

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE LIOFILIZAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DA MANGA CV. KENT EM PÓ

João Hamilton Pinheiro de Souza¹, Marcos Rodrigues Amorim Afonso^{1*}, José Maria Correia da Costa¹, Nedio Jair Wurlitzer², Ana Cecília Poloni Rybka³, Janaína de Paula da Costa¹,

¹Universidade Federal do Ceará (UFC), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Departamento de Engenharia de Alimentos (DEAL), Fortaleza, Ceará, Brasil.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical (CNPAT), Fortaleza, Ceará, Brasil.

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Petrolina, Pernambuco, Brasil.

*Autor para correspondências: m.r.a.afonso@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a influência do tempo de liofilização sobre as características físico-químicas do pó da polpa de manga cv. Kent. As liofilizações foram realizadas em três diferentes tempos, 17, 24 e 31 h, utilizando maltodextrina (DE20) como adjuvante na concentração de 10% (m/m). A polpa de manga foi caracterizada através das análises: umidade, pH, sólidos solúveis, ácido ascórbico, cor (escala CIELab), atividade de água e acidez titulável. As características avaliadas nos pós obtidos foram: umidade, atividade de água, higroscopicidade, ácido ascórbico, cor (escala CIELab) e rendimento. Não foi observado diferença ($p > 0,05$) no conteúdo de ácido ascórbico nas liofilizações. A liofilização de 17 h apresentou diferença ($p < 0,05$) em relação aos tempos de 24 e 31 h nos resultados de higroscopicidade e umidade. Comportamento semelhante foi observado ao avaliar o parâmetro de cor a^* cuja intensidade foi diminuída em decorrência da remoção de água que concentrou os pigmentos. Os valores de rendimento e a atividade de água diferiram ($p < 0,05$) entre os três tempos de secagem.

Palavras-chave: manga; liofilização; efeito processos.

1. INTRODUÇÃO

A manga é um fruto apreciado em todo o mundo devido ao seu sabor, aroma e cor agradáveis. De acordo com as estimativas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação a produção mundial dessa fruta já ultrapassa a marca de 40 milhões de toneladas, concentrada, principalmente, nas regiões tropicais da Ásia e América Latina (ZOTARELLI et al, 2017). Além das características sensoriais, este fruto tropical possui uma composição nutricional rica em fibras, minerais, ácidos orgânicos, vitaminas e polifenóis, e ainda, alto valor econômico, entretanto, o fruto apresenta um tempo de vida útil relativamente curto à temperatura ambiente (SINGH et al, 2013). A manga, embora muito apreciada pelos seus aspectos nutricionais e sensoriais, é altamente perecível e requer técnicas peculiares para sua conservação e comercialização (BEZERRA et al, 2010).

A desidratação dos frutos e de suas polpas visam diminuir seus problemas de perecibilidade atuando na diminuição da quantidade de umidade destes sendo, portanto, capaz de minimizar determinadas reações deteriorantes. Dentre as alternativas de secagem em alimentos a liofilização se destaca, pois utiliza temperaturas baixas, minimizando assim perdas de constituintes termossensíveis desejáveis nos alimentos, produzindo pós com elevada qualidade em comparação a outros métodos de secagem.

Alimentos em pó satisfazem muitos dos critérios de estabilidade, além disso, tem como vantagem a conveniência em vários aspectos, entre eles, o consumo e distribuição. Esses fatores fazem com que cada vez

mais setores alimentares produzam alimentos em pó na busca de suprir a demanda dos consumidores bem como as suas de aspecto logístico de distribuição.

Diante do exposto o objetivo deste trabalho foi analisar a influência do tempo de liofilização nas características do pó obtido a partir da polpa de manga cv. Kent.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As polpas de manga cv. Kent foram fornecidas pela Embrapa Agroindústria Tropical (CNPAT) e a maltodextrina obtida no comércio da cidade de Fortaleza-CE. As liofilizações e as determinações analíticas foram realizadas, respectivamente, no Laboratório de Refrigeração e no Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem da Universidade Federal do Ceará.

Às polpas foram adicionadas adjuvante maltodextrina (DE20) na concentração de 10% (m/m) posteriormente colocadas em bandeja de aço inoxidável e congeladas a -38°C durante 24 horas em ultrafreezer da marca TERRONI modelo CL-90.

Para as liofilizações utilizou-se liofilizador de bancada da marca TERRONI modelo LS3000B, sendo estas realizadas em três diferentes tempos, 17, 24 e 31 horas.

2.1. Caracterização da polpa de manga

A polpa de manga foi caracterizada quanto à umidade, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis (Adolfo Lutz, 2008), atividade de água medida em equipamento modelo AQUALab 4TEV, cor através do sistema de leitura dos parâmetros L*, a* e b* utilizando equipamento colorímetro Konica Minolta Spectrophotometer modelo CR410 e ácido ascórbico (A.O.A.C., 2006)

2.2. Análise do pó de polpa de manga e rendimento do processo

Os pós de manga foram caracterizados quanto à umidade (Adolfo Lutz, 2008), ácido ascórbico (A.O.A.C., 2006), atividade de água medida em equipamento modelo AQUALab 4TEV, cor através da escala CIELab utilizando colorímetro da marca Konica Minolta Spectrophotometer modelo CR410 e higroscopicidade segundo Goula & Adamopoulos, 2010.

O rendimento foi calculado por meio da razão entre a massa dos sólidos presentes no pó coletado ao final da secagem e a massa de sólidos presentes na amostra antes da secagem. Para o cálculo do rendimento foi utilizada a Equação 1.

$$R = \frac{X}{X_a} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

R = rendimento (%);

X = massa dos sólidos do pó obtido (g);

X_a = massa dos sólidos da amostra (g).

2.3. Análise estatística

Os resultados obtidos a partir das análises foram tratados estatisticamente por análise de variância e diferença das médias no intervalo de confiança de 95% através do teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização da polpa de manga

A polpa de manga cv. Kent foi caracterizada segundo os resultados apresentados na Tabela 1. Pela Instrução Normativa Nº 01, de 07 de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000) que define os padrões de identidade e qualidade de polpa de frutas em relação ao pH, acidez total e sólidos solúveis. De acordo com esses parâmetros o valor obtido para pH da polpa de manga neste trabalho está acima do valor de 4,5 estabelecido pela norma. A acidez total está abaixo do valor padrão, cujo mínimo é de 0,32%. O resultado dos sólidos solúveis está de acordo com a norma, uma vez que, esta determina valor mínimo de 11ºBrix. Valores diferentes ao estabelecido pela norma para pH, acidez, sólidos solúveis e outros componentes podem ser justificadas por diversos fatores, entre eles, cultivar, solo, o estágio de amadurecimento na colheita, entre outros (Chitarra & Chitarra, 2005). Os tratamentos pós-colheita tais como o despolpamento tardio, com a maturidade da fruta em estágio avançado, acabam por gerar mudanças que afetam as características de qualidade do fruto (Ibarra-Garza *et al*, 2015).

Tabela 1 – Composição físico-química da polpa de manga cv. Kent

Componente	Polpa Integral Kent	
pH	5,32 ± 0,01	
Acidez Total Titulável (% ácido cítrico)	0,24 ± 0,00	
Sólidos Solúveis Totais (ºBrix)	15,73 ± 0,25	
Umidade (%)	83,52 ± 0,24	
Atividade de Água	0,97 ± 0,00	
Cor	a*	12,29 ± 0,09
	b*	52,18 ± 0,70
	L*	56,07 ± 0,36
Ácido Ascórbico (mg/100g)	22,15 ± 5,10	

Cissé *et al.*, (2015) em trabalho sobre a preservação da qualidade da manga Kent utilizando revestimentos funcionais observaram valores de 4,88 para o pH, durante o armazenamento sem revestimento. Determinando a acidez total, Ngamchuachit *et al.*, (2015), verificaram valores entre 0,29 a 0,35% para a manga Kent em seu trabalho analisando a influência da maturação do fruto e suas características no momento do processamento. Mattiuz *et al.*, (2015) determinaram valores de acidez mais elevados do que na polpa avaliada neste trabalho, obtendo valores entre 0,49 e 0,42% em amostras controle de mangas Kent. Os valores encontrados para sólidos solúveis da polpa neste trabalho foram menores do que os determinados por Danalache *et al.*, (2016) e Kirtil *et al.* (2014) que encontraram valores entre 16 e 19ºBrix.

Butz *et al.*, (2005) citam que o frescor das frutas é determinado, além de outros componentes, pelo conteúdo de água, e que esta, muda frequentemente durante o período de pós-colheita. Djantou *et al.*, (2011) obtiveram valores de umidade de 78,85% em seu trabalho, menor que a umidade da polpa analisada neste trabalho. Já Zhao *et al.*, (2015) obtiveram valor de 86% para a polpa da manga utilizada.

A atividade de água é uma medida qualitativa importante no desenvolvimento e na estabilidade dos alimentos (Wolti-Chanes *et al.*, 2007). Valores próximos ao deste trabalho foram relatados por Bonneau *et al.*, (2018) e Giraldo *et al.*, (2003) para a atividade de água de polpa de manga cv. Kent, 0,98 e 0,99, respectivamente.

A cor é um indicador importante da qualidade e do frescor das frutas, além de ser uma maneira de estimar seu estágio de maturidade. Vários fatores influenciam na resposta de sua análise em frutas, tais como, concentração de carotenoides e antocianinas, incidência de luz, temperatura, minerais, nutrição da planta, entre outros (Muengkaew *et al.*, 2016). Os valores para o parâmetro b* deste trabalho foram positivos, evidenciando a predominância do amarelo característico da polpa de manga. Zotarelli *et al.*, (2017) encontraram valor inferior ao deste trabalho para a polpa de manga, 44,12. Gonzalez-Aguilar *et al.*, (2008) analisando alterações fisiológicas e bioquímicas em polpas de mangas encontraram valores do parâmetro L* entre 64 e 66. Ngamchuachit *et al.* (2015) para mangas Kent encontraram valores entre 72,08 a 75,89 para L*.

Os valores de ácido ascórbico podem variar muito devido as variedades, maturidade e condições de plantio do fruto. Gonzalez-Aguilar et al. (2008) encontraram valores médios de ácido ascórbico de 15 mg/100 g para duas variedades de polpa de manga, inferior ao deste trabalho. Já Cissé et al. (2015) obtiveram, em suas amostras de polpa de manga Kent, valor médio para ácido ascórbico de 29,36 mg/100 g.

3.2. Análise do pó de polpa de manga e rendimento do processo

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de umidade, atividade de água, higroscopicidade e ácido ascórbico para o pó da polpa de manga cv. Kent obtidos em diferentes tempos de liofilização. Verificou-se que nos tempos de liofilização de 24 e 31 h em relação ao de 17 h houve diferença ($p < 0,05$) provocando a redução de umidade do pó. O resultado é consistente pois na liofilização o processo contínuo de exposição do produto à baixa pressão e temperatura provocam a sublimação do gelo até que a água restante na matriz sólida seja cada vez mais difícil de se retirar (Kuang-Cheng *et al.*, 2011).

Tabela 2 – Resultado de umidade, atividade de água, higroscopicidade e ácido ascórbico do pó de polpa de manga cv. Kent

Ensaio	Umidade (%)	Atividade de água	Higroscopicidade (g/100g de sólidos)	Ácido Ascórbico (mg/100g)
17 horas	8,33 ±0,001 ^a	0,431 ±0,001 ^a	4,87 ±0,375 ^a	20,5 ±2,127 ^a
24 horas	3,78 ±0,002 ^b	0,258 ±0,003 ^b	8,14 ±0,600 ^b	24,9 ±2,804 ^a
31 horas	3,69 ±0,0005 ^b	0,208 ±0,005 ^c	8,57 ±0,384 ^b	26,1 ±2,785 ^a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

A atividade de água, assim como a umidade, apresentou valores menores com o maior tempo de processo. Prosapio e Norton (2017) averiguaram que liofilizações mais duradouras alcançam os menores valores de atividade de água.

Os maiores valores encontrados para higroscopicidade foram nos pós submetidos aos maiores tempos de liofilização. Esse comportamento indica que nas menores umidades, obtidas nos maiores tempos de liofilização, resultam em pós mais higroscópicos. Tonon *et al.* (2008) ressaltam que a umidade final do produto também tem efeito sobre a higroscopicidade o que pode explicar o comportamento da higroscopicidade dos pós nesse trabalho.

Shofian et al (2011) cita que a liofilização é um método de secagem que retém a maior quantidade de ácido ascórbico em seu produto. Neste trabalho a maior retenção de ácido ascórbico foi verificada na liofilização de 31 h de duração, embora os resultados não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) entre si. Santos e Silva (2008) consideram que resultados da retenção de ácido ascórbico em secagem por liofilização são bastante variáveis entre os materiais aos quais vão ser submetidos à secagem devido a estrutura e composição química de cada material.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos parâmetros de cor e rendimento de secagem para o pó da polpa de manga cv. Kent obtidos em diferentes tempos de liofilização. Nos resultados do parâmetro de cor a^* os valores não diferiram ($p > 0,05$) nos pós submetidos aos tempos de 24 e 31 h de liofilização. O valor de a^* no tempo de 17 h diferiu ($p < 0,05$) em relação aos demais tempos, apresentando o maior valor observado. Tal fato pode ser explicado pela maior umidade apresentada pelo pó com 17 h de liofilização, alterando a concentração dos pigmentos da polpa. O valor negativo apresentado pelo parâmetro a^* se deve a incorporação do adjuvante de secagem (maltodextrina). Caliska e Dirim (2016) relatam esse mesmo efeito provocado pela maltodextrina em seu produto em pó.

Tabela 3 – Resultado de cor do pó de manga cv. Kent e rendimento do processo

Ensaio	Parâmetros de cor			Rendimento (%)
	a*	b*	L*	
17 horas	-0,490 ±0,010 ^a	19,666 ±0,037 ^a	57,943 ±0,055 ^a	70,220 ±0,010 ^a
24 horas	-0,753 ±0,075 ^b	20,870 ±0,105 ^b	60,310 ±0,124 ^b	89,874 ±0,001 ^b
31 horas	-0,670 ±0,017 ^b	19,223 ±0,213 ^c	58,440 ±0,168 ^c	92,711 ±0,001 ^c

Letras diferentes indicam diferença significativa.

Com relação ao parâmetro b*, observa-se diferença ($p < 0,05$) entre os valores obtidos nos diferentes tempos de liofilização. Os resultados apresentados por esse parâmetro não indicaram uma tendência definida em função do aumento do tempo de liofilização. Os valores encontrados para pó são menores em relação à polpa (Tabela 1), evidenciando a perda da coloração amarela, característica da polpa de manga, representada pelo valor positivo de b*. Essa perda tem a influência da incorporação do adjuvante de secagem à polpa, Yamashita *et al.* (2017) constatou essa mesma perda na adição de maltodextrina ao seu processo de liofilização.

Os resultados para o parâmetro L (luminosidade) dos pós diferiram ($p < 0,05$) entre os tempos utilizados na liofilização. Assim como no parâmetro b*, a luminosidade apresentada pelos pós não apresentou uma tendência definida com o aumento do tempo de liofilização. Assim como nos parâmetros a* e b* o valor de L* também sofre influência da presença de maltodextrina adicionada em relação a polpa (Tabela 1). Marques *et al.* (2014) afirmam que o aumento da concentração de maltodextrina em pós favorece o aumento da luminosidade dos mesmos.

Nos resultados de rendimento de secagem dos pós observa-se que houve diferença ($p < 0,05$) entre os tempos de liofilização utilizados. Observou-se a tendência do aumento do rendimento com o maior tempo de liofilização. Tal comportamento pode ser justificado pelas menores unidades obtidas nos maiores tempos de liofilização, que resultaram em menor quantidade de pó aderido nas bandejas utilizadas nas liofilizações.

4. CONCLUSÕES

Na polpa de manga cv. Kent utilizada, somente a quantidade de sólidos solúveis estava dentro do padrão estabelecido pelo Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Polpa de Manga.

O tempo de liofilização influenciou nas características analisadas nos pós. Verificou-se que o aumento do tempo de liofilização aumenta a higroscopicidade dos pós e o rendimento da secagem; diminuiu a umidade e a atividade de água dos pós de polpa de manga cv Kent.

Agradecimentos

Agradecimentos a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo fornecimento de insumos para realização do presente trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. (2006). *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- Bezerra, T. S., Costa, J. M. C., Afonso, M. R. A., Maia, G. A. & Rocha, E. M. F. F. (2010). Hygroscopic behavior of mango powder of coité and espada cultivar and evaluation of physicochemical characteristics. *Ciência Rural*, v. 40, n. 10, p. 2186–2192.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2000). *Instrução Normativa nº 01, de 7 De Janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta*.
- Bonneau, A., Boulanger, R., Lebrun, M., Maraval, I., Valette, J., Guichard, É. & Gunata, Z. (2018). Impact of fruit texture on the release and perception of aroma compounds during in vivo consumption using fresh and processed mango fruits. *Food Chemistry* 239, 806–815.
- Butz, P., Hofmann, C. & Tauscher, B. (2005). Recent Developments in Noninvasive Techniques for Fresh Fruit and Vegetable Internal Quality Analysis. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 9, p. R131–R141.
- Djantou, E. B., Mbofung, C. M. F., Scher, J., Phambu, N. & Morael, J. D. (2011). Alternation drying and grinding (ADG) technique: A novel approach for producing ripe mango powder. *LWT - Food Science and Technology*, v. 44, n. 7, p. 1585–1590.
- Caliskan, G. & Dirim, S. N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, v. 287, p. 308–314.
- Chitarra, M. I. F. & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. rev. e ampl. Lavras, MG: Ed. UFLA. 783 p.
- Cissé, M., Polidori, J., Montet, D., Loiseau, G. & Ducamp-Collin, M. N. (2015). Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. *Postharvest Biology and Technology*, v. 101, p. 10–14.
- Danalache, F., Carvalho, C. Y., Alves, V. D., Moldão-Martins, M. & Mata, P. (2016). Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica* L.) bars. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 84, p. 43–53.
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P. & Chiralt, A. (2003). Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, v. 58, n. 1, p. 33–43.
- Gonzalez-Aguilar, G. A., Celis, J., Sotelo-Mundo, R. R., De La Rosa, L. A., Rodrigo-Garcia, J. & Alavarez-Parrilla, E. (2008). Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 °C. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 43, n. 1, p. 91–101.
- Goula, A. M & Adamopoulos, K. G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. v. 11, p. 342-351.
- Ibarra-Garza, I. P., Ramos-Parra, P. A., Hernández-Brenes, C. & Jacobo-Valázquez, D. A. (2015). Effects of postharvest ripening on the nutraceutical and physicochemical properties of mango (*Mangifera indica* L. cv Keitt). *Postharvest Biology and Technology*, v. 103, p. 45–54.
- Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Kirtil, E., Oztop, H. M., Sirijariyawat, A., Ngamchuachit, P., Barret, D. M. & Mccarthy, M. J. (2014). Effect of pectin methyl esterase (PME) and CaCl₂ infusion on the cell integrity of fresh-cut and frozen-thawed mangoes: An NMR relaxometry study. *Food Research International*, v. 66, p. 409–416.
- Kuang-Cheng, Y., Chien-Cheng, C. & Pei-Cheng, W. (2011). Research on Application and Rehydration Rate of Vacuum Freeze Drying of Rice. *Journal of Applied Sciences*, v. 11.
- Marques, G. R., Borges, S. V., Mendonça, K. S., Fernandes, R. V. & Menezes, E. G. T. (2014). Application of maltodextrin in green corn extract powder production. *Powder Technology*, v. 263, p. 89–95.

- Mattiuz, B.-H., Ducamp-Collin, M.-N., Mattiuz, C. F. M., Vigneault, C.; Marques, K. M., Sagoua, W. & Montet, D. (2015). Effect of propolis on postharvest control of anthracnose and quality parameters of ‘Kent’ mango. *Scientia Horticulturae*, v. 184, p. 160–168.
- Muengkaew, R., Chaiprasart, P. & Warrigton, I. (2016). Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl Jasmonate. *Scientia Horticulturae*, v. 198, p. 70–77.
- Ngamchuachit, P., Sivertsen, H. K., Mitcham, E. J. & Barret, D. M. (2015). Influence of cultivar and ripeness stage at the time of fresh-cut processing on instrumental and sensory qualities of fresh-cut mangos. *Postharvest Biology and Technology*, v. 106, p. 11–20.
- Prosapio, V. & Norton, I. (2017). Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. *LWT - Food Science and Technology*, v. 80, p. 401–408.
- Santos, P. H. S. & Silva, M. A. (2008). Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables—A Review. *Drying Technology*, v. 26, n. 12, p. 1421–1437.
- Shofian, N. M., Hamid, A. A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Dek, M. S. P. & Hairuddin, M. R. (2011). Effect of Freeze-Drying on the Antioxidant Compounds and Antioxidant Activity of Selected Tropical Fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 12, n. 7, p. 4678–4692.
- Singh, Z., Singh, R. K., Sane, V. A. & Nath, P. (2013). Mango-postharvest biology and biotechnology. *Critical Review in Plant Sciences*, 32, 217–236.
- Tonon, R. V., Brabet, C. & Hubinger, M. D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, v. 88, n. 3, p. 411–418.
- Welti-Chanes, J., Pérez, E., Guerrero-Beltrán, J. A., Alzamora, S. M. & Vergara-Balderas, F. (2007). Applications of Water Activity Management in the Food Industry. In: BARBOSA-CÁNOVAS et al. *Water Activity in Food: Fundamentals and Applications*. Ames: Blackwell Publishing Professional.
- Yamashita, C., Chung, M. M. S., dos Santos, C., Mayer, C. R. M., Moraes, I. C. F. & Branco, I. G. (2017). Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology* 84, 256–262.
- Zhao, J.-H., Liu, F., Wen, X., Xiao, H.-W., and Ni, Y.-Y. (2015). State diagram for freeze-dried mango: Freezing curve, glass transition line and maximal-freeze-concentration condition. *Journal of Food Engineering* 157, 49–56.
- Zotarelli, M. F., Silva, V. M., Durigon, A., Hubinger, M. D. & Laurindo, J. B. (2017). Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Powder Technology*, v. 305, p. 447–454.