



Isotermas de dessorção de batata-doce: efeito do tratamento ácido anterior a secagem convectiva

Sweet potato desorption isotherms: effect of acid treatment before convective drying

Beatriz Antunes Santos¹, Ana Paula Ribeiro Rodrigues², Rodrigo Brogio Ferrari³, Joel Fernando Nicoleti⁴, Lyssa Setsuko Sakanaka⁵

RESUMO

A presente proposta teve como objetivo analisar as isotermas de dessorção de fatias de batata-doce (*Ipomea batatas L.*), secas nas temperaturas de 55 °C e 70 °C, previamente tratadas em solução de ácido cítrico anteriormente à secagem convectiva. As batatas foram fatiadas transversalmente com espessura de 2 mm, as soluções de ácido cítrico foram preparadas em concentrações de 1 e 2% e o tempo de contato da amostra com a solução foi fixada em 15 min. A secagem foi efetuada em uma estufa de circulação forçada. No decorrer da secagem, em tempos pré-determinados, as amostras, padrão (não tratada em ácido) e a tratada com ácido, eram removidas do interior do secador para a pesagem, e ao mesmo tempo, fatias das batatas eram submetidas a um analisador de atividade de água (AquaLab), onde obteve-se a leitura deste fator na temperatura de 25 °C. Foi demonstrado que o tratamento prévio com ácido cítrico, em maior concentração, conduz as amostras, secas em temperaturas mais altas, a uma estabilidade microbiológica ($a_w=0,6$), com um conteúdo de umidade mais alto quando comparado com os resultados alcançados com o tratamento ácido em menor concentração e a secagem conduzida na menor temperatura. Este fato é interessante em relação ao consumo energético do processo de secagem, no qual pode ser conduzido em um menor tempo.

PALAVRAS-CHAVE: atividade de água; batata-doce; dessorção.

ABSTRACT

The present proposal aimed to analyze the desorption isotherms of sweet potato (*Ipomea Potatoes L.*) slices, dried at temperatures of 55 °C and 70 °C, previously treated in a citric acid solution prior to convective drying. The potatoes were sliced transversally with a thickness of 2 mm, citric acid solutions were prepared in concentrations of 1 and 2% and the contact time of the sample with the solution was set at 15 min. Drying was carried out in a forced circulation oven. During drying, at predetermined times, the standard (not treated with acid) and acid-treated samples were removed from the dryer for weighing, and at the same time, potato slices were subjected to an analyzer of water activity (AquaLab), where this factor was read at a temperature of 25 °C. It has been demonstrated that pre-treatment with citric acid, at a higher concentration, leads samples, dried at higher temperatures, to microbiological stability ($a_w=0.6$), with a higher moisture content when compared to the results achieved with acid treatment at a lower concentration and drying conducted at a lower temperature. This fact is interesting in relation to the energy consumption of the drying process, which can be carried out in a shorter time.

KEYWORDS: water activity; sweet potato; desorption.

¹ Discente do curso de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: beatrizsantos.2020@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 7276775412020938.

² Discente do curso de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: anarod@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9152039345852352.

³ Discente do curso de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: rodrigoferrari@alunos.ufpr.edu.br. ID Lattes: 7619339449293454.

⁴ Docente do curso de Engenharia Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: nicoleti@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2601941222447945.

⁵ Docente do curso de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: lyssa@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2105231700522952.



INTRODUÇÃO

A batata-doce é um alimento muito acessível e popular devido ao seu baixo preço e valor nutricional. Rica em vitaminas A e C, fibras e minerais como potássio, magnésio e ferro, se torna uma excelente fonte de nutrientes que auxiliam a saúde e o bem-estar geral do indivíduo. O consumo regular de batata-doce pode prevenir diversas doenças como diabetes (Zhao *et al.*, 2013), câncer (Wu *et al.*, 2015) e doenças hepáticas (Zhang *et al.*, 2016). A produção de batata-doce do país foi superior a 824 mil toneladas em 2021, sendo os maiores estados produtores Rio Grande do Sul, São Paulo e Ceará, que juntos somam 40,4% da produção nacional (IBGE, 2023).

Contudo, este alimento fresco tem uma vida útil curta devido à sua alta atividade de água, levando ao desperdício. O processo de secagem tem como objetivo retirar água dos alimentos, tornando-se vantajoso por prolongar a vida de prateleira do alimento, reduzir os custos de embalagem e transporte, visto que, ocupa menos espaço de armazenamento devido à diminuição de volume, e também, facilita no consumo sem a necessidade de preparo prévio. Além disso, o alimento seco pode ser armazenado em temperatura ambiente sem precisar de refrigeração (MUJUMDAR, 2015).

A água livre dos alimentos está disponível para o crescimento microbiológico, germinação de esporos e para a participação reacional enzimática. A atividade da água (a_w) representa o grau de disponibilidade da água na amostra para que reações químicas, enzimáticas e microbiológica aconteçam, sendo um dos pontos críticos para definição da qualidade e segurança alimentar, visto que pode afetar seu tempo de prateleira e características organolépticas, segundo Jangam e Mujumdar (2010).

Exemplos de operações unitárias que reduzem a disponibilidade de água em alimentos incluem aqueles que retiram fisicamente a água (evaporação, desidratação, forneamento, fritura, liofilização e congelamento (FELLOWS, 2019)). Os alimentos apresentam diferentes curvas de conteúdo de umidade em função da atividade de água para uma determinada temperatura fixa. Estas curvas são conhecidas como isotermas de sorção, e são subdivididas em isotermas de adsorção no caso em que o alimento tem a umidade do ambiente transferida (adsorvidas) para sua superfície, enquanto que, no sentido inverso, quando o alimento perde água para o ambiente, tem-se as isotermas de dessorção de umidade. A histerese entre as duas curvas – adsorção e dessorção – é observada, sendo que para um mesmo conteúdo de umidade, a atividade de água no processo de adsorção é sempre maior do que na dessorção, fato este justificado pela razão de que a umidade adsorvida não se liga mais fortemente ao substrato como estava originalmente, estando disponível para reações química, enzimática e microbiológica (PEREDA *et al.*, 2005).

Para muitos alimentos, geralmente as isotermas apresentam forma sigmoideal, também referida como isoterma do tipo II. Entretanto, para alimentos com grande quantidade de substâncias solúveis de baixa massa molecular, como açúcares, e pouca quantidade de polímeros, é comum apresentarem isotermas do tipo III, caracterizado por um perfil no formato de “J” (TADINI *et al.*, 2016).

Diversos trabalhos sobre isotermas de dessorção são encontrados na literatura. Iaccheri *et al.* (2022) aplicaram tratamento por campo elétrico pulsado anterior a secagem convectiva de batatas e cenouras, e a partir destes experimentos obteve as isotermas. Hssaini *et al.* (2022) obtiveram as isotermas de dessorção de figo em três temperaturas



empregando soluções salinas saturadas de forma a manter a umidade relativa envolta ao material constante. As isotermas de dessorção de cerejas foram obtidas por Ouaabou *et al.* (2022) também pelo método estático gravimétrico empregando soluções salinas.

Com base nas considerações acima, o objetivo deste estudo foi avaliar o tratamento ácido de fatias de batata-doce anterior a secagem convectiva sobre as isotermas de dessorção deste material.

METODOLOGIA

As batatas-doces (*Ipomea batatas L.*), da variedade Rubissol, foram obtidas em um mercado da cidade de Londrina-PR. Após serem lavadas em água corrente, as batatas foram secadas em papel absorvente e fatiadas com espessura de 2 mm transversalmente, com auxílio de um multiprocessador de alimentos (marca Metvisa). O teor de umidade inicial das batatas foi medido pelo método gravimétrico em estufa (Nova Ética) a 105 °C, por 24 h.

A solução de ácido cítrico (marca Vetec) foi preparada em concentrações 1 e 2% (m/v), e a proporção batata/solução foi fixada em 1/10 (m/m). O tempo de contato das fatias de batata com a solução foi pré-determinada em 15 min.

Após a imersão das fatias com a solução em questão, as amostras foram retiradas, secadas em papel absorvente, e espalhadas uniformemente sobre bandejas do fundo tipo tela de massa conhecida. O conjunto, bandeja e amostra também foram pesadas antes do início da secagem. Além das amostras tratadas em ácido cítrico, o mesmo procedimento foi feito com as amostras padrão (sem serem imersas na solução ácida).

As temperaturas de secagem programadas foram de 55 °C e 70 °C. Após a estufa de secagem com circulação forçada (Nova Ética) entrar em equilíbrio térmico, as bandejas contendo as amostras – padrão e tratada com ácido – foram dispostas em seu interior. Em tempos pré-estabelecidos, as bandejas eram retiradas e as massas registradas e depois retornando-as a estufa.

Juntamente com as pesagens das bandejas, amostras eram retiradas do secador para análise da atividade de água. O analisador de atividade de água empregado foi o AquaLab, modelo 4TE, no qual os registros foram obtidos operando a temperatura ambiente (25 °C). As amostras removidas do secador foram fatiadas em pequenos pedaços e transferidas para um recipiente cilíndrico de plástico (acessório do Aqualab), e logo em seguida este recipiente contendo a amostra fora inserido ao equipamento para obtenção da leitura da atividade de água. As leituras foram feitas em duplicatas e com o conteúdo de umidade da amostra e a atividade de água foi possível construir as isotermas de dessorção.

A metodologia da secagem por estufa e determinação da atividade de água progrediram até obter uma massa constante no processo de secagem, designando o fim do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os teores de umidade inicial encontrados para as amostras foram em média de 76,74% (base úmida) para as amostras padrão e 80,76% (base úmida) para as amostras que foram imersas em solução de ácido cítrico. O maior teor de umidade das amostras

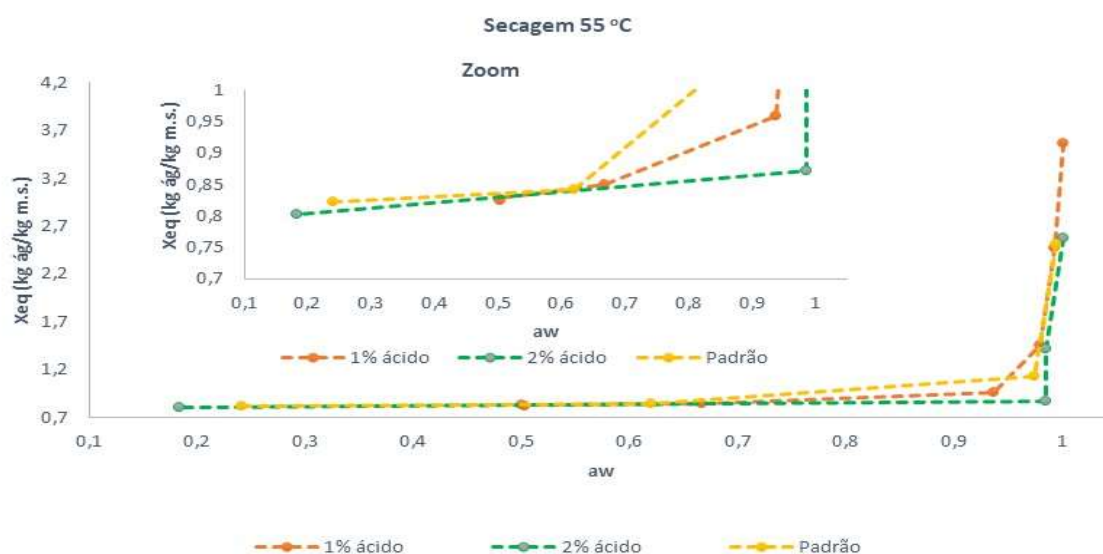


imersas em ácido se justifica pela incorporação de água da solução no interior das amostras.

As isotermas de dessorção de batata-doce secas na temperatura de 55 °C são apresentadas na Figura 1. Nela observa-se o comportamento da amostra padrão (sem tratamento ácido) juntamente com as amostras submetidas ao tratamento com ácido cítrico nas concentrações de 1 e 2%. As curvas para as três condições são bastante coincidentes para $a_w < 0,67$, observando afastamento entre elas em $0,67 \leq a_w \leq 0,97$. A ampliação da Figura 1 mostrada na própria figura realça este comportamento. Nesta faixa, para conteúdo de umidade próximo a 1,0 kg água/kg m.s., observa-se um aumento significativo crescente da a_w seguindo a ordem das amostras – padrão, tratamento ácido 1%, tratamento ácido 2%.

Segundo Fellows (2019), atividade de água abaixo de 0,6 cessa praticamente a atividade microbiana, incluindo fungos, leveduras e bactérias. De acordo com a Figura 1, esta estabilidade microbiológica é alcançada em conteúdo de umidade em torno de 0,81 kg água/kg m.s. para a batata-doce, independente do tipo de tratamento.

Figura 1 – Isotermas de dessorção de batata-doce secas a 55 °C



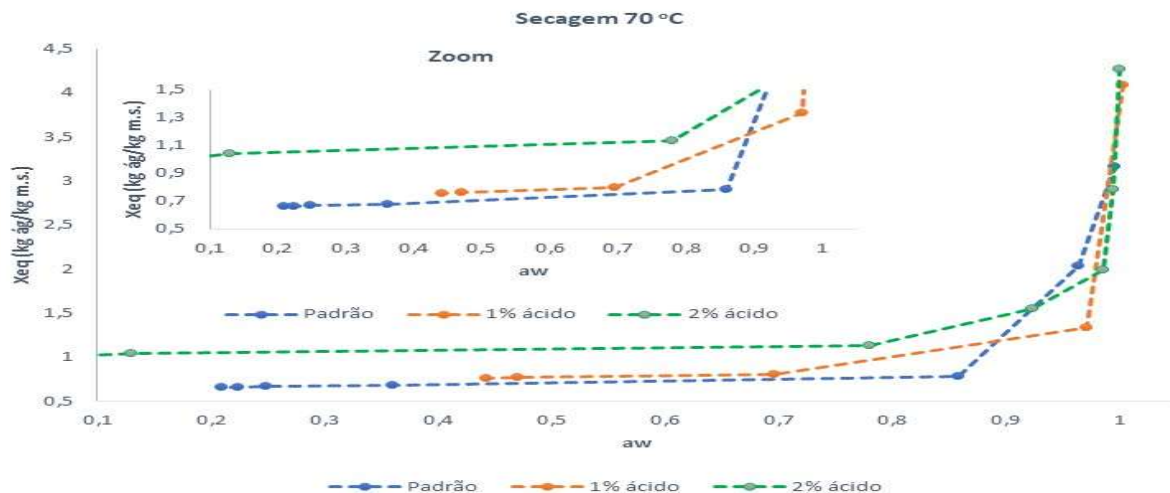
Fonte: autoria própria, 2023.

Um comportamento diferente das isotermas de dessorção foi observado nas amostras de batata-doce secas a 70 °C (Figura 2) quando comparado com aquelas secas a 55 °C. Nesta condição observa-se um afastamento entre as isotermas considerando as 3 condições – padrão, tratadas em solução ácida a 1% e 2% - mesmo em atividade de água muito baixas. A ampliação da Figura 2 ilustra com maior definição.

Para uma $a_w=0,6$, que confere estabilidade microbiológica, a umidade de equilíbrio (X_{eq}) para amostras tratadas por solução ácida a 2%, seu valor está em torno de 1,08 kg água/kg m.s., enquanto que, para aquelas submetidas ao tratamento ácido em concentração de 1% e a amostra padrão, tiveram os valores de X_{eq} próximos de 0,78 e 0,72 kg água/kg m.s., respectivamente. Este resultado confere que as batatas-doces sujeitas

ao tratamento ácido em solução de maior concentração apresenta estabilidade microbiológica em conteúdo de umidade mais alto, necessitando desta forma de menor tempo de secagem, sendo economicamente mais vantajoso. Somado a isto, também está o abaixamento do pH do alimento, que é outro fator importante a se considerar, no qual tem efeito inibitório no crescimento de bactérias.

Figura 2 – Isotermas de dessorção de batata-doce secas a 70 °C



Fonte: autoria própria, 2023.

CONCLUSÃO

As isotermas de sorção de fatias de batata-doce secas nas temperaturas de 55 e 70 °C em estufa, previamente tratadas em solução de ácido cítrico, seguiu o comportamento esperado, de acordo com a literatura. Na secagem de menor temperatura foi observado pouco efeito dos tratamentos, enquanto que na temperatura de secagem maior, os efeitos dos tratamento foram mais significativos, sendo que, as amostras submetidas ao tratamento com ácido cítrico na maior concentração apresentou maior estabilidade microbiana ($a_w=0,6$) em conteúdos de umidade mais elevados, fato este bastante interessante na consideração de custos energéticos, necessitando de menores tempos de secagem quando comparado com a amostra padrão.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus orientadores Prof. Dr. Joel Fernando Nicoleti e Prof. Dra. Lyssa Setsuko Sakanaka por todo apoio e suporte na realização desta proposta. Aos meus colegas de laboratório, Ana Paula Ribeiro Rodrigues e Rodrigo Brogio Ferrari, meu agradecimento por toda ajuda e motivação na realização das pesquisas, compra de materiais e os bons momentos que passamos trabalhando juntos.

Agradeço também ao XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR pela oportunidade de apresentar esta pesquisa.



Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e prática. Porto Alegre: Artmed, 4. Ed, p. 101, 2019.

HSSAINI, Lahcen *et al.* Hygroscopic proprieties of fig (*Ficus carica* L.): Mathematical modelling of moisture sorption isotherms and isosteric heat kinetics. **South African Journal of Botany**, v. 145, p. 265-274, Marrocos, 2022.

IACCHERI, Eleonora *et al.* Modelling the mechanical properties and sorption behaviour of pulsed electric fields (PEF) treated carrots and potatoes after air drying for food chain management. **Biosystems and Metrology**, v. 223, p. 53-60, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acessado em abril de 2023.

JANGAM, S. V.; MUJUMDAR, A.S. Basic Concepts and Definitions. *In*: JANGAM, S.V.; LAW, C.L.; MUJUMDAR, A.S. (org.). **Drying of Foods, Vegetables and Fruits**. v. 1, Singapura, 2010, p. 1-30.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. 4 ed. New York, CRC Press, 2015.

OUAABOU, Rachida *et al.* Moisture Sorption Isotherms of Sweet Cherry (*Prunus Avium* L.): Comparative Study of Kinetics and Thermodynamic Modeling of Five Varieties. **International Journal of Food Science**, v. 2022, p.1-14, 2022.

PEREDA, J. A. O *et al.* **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. v. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005.

TADINI, C.C. *et al.* **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**, v. 2, p. 34, Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ZHAO, J. G. *et al.* In vivo antioxidant, hypoglycemic, and anti-tumor activities of anthocyanin extracts from purple sweet potato. **Nutrition Research and Practice**, v.7, p.359–365, 2013.

WU, Q. *et al.* Characterization, Antioxidante and antitumor activities of polysaccharides from purple sweet potato. **Carbohydrate Polymers**, v.132, p.31–41, 2015.

ZHANG, M. *et al.* Protective effects of anthocyanins from purple sweet potato on acute carbon tetrachloride-induced oxidative hepatotoxicity fibrosis in mice. **Food and Agricultural Immunology**, v.27, p.157–170, 2016.