Food Science Today 5:1 (2026)
ISSN 2965-1190

RESEARCH ARTICLE

FOOD SCIENCE TODAY

Desidratação osmótica sob vácuo de pedúnculo de caju empregando-se suco de caju concentrado como agente osmótico

Vacuum osmotic dehydration of cashew apple peduncle using concentrated cashew apple juice as an osmotic agent

Antônio Calixto Lima [a]*, Edy Souza de Brito [a], Arthur Claudio Rodrigues de Souza [a]

[a] Embrapa Agroindústria Tropical, 60511-110, Fortaleza, CE, Brasil.

Resumo

Apesar da importância econômica e social que o caju *(Anacardium occidentale* L.*)* representa para a região Nordeste, atualmente aproveita-se menos de 15% da produção anual de pedúnculo, estimada em 1 milhão de toneladas. O presente trabalho teve como objetivo contribuir para o aumento do nível de utilização do pseudofruto de caju, por meio da otimização do processo de desidratação osmótica do caju, visando à obtenção de um produto com máxima perda de umidade e mínima incorporação de sólidos. A pesquisa consistiu na desidratação a vácuo de rodelas de pedúnculos de caju empregando-se como agente osmótico suco de caju concentrado a vácuo a 65 °Brix, além de 0,02% (m/m) de metabissulfito de sódio como antioxidante. No processo, utilizou-se equipamento com circulação natural munido de medidores de temperatura e pressão, bomba de vácuo e sistemas de aquecimento e refrigeração. Foram analisados dois binômios tempo-temperatura otimizados do processo, a partir da Metodologia de Superfície de Resposta: 40 °C/100 min e 38 °C/120 min. Nestas condições, obteve-se, respectivamente, perda de massa de 32,67 e 35,50%, incorporação de sólidos de 5,39 e 5,66 % e perda de umidade da ordem de 38,58 e 40,97 %. A pesquisa mostrou que o uso do suco de caju concentrado apresenta-se como ótima alternativa de sucedâneo para a sacarose, pois apresentou resultados similares ao obtido com o xarope de sacarose na desidratação de rodelas de pedúnculo e, por ser rico em compostos antioxidantes, a exemplo do ácido ascórbico (média de 960 mg/100 g), pode contribuir para melhorar o valor nutricional do produto desidratado, além de contribuir para reduzir o elevado desperdício do caju, pois a aplicação desta tecnologia pode contribuir para a obtenção de produtos com maior valor agregado, a exemplo de barras de cereais, compotas e caju desidratado.

Palavras-chave: Pseudofruto. *Anacardium occidentale* L. Superfície de resposta. Ácido ascórbico. Concentração. Desidratação. Osmose.

Abstract

Despite the economic and social importance of the cashew (*Anacardium occidentale* L.) to the Northeast region, currently less than 15% of the annual cashew apple production – estimated at 1 million tons – is utilized. This study aimed to contribute to increasing the utilization of the cashew pseudo–fruit by optimizing the osmotic dehydration process, seeking to obtain a product with maximum moisture loss and minimum solids gain. The research involved the vacuum dehydration of cashew apple slices using vacuum–concentrated cashew juice (65 °Brix) as the osmotic agent, along with 0.02% (m/m) sodium metabisulfite as an antioxidant. The process utilized natural circulation equipment equipped with temperature and pressure gauges, a vacuum pump, and heating and cooling systems. Two optimized time–temperature combinations – determined via Response Surface Methodology – were analyzed: 40 °C/100 min and 38 °C/120 min. Under these conditions, the results obtained were, respectively: mass loss of 32.67% and 35.50%; solids gain of 5.39% and 5.66%; and moisture loss of 38.58% and 40.97%. Research has shown that concentrated cashew apple juice serves as a viable alternative to sucrose, yielding results similar to those obtained with sucrose syrup during the dehydration of cashew apple slices. Furthermore, its high content of antioxidant compounds – such as ascorbic acid (averaging 960 mg/100 g) – can enhance the nutritional value of the dehydrated product. It also helps mitigate the significant waste associated with cashew apples, as this technology enables the creation of higher–value–added products, such as cereal bars, fruit preserves, and dried cashew apple.

Keywords: Pseudofruit. *Anacardium occidentale* L. Response surface. Ascorbic acid. Concentration. Dehydration. Osmosis.

Graphical Abstract



*Corresponding author: Antônio Calixto Lima. Email Address: antonio-calixto.lima@embrapa.br
Submitted: 28 July 2026; Accepted: 07 October 2026; Published: 20 October 2026.
© The Author(s) 2026. Open Access (CC BY 4.0).

ROYALDATASET

1. Introdução

A sazonalidade na produção de frutas frescas e as perdas pós-colheita por perecibilidade têm sido apontadas como os principais fatores que contribuem para a indisponibilidade das frutas. Processos de preservação minimizam a deterioração das frutas, erradicam o desperdício de frutas, garantem a disponibilidade de frutas durante todo o ano e fornecem frutas seguras e nutritivas aos consumidores. Além disso, o processamento de frutas frescas em novos produtos de valor agregado são outras formas de prolongar a vida útil das frutas e aumentar sua disponibilidade (Akharume et al., 2019) .

Nesse cenário de sazonalidade e perecibilidade, destaca-se a agroindústria do caju (*Anacardium occidentale* L.), que apresenta imensurável importância econômica e social para o Nordeste do Brasil. Com uma área estimada de 584 mil ha, o país produz, anualmente, 73 mil toneladas de castanha-de-caju, o que permite a exportação de 15,6 mil toneladas de amêndoas de castanha de caju, gerando divisas anuais da ordem de 129 milhões de dólares (Brainer & Vidal, 2020) . Nesse setor, o Brasil se consolida como grande produtor mundial de pedúnculo de caju, ao lado de apenas três países (Mali, Madagascar e Guiana). Em 2020, a produção mundial foi de 1,35 milhão de toneladas, das quais o Brasil participou com 81,5% desse volume (Brainer, 2021).

Embora grande parte do pedúnculo do caju ainda seja desperdiçada, ele também possui valor econômico, uma vez que é consumido in natura e utilizado na fabricação de diversos produtos, como suco, cajuína e doces (Vidal, 2026). Apesar desse potencial, a ausência e/ou deficiência de técnicas adequadas de manuseio, transporte e armazenamento, associadas à alta perecibilidade, têm gerado perdas na produção de pedúnculo de caju. Segundo Brainer (2021), menos de 15% dessa produção vem sendo aproveitada comercialmente — perdas que poderiam ser reduzidas pela utilização de técnicas de processamento e conservação. Portanto, desenvolver processos alternativos, simples e baratos para estender a conservação e a comercialização dessas frutas são importantes, e a desidratação osmótica pode ser um desses processos (Coimbra et al., 2017).

O tratamento osmótico tem se apresentado como uma ferramenta importante para o desenvolvimento de novos produtos derivados de frutas, com maior valor agregado e com propriedades funcionais (Ramya & Jain, 2017). De maneira geral, a desidratação osmótica comumente ocorre por imersão do produto em soluções de açúcar ou sal. A estrutura complexa da parede celular dos alimentos age como uma membrana semipermeável, a qual não é completamente seletiva, resultando em dois fluxos de transferência de massa em contracorrente: difusão de água do alimento para a solução e difusão do soluto da solução para o alimento. Em adição, há uma perda dos solutos naturais do produto (açúcares, ácidos orgânicos, minerais etc.) que pode ser negligenciável podendo ter, entretanto, um impacto no seu valor nutricional e sensorial (Alfaro et al., 2018; Coimbra et al., 2017) .

Segundo Guiné (2018), a taxa de perda de água por desidratação osmótica é inicialmente alta, mas após 1-2 h se reduz de forma acentuada, podendo levar dias até se atingir o equilíbrio; normalmente, são necessárias 4-6 h para reduzir os alimentos a 50% de sua massa fresca razão pela qual esse processo é usado industrialmente como pré-tratamento para outras operações.

Adicionalmente, avanços recentes na desidratação osmótica reduziram o tempo de osmose e intensificaram a perda de umidade, mantendo o ganho de sólidos sob controle. Ao tornar as membranas celulares mais permeáveis, procedimentos como alta pressão, micro-ondas, campo elétrico pulsado, vácuo, força centrífuga ou ultrassom — quando combinados com a desidratação osmótica — intensificaram a transferência de massa e as taxas de secagem (Kaur et al., 2022; Mari et al., 2024). Nesse contexto, a utilização de vácuo durante a desidratação osmótica apresenta-se como um avanço dentro do processo, contribuindo para acelerar a perda de água, em comparação com o tratamento a pressão atmosférica, tornando o processo mais rápido e possibilitando a obtenção de frutos desidratados de boa qualidade (Akharume et al., 2019).

Especificamente sobre a desidratação do pedúnculo de caju, em trabalho de revisão sobre uso da desidratação osmótica como tecnologia de preservação pós-colheita do pedúnculo do caju, Das & Arora (2017) destacam estudos em que foram testados solução osmótica de sacarose e xarope de milho, e relataram perdas semelhantes de ácido ascórbico, independentemente do agente osmótico empregado. A principal desvantagem associada a esse processo é a lixiviação de constituintes importantes, o que frequentemente resulta em alterações significativas na composição do material original, afirmam os autores da revisão.

Por outro lado, Dimoso et al. (2020) ao estudarem o efeito de métodos de secagem nos atributos de qualidade de pedúnculos de caju desidratados osmoticamente em solução de sacarose a 70% antes da secagem em secador de ar quente e secador solar não observaram diferença significativa nos teores de carotenoides (0,28–0,33 g/100 g), vitamina C (0,73–0,85 g/100 g) e taninos (266,59–267,95 mg/100 g) entre as fatias secas pelos dois métodos. Embora a secagem solar tenha retido menos nutrientes desejáveis, ela é relativamente mais barata e recomendada para uso em locais com recursos limitados, conforme destacaram os autores.

Preethi P. et al. (2023) também desenvolveram dois produtos osmodesidratados de pedúnculo de caju com especiarias e açúcar. De acordo com os autores, um dos produtos, “chew”, apresentou excelente aceitação quanto às suas propriedades bioquímicas e organolépticas, este produto, em que se utilizou uma quantidade reduzida de açúcar como agente osmótico, poderia ser consumido por pessoas que controlam o peso e por diabéticos; enquanto o outro, “cashew fig” assemelha-se ao sabor da tâmara, podendo, assim, ser consumido como um lanche habitual.

A sacarose é o soluto mais utilizado na desidratação osmótica de frutas em virtude de sua eficiência, conveniência, custo e aroma desejável provocado na fruta (Asghari et al., 2024; Assis et al., 2017). Entretanto, outros adoçantes naturais como mel, açúcar de coco, estévia e melaço de beterraba, também, podem ser utilizados como agentes de desidratação osmótica. Devido à semelhança sensorial entre os produtos naturais e os desidratados, essa técnica mostrou-se uma estratégia adequada de preservação da qualidade para a obtenção de frutas minimamente processadas (Kaur et al., 2022).

Contudo, praticamente inexistem estudos que contemplam o emprego do suco da própria fruta como agente osmótico, apesar da fácil disponibilidade, composição química similar à da fruta, o que evitaria alteração sensorial do produto desidratado, além da riqueza nutricional, que poderia contribuir para o enriquecimento nutricional da fruta desidratada. Além disso, de acordo com (Akyereko et al., 2023), o uso do suco de caju como agente osmótico permitiria transferir ao produto desidratado compostos bioativos naturalmente presentes na fruta, enriquecendo seu valor nutricional —uma vez que, de acordo com Lima et al. (2004), o suco clarificado e concentrado de caju apresenta elevada concentração de compostos fenólicos antioxidantes e de ácido ascórbico (960 mg/100 g de suco). Assim, a substituição da sacarose pelo próprio suco de caju concentrado

desponta como alternativa promissora tanto para a conservação quanto para a valorização nutricional do pseudofruto.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo estudar o processo de desidratação osmótica do pedúnculo do caju através da utilização do suco de caju concentrado a vácuo como agente osmótico e sua contribuição para a redução do elevado desperdício do caju.

2. Material e Métodos

2.1. Material

Como matéria-prima foram utilizados pedúnculos do clone de cajueiro anão precoce CCP76 provenientes do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus-CE. Os pseudofrutos foram lavados, sanitizados por imersão durante 10 min em água clorada (50 ppm) e selecionados manualmente, eliminando-se os frutos verdes, muito maduros, injuriados e os deteriorados. Como agente osmótico empregou-se suco de caju clarificado e concentrado a vácuo com concentração de sólidos solúveis totais de 65 °Brix. Usou-se a proporção xarope:fruto de 2:1 m/m). Empregou-se equipamento de desidratação osmótica a vácuo, modelo PMYA, munido de medidores de pressão e temperatura, bomba de vácuo e sistema de aquecimento, capacidade de 15 L e Pressão de Teste Hidrostático (PTH) de 1,95 kgf/cm^2, fabricado pela TECNINT, empresa localizada em Congonhas-MG-Brasil.

2.2. Processamento

O processamento foi realizado através das seguintes etapas:

1. Extração, clarificação e concentração a vácuo do suco de caju até 65 °Brix;
2. Descastanhamento e corte transversal do pedúnculo em fatias de aproximadamente 1 cm de espessura, eliminando-se as duas extremidades do pseudofruto, com o fim de homogeneizar o material.
3. Mediu-se as massas das rodelas de pedúnculo (1000 g) a serem desidratados e transferência para o desidratador.
4. Adicionou-se 2000 gramas do xarope, adição de 0,02% de metabissulfito de sódio e transferência para o vaso de desidratação.
5. Nos primeiros 5 minutos, em intervalos de 1 minuto, foram monitoradas as condições do processo (temperaturas do vaso de desidratação, do banho de aquecimento e pressão). Após este período a monitoração foi feita em intervalos de 10 minutos até o final do processo.
6. Concluído o processo de desidratação, as amostras foram lavadas com 2 litros de água corrente potável, espalhadas sobre papel absorvente por 10 minutos e mediu-se a massa.

2.3. Caracterização físico-química

Foram realizadas as análises de ácido ascórbico, sólidos totais, atividade de água, pH, açúcares, e sólidos solúveis totais (°Brix), conforme detalhado em seguida.

2.3.1. Ácido ascórbico

Para a determinação do teor de ácido ascórbico empregou-se o método descrito pela AOAC (1998), usando-se ácido oxálico em substituição ao ácido metafosfórico. As diluições foram feitas diretamente em ácido oxálico a 1% (m/m) e permaneceram sob agitação de 40 rpm durante 15 minutos à temperatura de 4 °C antes de se retirarem as alíquotas para as determinações. Os resultados foram expressos em miligrama de ácido ascórbico por 100 g de pedúnculo desidratado.

2.3.2. Sólidos totais

Os sólidos totais foram determinados por adaptação do método 925.45 da AOAC (1998). Realizou-se secagem das amostras em estufa com circulação de ar aquecido a 40 °C por 16 horas, seguido de transferência para estufa a vácuo a 70 °C por 4 horas. Na sequência, mediu-se a massa a cada 1 hora até obter massa constante. Os resultados foram empregados no cálculo da perda de umidade e incorporação de sólidos (**Tabela 1**).

2.3.3. Atividade de água

A atividade de água foi obtida através de medida direta das amostras trituradas em aparelho digital da marca DECAGON®, modelo Aqualab serie 4TE (METER Group, Pullman, Washington, EUA).

2.3.4. pH

O pH foi determinado por medida direta das amostras trituradas, por potenciometria direta, utilizando-se um pHmetro digital de bancada, modelo HI 2221 (Hanna Instruments, Limena, Itália) previamente calibrado com soluções tampão 4 e 7.

2.3.5. Açúcares redutores e não redutores

Os açúcares foram determinados de acordo com o recomendado pelas normas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Os açúcares redutores foram determinados pelo método do ácido dinitrosalicílico - DNS. Foi realizada uma inversão ácida prévia nos extratos das amostras e a partir de então foram determinados os açúcares não-redutores pelo método do ácido dinitrosalicílico-DNS.

2.3.6. Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi medido da amostra triturada diretamente em refratômetro digital de bancada modelo RTD–95 (INSTRUTHERM, São Paulo, Brasil), sendo os resultados expressos em °Brix, segundo método n.º 932.12 da AOAC (AOAC International, 2012).

2.4. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas no software Protimiza Experimental Design (versão 2014), de acordo com Rodrigues & Iemma (2014). Os dados coletados foram avaliados através de planejamento experimental. As variáveis dependentes, perda de massa, incorporação de sólidos e perda de umidade foram calculadas empregando-se as fórmulas descritas na **Tabela 1**.

Tabela 1 Fórmulas empregadas no cálculo da perda de massa, incorporação de sólidos e perda de umidade.

Determinações	Fórmulas
Perda de massa (PM)	$\mathrm{PM}(\%) = 100 \times \left[1 - \frac{m_f}{m_i}\right]$
Incorporação de sólidos (IS)	$\mathrm{IS}(\%) = 100\,\mathrm{x}\left(\frac{ST_f m_f - ST_i m_i}{ST_i m_i}\right)$
Perda de umidade (PU)	$\mathrm{PU}(\%) = 100\,\mathrm{x}\left(\frac{U_i m_i - U_f m_f}{U_i m_i}\right)$

Em que: m_f = massa total final do material; m_i = massa total inicial do material; ST_f = teor final de sólidos totais do material; ST_i = teor inicial de sólidos totais do material; U_i = teor inicial de umidade do material; U_f = teor final de umidade do material.

Foi utilizado um delineamento composto central rotacional (DCCR), baseado na Metodologia de Superfície de Resposta (RSM, de *Response Surface Methodology*). O experimento consistiu em 11 ensaios, cujas condições (níveis codificados e decodificados) são apresentadas na **Tabela 2**. As

variáveis dependentes foram: incorporação de sólidos (IS), perda de massa (PM), perda de umidade (PU), sólidos totais (ST) e umidade (U).

Tabela 2 Relação dos ensaios e níveis codificados e decodificados de cada variável usadas no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Ensaio	Tempo (codificado)	Temperatura (codificada)	Tempo (min)	Temperatura (°C)
1	−1	−1	80	38
2	+1	−1	120	38
3	−1	+1	80	42
4	+1	+1	120	42
5	0	−1,414	100	37,2
6	0	+1,414	100	42,8
7	−1,414	0	71,8	40
8	+1,414	0	128,2	40
9	0	0	100	40
10	0	0	100	40
11	0	0	100	40

O modelo proposto foi ajustado verificando-se a significância estatística a $p \leq 0,05$ para cada um dos parâmetros (lineares, quadráticos e interações). A significância da regressão e a falta de ajuste do modelo foram avaliados pela análise de variância (ANOVA), através do teste F e do coeficiente de determinação (R^2). O modelo foi considerado preditivo quando apresentou regressão significativa ao nível de 5% de confiança, falta de ajuste não significativa ao mesmo nível de confiança e valor do coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,85. O coeficiente de determinação (R^2) indica a magnitude de ajuste do modelo e quanto maior seu valor (mais próximo de 1) melhor terá sido o ajuste do modelo, pois maior será, consequentemente, a correlação – determinada pelo coeficiente de correlação (R) - entre as respostas observadas e os valores previstos pelo modelo ajustado.

3. Resultados e Discussão

As respostas experimentais dos ensaios estão apresentadas na **Tabela 3**. A partir das respostas das variáveis perda de massa e incorporação de sólidos foram construídos os gráficos de contorno que constituíram o ponto de partida para o estabelecimento dos critérios utilizados para otimização.

Tabela 3 Valores (%) de umidade, sólidos totais (ST), perda de massa (PM), perda de umidade (PU) e incorporação de sólidos (IS) das rodelas de pedúnculo de caju do clone CCP76 submetidas à desidratação osmótica a vácuo, empregando-se suco de caju concentrado a 65 °Brix como agente desidratante.

Ensaio	Umidade (%)	ST (%)	PM (%)	PU (%)	IS (%)
1	81,8	18,2	24,50	28,62	1,82
2	80,8	19,2	35,50	40,97	5,66
3	79,9	20,1	32,50	38,12	5,77
4	76,2	23,8	39,00	46,53	11,20
5	82,2	17,8	22,50	26,33	1,95
6	78,4	21,6	36,50	42,93	7,26
7	81,6	18,4	23,50	27,77	3,83
8	79,4	20,6	36,50	48,85	11,28
9	80,1	19,9	32,50	38,02	4,84
10	81,0	19,0	34,00	39,31	5,98
11	80,1	19,9	31,50	38,40	5,34

Na **Tabela 4** são apresentadas as Equações de regressão dos modelos decodificados para perda de massa, incorporação de sólidos, sólidos totais e perda de umidade na desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Tabela 4 Equações de regressão dos modelos decodificados para perda de massa (PM), incorporação de sólidos (IS), sólidos totais (ST) e perda de umidade (PU) na desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Regressão	R^2	Equação
PM (%) = −69,314 + 22,46*10−2t + 19,63*10−1T	0,8743	(1)
IS (%) = −19,850− 48,12*10−2t + 3*10−3t2 + 10,68*10−1T	0,9710	(2)
ST (%) = −14,876 + 4,89x10−2t + 74,6x10−2T	0,8548	(3)
PU (%) = − 719,601 + 3,16*10−1t + 33,93T – 3,94*10−1T²	0,9396	(4)

3.1. Perda de massa (PM)

Os efeitos lineares, quadráticos e da interação entre os fatores tempo e temperatura na perda de massa das rodelas de pedúnculo de caju submetidos à desidratação osmótica são apresentados na **Tabela 5**. Os valores do efeito estimado expressam a magnitude da interferência de cada fator na variável dependente estudada. Neste caso, verifica-se que apenas os efeitos lineares do tempo e temperatura apresentaram efeito positivo e significância estatística na perda de massa. Isto significa que aumento em qualquer um destes dois fatores promove elevação na perda de massa.

Tabela 5 Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (*p*) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para perda de massa no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Fatores	Efeito estimado	Erro puro	Significância estatística (p)	Coeficiente de regressão
Tempo (L)	**8,9718**	**0,8898**	**0,0097**	**4,4859**
Tempo (Q)	−1,1034	1,0592	0,4069	−0,5517
Temperatura (L)	**7,8252**	**0,8898**	**0,0127**	**3,9126**
Temperatura (Q)	−1,6036	1,0592	0,2692	−0,8017
Tempo*Temp. (L)	−2,2500	1,2583	0,2156	−1,1250

Valores em negrito são significativos a $p \leq 0,05$. (L) = termo de 1° grau; (Q) = termo de 2° grau.

Após a eliminação dos fatores não significativos, elaborou-se a análise de variância para se verificar, através do teste F, a significância da regressão e da falta de ajuste do modelo ao nível de 95% de confiança (**Tabela 6**). O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{calculado} > F_{tabelado}$) e falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança ($F_{calculado} < F_{tabelado}$).

Tabela 6 Análise de variância dos dados de perda de massa e incorporação de sólidos no processo.

Fontes de variação	Perda de massa (%)			Incorporação de sólidos (%)		
	MQ[3]	$F_{calc.}$	F_{tab}[2].	MQ[3]	$F_{calc.}$	F_{tab}[2].
Regressão[1]	**141,706**	**27,84**	**4,46**	**173,480**	**36,29**	**4,35**
Resíduo	5,090	-	-	4,780	-	-
Falta de ajuste	6,259	3,95	19,33	6,517	14,83	19,30
Erro puro	1,583	-		0,439	-	-

[1]Valores em negrito são significativos a $p \leq 0,05$. [2]Valores tabelados de *F* a $p \leq 0,05$. [3]MQ = Média quadrática

O coeficiente de determinação para o modelo ajustado foi de 0,8743 indicando que a regressão explicou 87,4% da variação dos dados observados (**Tabela 4**). O modelo ajustado para perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo estudado foi considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança e R^2 superior a 0,85.

Na **Fig. 1** pode-se observar as superfícies geradas através do modelo decodificado ajustado para a perda de peso no processo de desidratação osmótica a vácuo. Verifica-se aumento da perda de massa à medida que se elevam os valores da temperatura e do tempo de desidratação, registrando-se, mesmo para os tempos mais prolongados do processo, manutenção da perda de peso das rodelas de caju. Estes dados são corroborados por diversos autores. De acordo com Ahmed et al. (2016), o fator mais importante que afeta a taxa de transferência de massa na desidratação osmótica é a temperatura. Aumentar a temperatura do processo acelera a perda de água, enquanto a incorporação de sólidos é menos afetada Meneses (2018). Com o aumento da temperatura a viscosidade da solução osmótica diminui, o que, por sua vez, diminui a resistência externa à taxa de transferência de massa na superfície do produto e, assim, facilita a vazão de água e aumenta a taxa de difusão de soluto nas fatias do pedúnculo de caju. Além disso, temperaturas mais altas facilitam o inchaço,

plastificação das membranas celulares e, assim, liberam ar retido do tecido. Ao se elevar a temperatura aumenta, também, o coeficiente de transferência de calor da superfície, o que influencia a taxa de transferência de calor e massa (Baniwal & Hathan, 2015).

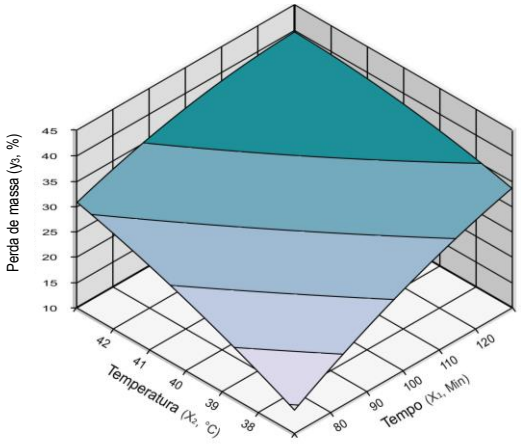


Fig. 1 Superfície de resposta para perda de massa (PM) no processo de desidratação osmótica vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Diversos autores também mostraram uma relação direta da redução de massa do material com o aumento do tempo de tratamento osmótico (Ahmed et al., 2016; Akbarian et al., 2014; Egea & Lobato, 2014; Meneses, 2018; Sulistyawati et al., 2020) . A perda de massa foi representada matematicamente pela equação 1 (**Tabela 4**).

3.2. Incorporação de sólidos (IS)

Os efeitos das variáveis independentes para a resposta incorporação de sólidos são apresentados na **Tabela 7**. Verifica-se que os fatores tempo (L), tempo (Q) e temperatura (L) apresentaram efeitos positivos e significativos na incorporação de sólidos das rodelas de pedúnculo de caju desidratadas a vácuo. Isto significa que o aumento em qualquer um destes fatores provoca acréscimo na incorporação de sólidos.

Tabela 7 Efeito estimado, erro puro, grau de significância estatística (p) e coeficiente de regressão para cada fator no modelo codificado para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Fatores	Efeito Estimado	Erro puro	Significância estatística	Coeficiente de regressão
Tempo (L)	**4,9518**	**0,4041**	**0,0066**	**2,4759**
Tempo (Q)	**2,1851**	**0,4811**	**0,0452**	**1,0925**
Temperatura (L)	**4,2502**	**0,4041**	**0,0089**	**2,1251**
Temperatura (Q)	−0,7657	0,4810	0,2524	−0,3828
Tempo*Temp. (L)	0,7950	0,5714	0,2987	0,3975

Valores em negrito são significativos a $p \leq 0,05$. (L) = termo de 1º grau; (Q) = termo de 2º grau.

Ainda de acordo com a **Tabela 6**, onde apresenta-se a análise de variância do modelo ajustado para incorporação de sólidos, obteve-se significância estatística ao nível de 5% de probabilidade para a regressão ($F_{calculado} > F_{tabelado}$) e falta de ajuste não significativa ao mesmo nível de confiança ($F_{calculado} < F_{tabelado}$). O modelo ajustado apresentou valor para R^2 de 0,9710 indicando que a regressão explicou 97,10% da variação dos dados observados (**Tabela 4**). Assim, o modelo ajustado para incorporação de sólidos é considerado preditivo, pois apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85.

Na **Fig. 2** observam-se as superfícies geradas para a incorporação de sólidos do processo de desidratação osmótica. Verifica-se elevação da inclinação das faixas de contorno com o aumento do tempo de processamento, ratificando a influência do efeito quadrático da variável independente tempo no crescimento da incorporação de sólidos das rodelas de pedúnculo de caju. Observa-se crescimento da incorporação de sólidos com o aumento da temperatura e/ou do tempo de processamento, ou seja, pode-se observar que, para um dado tempo de processamento, obtêm-se maiores valores de incorporação de sólidos à medida que se eleva a temperatura da operação de desidratação.

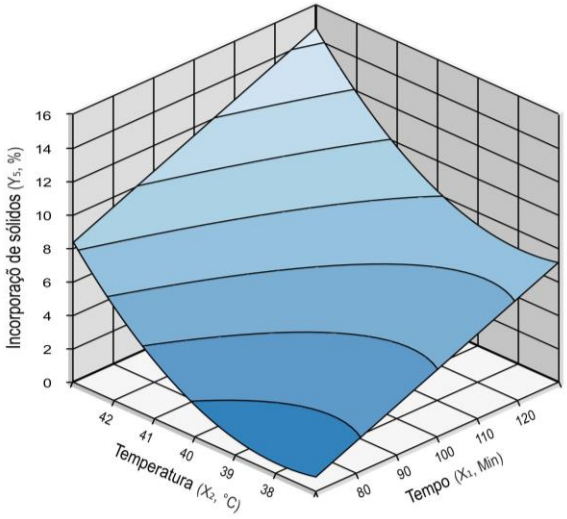


Fig. 2 Superfície de resposta para incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Do mesmo modo, ao se fixar uma temperatura de processamento, têm-se aumento da incorporação de sólidos, à medida que se aumenta o tempo de processamento. Entretanto, é o tempo o fator mais importante para explicar o aumento da incorporação de sólidos nas rodelas de caju estudadas, e sua influência se torna mais forte após os primeiros 100 minutos do processo osmótico. Assim, o aumento na incorporação de sólidos deve-se, possivelmente, ao rompimento das membranas celulares pedúnculos de caju e consequente perda da sua permeabilidade seletiva decorrente do aumento do tempo e da temperatura de processamento. Boeira et al. (2007) também constataram que a temperatura de processo exerceu grande influência na perda de água em amostras de pêssego. No entanto, não verificaram influência da temperatura para o ganho de sólidos.

A incorporação de sólidos é algumas vezes considerada uma das principais deficiências da desidratação osmótica por modificar a composição do produto e poder alterar o seu perfil nutricional natural. Embora o aumento na incorporação de sólidos esteja relacionado principalmente com as características do agente osmótico empregado (Landim et al., 2016) e da microestrutura biológica inicial da matéria-prima (Egea & Lobato, 2014), fatores como o manuseio, pré-tratamentos e o próprio processamento (temperatura, agitação e tempo do tratamento osmótico) podem provocar alteração na permeabilidade e seletividade das membranas dos tecidos. O aumento na incorporação de sólidos com o aumento do tempo e da temperatura de processamento foi observado por Egea &

Lobato (2014). O processo de desidratação osmótica pode causar efeitos adversos na cor e nas propriedades da textura do produto, uma vez que geralmente é necessário um longo tempo de processo, o agente osmótico tem maior impacto na textura, o que causa alterações nos atributos sensoriais (Landim et al., 2016).

3.3. Otimização do processo de desidratação osmótica

Depois de obtidas as respostas para todos os ensaios com os modelos ajustados e considerados preditivos, procedeu-se a determinação das condições ótimas. As superfícies de contorno da perda de massa e da incorporação de sólidos (**Fig. 1** e **Fig. 2**) foram sobrepostas e determinadas as faixas ótimas para o processamento (**Fig. 3**). Nesta, Observa-se a área hachurada que delimita a faixa otimizada de tempo e temperatura no processo para perda de peso (PP ≥ 30%) e incorporação de sólidos (IS ≤ 10%), ou seja, qualquer ponto tomado dentro desta área possibilita a determinação do binômio tempo*temperatura em que se pode realizar o processamento para obtenção do produto de forma otimizada.

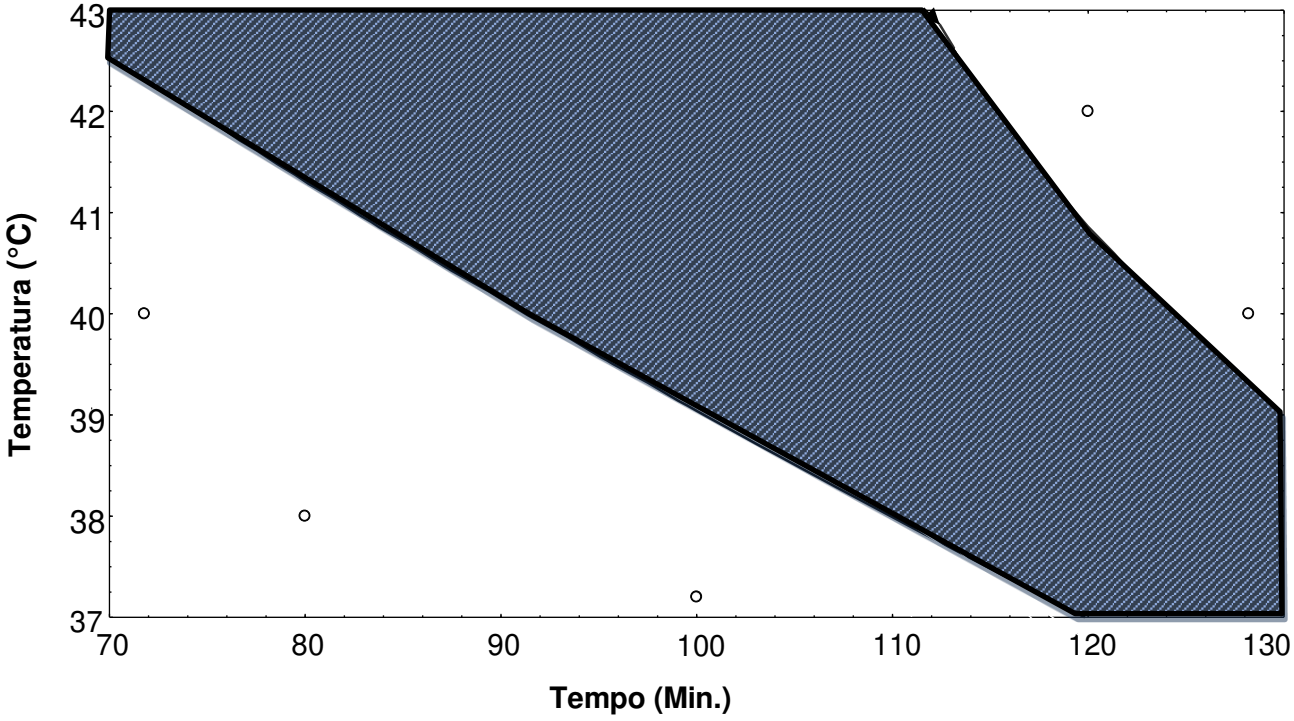


Fig. 3 Faixa otimizada (hachurada) de tempo e temperatura no processo de desidratação osmótica de rodelas de pedúnculo de caju.

Na otimização do processo de desidratação osmótica objetiva-se, simultaneamente, maximizar a perda de peso e a perda de umidade e minimizar a incorporação de sólidos. Entretanto, como estas variáveis tendem a apresentar correlação positiva, ou seja, ao se aumentarem as perdas de massa e de umidade no processo, tende-se a obter resultados mais elevados de incorporação de sólidos, estabeleceu-se o limite máximo para incorporação de sólidos no patamar de 10%, que permitiria se atingir valores entre 30 e 50 % de perda de massa do material (Guiné, 2018).

A menor combinação de tempo × temperatura de trabalho na qual se obtém a perda de massa e incorporação de sólidos desejadas no processo otimizado é 37 °C com o tempo de processamento de 120 minutos (**Tabela 8**). Assim, de acordo com a **Fig. 3**, para obtenção do produto otimizado pode-se trabalhar com combinações apropriadas de temperatura de 37 até 43 °C e tempo variando de 70 a 130 minutos.

Na **Tabela 8** e **Fig. 3** pode-se verificar o elevado crescimento da taxa de incorporação de sólidos, principalmente, após aproximadamente os 100 primeiros minutos de processamento. Por outro lado, apesar de continuar crescente, a magnitude do crescimento da taxa de perda de peso se mantém nos mesmos patamares verificados antes dos primeiros 100 minutos (ver a linha esquerda da faixa hachurada do gráfico que delimita a faixa otimizada do processo).

De acordo com Landim et al. (2016), com o decorrer do processo, há um decréscimo na taxa de osmose; a transferência de massa se dá principalmente durante as primeiras duas horas; a partir daí as taxas de transferência diminuem progressivamente até que a perda de água cessa. Por outro lado, a incorporação de sólidos continua a aumentar; consequentemente, o alimento tende a voltar a ganhar peso, resultando em um produto rico em solutos. Por isso, a desidratação osmótica é geralmente conduzida até que se atinja uma redução de 30 a 50% no peso do material, não sendo, geralmente, recomendado estender-se o processo além disso. É importante destacar que, perda no teor de água e ganho no teor de sólidos solúveis é uma função do tempo. Em geral, à medida que o tempo de tratamento aumenta, a perda de massa aumenta, mas a taxa em que isso ocorre diminui. A máxima perda de água (redução de 50%) ocorre dentro das primeiras duas a três horas, dependendo do tipo de fruto (Chandra & Kumari, 2015; Egea & Lobato, 2014).

Apesar da ampla faixa de combinações de tempo e temperatura que permitam a obtenção do produto otimizado, pois se pode trabalhar com combinações apropriadas de temperatura de 37 até 43 °C e tempo variando de 70 a 130 minutos, para a validação do modelo escolheu-se as combinações 40 °C/100 min e 38 °C/120 min. Verifica-se (**Tabela 8**) que para o emprego de temperaturas de até 38 °C necessita-se de pelo menos 110 minutos de processamento para obtenção do produto otimizado

(IS = 4,12% e PP = 30,0%). Na temperatura de 40 °C o tempo de processamento reduz-se para 100 minutos (IS = 4,76% e PP = 31,68%) e a 42°C o tempo de desidratação cai para 80 min. (IS = 5,73% e PP = 31,12%).

Tabela 8 Valores preditos de perda de peso e incorporação de sólidos no processo de desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculo de caju.

Variáveis dependentes	Tempo (min)	Temperatura (°C)						
		37	38	39	40	41	42	43
Perda de massa	70	19,05	21,02	22,98	24,94	26,91	28,87	30,83
	80	21,30	23,26	25,23	27,19	29,15	31,12	33,08
	90	23,54	25,51	27,47	29,43	31,40	33,36	35,33
	100	25,79	27,75	29,72	31,68	33,64	35,61	37,57
	110	28,04	30,00	31,96	33,93	35,89	37,85	39,82
	120	30,28	32,25	34,21	36,17	38,14	40,10	42,06
	130	32,53	34,49	36,46	38,42	40,38	42,35	44,31
Incorporação de sólidos	70	0,70	1,76	2,83	3,90	4,97	6,04	7,11
	80	0,38	1,45	2,52	3,59	4,66	5,73	6,79
	90	0,67	1,74	2,81	3,87	4,94	6,01	7,08
	100	1,56	2,63	3,70	4,76	5,83	6,90	7,97
	110	3,05	4,12	5,18	6,25	7,32	8,39	9,46
	120	5,14	6,20	7,27	8,34	9,41	10,47	11,54
	130	7,82	8,89	9,96	11,03	12,09	13,17	14,23

A RSM constitui-se de duas etapas: modelagem e deslocamento das faixas experimentais em direção ao "ótimo". Neste caso, o ideal seria continuar o experimento, a partir dos devidos deslocamentos das faixas experimentais. Entretanto, ao se realizar ensaios adicionais empregando-se temperaturas acima de 43 °C, mesmo quando combinadas com períodos de desidratação inferiores ao tempo mínimo de 71,8 min usado neste trabalho, verificou-se decréscimo da qualidade dos produtos, visto que as rodelas de pedúnculo se apresentavam pouco consistentes (frágeis).

A intensificação da perda de água pelo aumento da temperatura, do tempo e da concentração da solução osmótica é limitada, devido às alterações sensoriais indesejáveis na cor, aroma e textura provocadas pelo excesso na aplicação dessas variáveis durante o processo, influenciando diretamente na aceitação do produto final pelo consumidor. O método de desidratação osmótica pode causar efeitos adversos na cor e nas propriedades da textura do produto, uma vez que geralmente é necessário um longo tempo de processo (Egea & Lobato, 2014).

Na **Tabela 9**, relacionam-se as percentagens de perda de massa, incorporação de sólidos, sólidos totais e perda de umidade obtidas pelo modelo ajustado nas duas combinações de tempo e temperatura empregadas para a validação dos modelos experimentais (40 °C/100 min e 38 °C/120 min). Verifica-se boa proximidade entre as respostas observadas e as obtidas pelo modelo para as variáveis dependentes estudadas, confirmando-se a preditividade dos modelos experimentais. Observa-se valores similares para as duas combinações de tempo e temperatura empregadas para a perda de peso, entretanto, a incorporação de sólidos foi maior na combinação 38°C/120min, sinalizando a influência do tempo no aumento da incorporação de sólidos. Esta influência está mais bem evidenciada na **Tabela 8**.

Estes resultados são ligeiramente superiores aos relatados por Querido (2000), que realizou desidratação osmótica a vácuo de rodelas de pedúnculos de caju, no mesmo equipamento empregado neste trabalho, diferenciando-se apenas no uso do agente osmótico, pois utilizou xarope de sacarose a 65 °Brix. A autora obteve, para o tratamento 40 °C/100 min, valores de perda de massa de 29,78% e incorporação de sólidos da ordem de 4,12%. Estas diferenças provocadas pelo emprego do suco de caju concentrado como agente osmótico deve-se, possivelmente, ao seu menor peso molecular (o suco de caju apresenta 0,48% de sacarose; 46,88% de glicose e 46,72% de frutose (Azevedo & Rodrigues, 2000) em relação ao xarope de sacarose, visto que, o uso de agentes osmóticos de menor peso molecular promove uma redução no tempo de desidratação, entretanto, quanto menor o peso molecular, menor a relação entre perda de umidade e incorporação de sólidos, ou seja, quanto menor o soluto, maior a profundidade e a extensão da penetração do soluto (Chandra & Kumari, 2015). Ainda, conforme estes autores, o uso de sacarídeos de baixo peso molecular como glicose e frutose favorecem o ganho de açúcar devido à alta velocidade de penetração das moléculas de tal forma que o enriquecimento de sólidos é o principal efeito do processo no lugar da desidratação. Aumentando-se a massa molar do soluto, um decréscimo do ganho de sólidos e um aumento na perda de água são obtidos, favorecendo o aspecto da desidratação no processo.

Tabela 9 Respostas observadas experimentalmente e respostas preditas pelos modelos experimentais.

Determinações	40 °C/100 min		38 °C/120min	
	Observados	Preditos	Observados	Preditos
Perda de massa (%)	32,67 ± 1,26	31,68	35,50 ± 1,10	32,25
Incorporação de sólidos (%)	5,39 ± 0,57	4,76	5,66 ± 0,93	6,20
Sólidos totais (%)	19,61 ± 0,52	19,86	19,20 ± 0,36	19,34
Perda de umidade (%)	38,58 ± 0,66	38,68	40,97 ± 0,85	38,61

3.4. Caracterização dos produtos otimizados

Na **Tabela 10** relacionam-se as características físico-químicas dos produtos *in natura* e daqueles empregados para a validação dos modelos experimentais obtidos na desidratação osmótica. Associado à redução da atividade de água, evidencia-se efeito da concentração dos compostos presentes nos produtos submetidos ao processo de desidratação osmótica em relação ao produto *in natura* (os valores de pH diminuem, enquanto os de açúcares e sólidos solúveis aumentam). A redução do pH das rodelas de pedúnculo de caju desidratadas em relação ao caju *in natura* pode ser explicada pela acidez do suco clarificado e concentrado de caju usado como agente osmótico, enquanto o aumento da concentração de açúcares e °Brix estariam relacionados à transferência de solutos da solução osmótica concentrada (65 °Brix) para as rodelas de pedúnculo de caju, ou seja, pelo processo de impregnação de solutos, natural do processo osmótico. A imersão das frutas em soluções concentradas de determinados tipos de açúcar, origina dois fluxos de massa opostos, pois as frutas contêm açúcares e outros solutos em solução diluída e sua estrutura celular superficial não pode ser considerada uma membrana perfeitamente semipermeável; em sendo assim, há uma saída de água da fruta para a solução e uma migração de solutos da solução para o sólido.

Tabela 10 Valores de pH, a_w, sólidos solúveis e açúcares (não redutores, redutores e totais) e teores de ácido ascórbico (média, base seca e % de perda) do pseudofruto de caju in natura e desidratado osmoticamente a vácuo pelo emprego de suco de caju concentrado a 65 °Brix.

Determinações	Tratamentos		
	In natura	38 °C/120 min	40 °C/100 min
pH	4,59	4,30	4,35
Atividade de água (a_w)	0,986 ± 0,001	0,975 ± 0,001	0,978 ± 0,001
Açúcares não redutores (%)	0,52 ± 0,050	1,64 ± 0,060	1,70 ± 0,070
Açúcares redutores (%)	8,31 ± 0,080	11,48 ± 0,060	11,80 ± 0,040
Açúcares totais (%)	8,83 ± 0,090	13,12 ± 0,090	13,50 ± 0,050
Sólidos solúveis (°Brix)	11,50	16,20	17,20
Ácido ascórbico - média (mg/100 g)	169,89 ± 0,03	225,08 ± 1,40	194,41 ± 0,20
Ácido ascórbico - base seca (mg/100 g)	1367,87	991,38	1164,40
Ácido ascórbico - perda (%)	-	14,87	27,52

No que se refere às perdas de ácido ascórbico observou-se que a desidratação a 38 °C/120 min (**Tabela 10**) permitiu a obtenção do produto com menor perda de ácido ascórbico (14,87%) que o tratamento em que se utilizou 40 °C/100 min (27,52%). Estes valores de perda de ácido ascórbico são inferiores aos obtidos por Azoubel & Murr (2003) ao estudarem

processo de desidratação osmótica de fatias de caju empregando soluções de sacarose e xarope de milho, em que testaram temperatura (30-50 °C), concentração de xarope de açúcar (40-60% p/p) e tempo de imersão (90-240 min). De acordo com estes autores, o nível de perda foi mais elevado a 42 °C (cerca de 44%). Os autores relatam que em baixas temperaturas, as perdas de ácido ascórbico durante a desidratação osmótica podem ser atribuídas à lixiviação da vitamina do produto para a solução osmótica.

Estes dados também são corroborados por Kaushalya & Weerasooriya (2017), os quais afirmam que em temperaturas acima de 40 °C, a perda de ácido ascórbico é elevada. Em baixas temperaturas, as perdas de ácido ascórbico podem ser atribuídas à lixiviação da vitamina C do produto para a solução osmótica. Em temperaturas mais elevadas, a degradação química e a difusão para a solução osmótica pareceram ser os fenômenos mais significativos. Portanto, manter uma temperatura baixa durante o processo osmótico ajuda a preservar a qualidade nutricional do produto, minimizando as perdas de nutrientes.

Embora se trate de temperaturas consideradas amenas para o processo de desidratação osmótica, o aumento da temperatura de 38 para 40 °C pode ter provocado a maior perda de ácido ascórbico, apesar do menor tempo de desidratação empregado naquele tratamento. A elevada concentração de ácido ascórbico presente no suco clarificado e concentrado de caju, empregado como agente osmótico (média de 960 mg/100 g), explicaria também a menor perda deste ácido na combinação 38 °C/120 min quando comparada com a de 40 °C/100min. Neste caso, a maior incorporação de sólidos verificada na combinação 38 °C/120 min contribuiria para elevar o fluxo do ácido ascórbico da solução osmótica para o produto desidratado, compensando as perdas decorrentes da degradação química e da sua difusão do fruto para a solução durante o processo osmótico.

4. Conclusão

Os modelos experimentais ajustados (perda de massa, incorporação de sólidos), foram considerados preditivos por apresentarem regressão significativa ao nível de 95% de confiança, falta de ajuste não significativa no mesmo nível de confiança e R^2 superior a 0,85. A pesquisa demonstrou que o uso do suco de caju concentrado apresenta-se como alternativa de sucedâneo para a sacarose, pois apresentou resultados similares ao obtido com o xarope de sacarose na desidratação de rodelas de pedúnculo e, por ser rico em ácido ascórbico (média de 960 mg/100 g), pode contribuir para melhorar o valor nutricional do produto desidratado. A aplicação da desidratação osmótica a vácuo empregando-se mel de caju (suco de caju clarificado e concentrado a vácuo) mostrou ser uma técnica viável para aumentar a infusão de compostos com propriedades antioxidantes (por exemplo, ácido ascórbico) em matriz alimentar sólida (pedúnculo de caju) sem alterar significativamente sua matriz alimentar sólida natural. A aplicação desta técnica pode abrir novos caminhos para as indústrias processadoras de caju desenvolverem produtos frescos e de elevada qualidade nutricional e alto valor agregado, a exemplo de barras de cereais, compotas e caju desidratado.

Contribuições dos Autores

A.C.L.: Conceitualização, Redação, Investigação, Metodologia, Administração de projeto; E.S.B.: Recursos, Análise formal; curadoria dos dados e rascunho; A.C.R.S.: Supervisão, Escrita, revisão e edição. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Disponibilidade de dados e materiais

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação razoável ao autor correspondente.

Conflitos de interesse

Os autores declaram que não têm interesses conflitantes.

Referências

Ahmed, I., Qazi, I. M., & Jamal, S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *34*, 29–43. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003

Akbarian, M., Ghasemkhani, N., & Moayedi, F. (2014). Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Biosciences (IJB)*, *4*(1), 42–57. https://doi.org/10.12692/ijb/4.1.42-57

Akharume, F., Smith, A., Sivanandan, L., & Singh, K. (2019). Recent progress on osmo-convective dehydration of fruits. *SDRP Journal of Food Science & Technology*, *4*(9), 956–969. https://doi.org/10.25177/JFST.4.9.RA.613

Akyereko, Y. G., Yeboah, G. B., Wireko-Manu, F. D., Alemawor, F., Mills-Robertson, F. C., & Odoom, W. (2023). Nutritional value and health benefits of cashew apple. *JSFA Reports*, *3*(3), 110–118. https://doi.org/10.1002/jsf2.107

Alfaro, L., Siramard, S., Chouljenko, A., & Sathivel, S. (2018). Effects of liquid nitrogen pretreatment on the osmotic dehydration and quality of cryogenically frozen blueberries (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Food Bioscience*, *22*, 165–169. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.006

AOAC International. (2012). Official Methods of Analysis. In Jr. Latimer, G. W. (Ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC International. https://doi.org/10.1093/9780197610145.002.001

Asghari, A., Zongo, P. A., Osse, E. F., Aghajanzadeh, S., Raghavan, V., & Khalloufi, S. (2024). Review of osmotic dehydration: Promising technologies for enhancing products' attributes, opportunities, and challenges for the food industries. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *23*(3). https://doi.org/10.1111/1541-4337.13346

Assis, F. R., Morais, R. M. S. C., & Morais, A. M. M. B. (2017). Mathematical modelling of osmotic dehydration kinetics of apple cubes. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(3), e12895. https://doi.org/10.1111/jfpp.12895

Azevedo, D. C. S., & Rodrigues, A. (2000). SMB chromatography applied to the separation/purification of fructose from cashew apple juice. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, *17*(4–7), 507–516. https://doi.org/10.1590/S0104-66322000000400015

Azoubel, P. M., & Murr, F. E. X. (2003). Optimisation of osmotic dehydration of cashew Apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. *Food Science and Technology International*, *9*(6), 427–433. https://doi.org/10.1177/1082013203040908

Baniwal, P., & Hathan, B. S. (2015). Process parameter optimization for the development of ready-to-eat instant sand pear candy using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 3098–3109. https://doi.org/10.1111/jfpp.12575

Boeira, J. B., Stringari, G. B., & Laurindo, J. B. (2007). Estudo da desidratação de pêssegos por tratamento osmótico e secagem. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, *25*(1). https://doi.org/10.5380/cep.v25i1.8396

Brainer, M. S. D. C. P. (2021). Cajucultura: O aproveitamento do pedúnculo. *Caderno Setorial ETENE*, *6*(190), 1–19. https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/990/3/2021_CDS_190.pdf

Brainer, M. S. de C. P., & Vidal, M. de F. (2020). Cajucultura. *Caderno Setorial ETENE*, *5*(114), 1–16. https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2842/1944

Chandra, S., & Kumari, D. (2015). Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *55*(4), 552–561. https://doi.org/10.1080/10408398.2012.664830

Coimbra, L. M. P. de L., Arruda, H. A. S. de, Machado, E. de C. L., Salgado, S. M., Albuquerque, S. S. M. C. de, & Andrade, S. A. C. (2017). Water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of sapodilla (*Achras zapota* L.). *Ciência Rural*, *47*(8). https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150924

Das, I., & Arora, A. (2017). Post-harvest processing technology for cashew apple – A review. *Journal of Food Engineering*, *194*, 87–98. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.09.011

Dimoso, N., Makule, E., & Kassim, N. (2020). Quality assessment of formulated osmotically dehydrated cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) slices dried using hot air and solar driers. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 421–432. https://doi.org/10.12692/ijb/17.6.421-432

Egea, M. B., & Lobato, L. P. (2014). A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, *73*(4), 316–324. https://doi.org/10.18241/0073-98552014731621

Guiné, R. P. F. (2018). The Drying of Foods and Its Effect on the Physical-Chemical, Sensorial and Nutritional Properties. *ETP International Journal of Food Engineering*, 93–100. https://doi.org/10.18178/ijfe.4.2.93-100

Instituto Adolfo Lutz. (1985). *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos* (3ª ed., Vol. 1). Imprensa Oficial do Estado de São Paulo.

Kaur, D., Singh, M., Zalpouri, R., & Singh, I. (2022). Osmotic dehydration of fruits using unconventional natural sweeteners and non-thermal-assisted technologies: A review. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(12). https://doi.org/10.1111/jfpp.16890

Kaushalya, W. K. D. N., & Weerasooriya, M. K. B. (2017). Development of value added product from cashew apple using dehydration processes. *Journal of Scientific and Industrial Research*, *76*(2), 105–109.

Landim, A. P. M., Barbosa, M. I. M. J., & Barbosa Júnior, J. L. (2016). Influence of osmotic dehydration on bioactive compounds, antioxidant capacity, color and texture of fruits and vegetables: a review. *Ciência Rural*, *46*(10), 1714–1722. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150534

Lima, A. C., García, N. H. P., & Lima, J. R. (2004). Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, *22*(1). https://doi.org/10.5380/cep.v22i1.1185

Mari, A., Parisouli, D. N., & Krokida, M. (2024). Exploring osmotic dehydration for food preservation: Methods, modelling, and modern applications. *Foods*, *13*(17), 2783. https://doi.org/10.3390/foods13172783

Meneses, J. (2018). Osmoconvective dehydration in fruits and vegetables: A review of recent developments. *Agroindustrial Science*, *8*(1), 67–72. https://doi.org/10.17268/agroind.science.2018.01.10

P, P., M, S., Sanikommu, V. R., G L, V., Kalal, P., & Ravi, P. (2023). Biochemical quality comparison of forced air dried osmo-dehydrated cashew apple products infused with spice mixture and sugar. *Journal of Horticultural Sciences*, *18*(2). https://doi.org/10.24154/jhs.v18i2.2015

Querido, A. F. (2000). *Otimização e comparação dos processos de desidratação osmótica a vácuo e a pressão ambiente de pseudofruto de caju* [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual de Campinas.

Ramya, V., & Jain, N. K. (2017). A review on osmotic dehydration of fruits and vegetables: An integrated approach. *Journal of Food Process Engineering*, *40*(3). https://doi.org/10.1111/jfpe.12440

Rodrigues, M. I., & Iemma, A. F. (2014). *Experimental Design and Process Optimization* (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b17848

Sulistyawati, I., Verkerk, R., Fogliano, V., & Dekker, M. (2020). Modelling the kinetics of osmotic dehydration of mango: Optimizing process conditions and pre-treatment for health aspects. *Journal of Food Engineering*, *280*, 109985. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109985

Vidal, M. de F. (2026). Cajucultura. *Caderno Setorial ETENE*, *11*(425), 1–11. https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/3378

FOOD SCIENCE TODAY

journals.royaldataset.com/fst