umidade indicam que as propriedades físico-químicas são sensíveis tanto à concentração de agentes espumantes quanto ao tempo de batimento. Esses resultados sugerem que a combinação ideal de concentração de albumina e tempo de batimento pode otimizar a qualidade da espuma, proporcionando uma base sólida para processos de secagem mais eficientes, contudo é necessário um estudo mais detalhado para identificar a melhor concentração e tempo de batimento visando a otimização do processo.

Referências

- BAPTISTA, Rami Fanticelli. **Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna (*Coturnix coturnix japonica*) em função da variação de temperatura de armazenamento**. 2002. Dissertação (Pós-Graduação em Medicina Veterinária) - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.
- BARCIA, M. T. **Composição Centesimal e de Fitoquímicos em Jambolão (*Syzygium cumini*)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.
- CARDOSO, C. E. F. *et al.* Influence of foam mat drying on the nutritional and technological potential of fruits - a review. **Crit Rev Food Sci Nutr**. 2022.
- COELHO, B. E. S. *et al.* Estudo da estabilidade da espuma da polpa de acerola para secagem pelo método foam-mat drying. **Rev. Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n.1, 2019.
- DANTAS, S. C. D. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- DO NASCIMENTO-SILVA, N. R. R. *et al.* Jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels)): A review on its nutrients, bioactive compounds and health benefits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 106, p. 104491, 2022.
- ELPÍDIO, C. M. de A. **Secagem de ameixa pelo método de camada de espuma: otimização dos parâmetros e caracterização do produto**. 2020. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed. Porto Alegre, RS, Artmed, 203p, 2006.
- FRANCO, T. S. **Desidratação de suco de yacon pelo método de camada de espuma**. 2015. Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- GURGEL, C. E. M. R. **Produção de pó de banana verde e madura através da secagem em camada de espuma: otimização das condições de processo e avaliação do produto**. 2019. 121 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, São Paulo, Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- KUMAR, M. *et al.* Jamun (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) Seed: A Review on Nutritional Profile, Functional Food Properties, Health-Promoting Applications, and Safety Aspects. **Processes**, v. 10, n. 11, p. 2169, 2022.
- LV, Weiqiao *et al.* Recent development of microwave fluidization technology for drying of fresh fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 59-67, 2019.
- MADANI, B. *et al.* Jamun (*Syzygium cumini* L. Skeels): A promising fruit for the future. **Horticultural Reviews**, v. 48, p. 275-306, 2021.
- QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K.; YOUSUF, B. Trends in foam mat drying of foods: Special emphasis on hybrid foam mat drying technology. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 10, p. 1667-1676, 2020.
- ROCHA, Camilla Emanuelle Mendes. **Secagem da polpa de graviola (*Annona Muricata* L.) em camada de espuma: uma avaliação dos parâmetros de secagem**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- SOARES, E. C. *et al.* Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.) pelo processo "foam-mat". **Rev. Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.2, p.164-170, ago. 2001.