

Cinética de reidratação de Goji berries em água

Goji berries rehydration kinetics in water

RESUMO

Goji berries desidratadas são frutas que passaram por processos de secagem e são conhecidos por possuírem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antitumorais. Este trabalho teve como objetivo a modelagem da cinética de reidratação das goji berries em diferentes temperaturas e solutos. Para tanto, as frutas foram reidratadas em água e em leite por 6 h às temperaturas de 10, 29 (ambiente) e 45 °C, sendo periodicamente pesadas. Oito modelos foram utilizados para representar a cinética da reidratação das frutas, e verificou-se que para cada temperatura de operação diferentes modelos ajustaram os dados experimentais. Dessa forma, os modelos de Newton, Logarítmico e Wang & Sing foram escolhidos para representar os dados experimentais nas temperaturas de 10°C, 29°C e 45°C, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Lycium barbarum. Modelagem cinética. Reidratação.

ABSTRACT

Dehydrated goji berries are fruits that have gone through drying processes and are known to have antioxidant, anti-inflammatory and anti-tumor properties. This work aimed to model the goji berries rehydration kinetics in water at different temperatures. For this, the fruits were rehydrated in water for 6 h at 10, 29 (ambient) and 45 °C, being periodically weighed. Eight models were used to represent the fruit rehydration kinetics, and it was found that, for each operating temperature, different models adjusted the experimental data. Thus, the Newton, Logarithmic, and Wang & Sing models were chosen to represent the experimental data at temperatures of 10 °C, 29 °C, and 45 °C, respectively.

KEYWORDS: Lycium barbarum. Kinetic modeling. Rehydration.

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



Bruna Yuu Tanaka Pereira
brunayuu@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Alimentos, Câmpus Medianeira, Paraná, Brasil.

Daiane Cristina Lenhard
daianelenhard@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Alimentos, Câmpus Medianeira, Paraná, Brasil.

Isa Paula de Melo Amaro
isapaulamelomamaro@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Alimentos, Câmpus Medianeira, Paraná, Brasil.

Carolina Castilho Garcia
carolinacgarcia@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Alimentos, Câmpus Medianeira, Paraná, Brasil.

Igor Henrique de Mello Rodrigues Ciolin
igorciolin@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Paraná, Brasil.

INTRODUÇÃO

Lycium barbarum L. (Goji Berry) é uma das mais importantes plantas medicinais chinesas tradicionais. Sua planta se caracteriza por arbustos caducifolia solanáceo nativos da Ásia, com 1 a 2 cm de comprimento, que possuem bagas (berries) bagas elipsoides vermelhas. (Donno et al, 2015).

Na alimentação, Goji Berries secas são, geralmente, cozidas antes do consumo, e usadas como chá de ervas, em sopas chinesas, ou em combinação com carne e refeições vegetarianas. Os frutos da Goji também são usados para a produção de sucos, vinhos e tinturas (Amagase e Farnsworth, 2011; Potterat, 2010).

Segundo Kulczyński e Gramza-Michałowska (2016), a Goji berry contém muitos nutrientes e compostos bioativos que permitiram classificá-la como superfrutas. Dentre os nutrientes pode-se citar os com alta atividade biológica, como complexos polissacarídicos, carotenoides, fenil-propanoides, dentre outros.

Segundo Tanase et al (2016), Berries são frutas que possuem uma vida útil mais curta do que as outras frutas, devido à maior suscetibilidade à deterioração microbiana, aumento da taxa de respiração e produção de etileno, que é estimulada pelo fermento do tecido. Por isso, na maioria das vezes, são vendidas na forma de frutas secas.

A secagem dos alimentos é uma das técnicas mais utilizadas para a conservação de alimentos, uma vez que o processo reduz a quantidade de água do alimento, reduzindo seu peso e criando condições desfavoráveis para o crescimento microbiano no produto (Cornejo et. al., 2003).

Por outro lado, segundo Singh e Heldman (2014) deve-se visar uma remoção de umidade da maneira menos prejudicial para garantir a qualidade do produto, exigindo assim, que a qualidade do produto desidratado se aproxime ao máximo do produto natural após o processo de reidratação

Dessa forma, reidratação pode ser considerada como uma medida dos danos causados pelos processos de secagem e tratamentos de desidratação. É um processo complexo que tem por objetivo a restauração das propriedades do produto bruto (Lee; Farid; Nguang, 2006; Lewicki, 1998).

Esta pesquisa teve como objetivo o estudo da cinética de reidratação de Goji berries por imersão em leite e água, com ajuste de modelos que melhor representem o processo.

MATERIAL E MÉTODOS

As Goji berries desidratadas e o leite foram adquiridos no comércio local de Foz do Iguaçu – PR em junho de 2018.

Para a análise da cinética de reidratação foi utilizada a proporção 1:40 de Goji berries para água, segundo metodologia descrita por Falade e Abbo (2007). Dessa forma, 5g de goji berries foram colocados em cadinhos de porcelana, previamente secos e tarados, e adicionou-se 200 mL de água.

Os ensaios de reidratação com leite foram realizados à 10 °C, à 29 °C (temperatura ambiente) e à 45°C.

A pesagem das amostras reidratadas foi realizada a cada 15 min durante a primeira hora de processo, a cada trinta minutos durante a segunda hora e de hora em hora até seis horas de hidratação. Os dados de equilíbrio foram obtidos com vinte e quatro horas de hidratação.

Oito modelos foram utilizados para descrever a cinética da reidratação das goji berries desidratados, sendo eles os modelos de Newton, de Verma, de Paje, logarítmico, aproximação da difusão, Midili, exponencial de dois termos, Wang & Sing, representados pelas equações 1 a 8, respectivamente.

$$RX = e^{-kt} \quad (1)$$

$$RX = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-k_1t} \quad (2)$$

$$RX = e^{-kt^n} \quad (3)$$

$$RX = ae^{-kt} + c \quad (4)$$

$$RX = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kbt} \quad (5)$$

$$RX = ae^{-kt^n} + bt \quad (6)$$

$$RX = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kat} \quad (7)$$

$$RX = 1 + at + bt^2 \quad (8)$$

Em que t é o tempo de secagem, em h; k , k_o e k_1 são as constantes de secagem/reidratação, em h^{-1} ; a , b , c e n são os coeficientes dos modelos.

Em todas as equações RX, representa a umidade adimensional, determinada pela equação 9 a partir dos dados experimentais:

$$RX = \frac{\bar{X}_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \quad (9)$$

Em que: \bar{X}_t é a umidade das goji berries em cada intervalo de tempo; X_{eq} é a umidade de equilíbrio das goji berries após longo tempo de reidratação (24 h); X_0 é a umidade inicial das goji berries.

Os dados experimentais foram ajustados aos modelos matemáticos utilizando o software Estatística, versão 7.0, que utiliza o método dos mínimos quadrados para a estimativa dos parâmetros. Para avaliar a eficiência do ajuste matemático aos dados experimentais foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2), o erro quadrático médio (RMSE, equação 10) e s valores do erro médio relativo (P, equação 11).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{calc} - x_{exp})^2}{n}} \quad (10)$$

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^N \frac{|x_{exp} - x_{calc}|}{x_{exp}} \quad (11)$$

Em que: X_{exp} é o valor experimental do parâmetro; X_{calc} é o valor predito pelo modelo; n é o número de observações experimentais.

Com base nos modelos ajustados para cada condição foram determinados os parâmetros dos modelos que apresentaram melhor ajuste e cujos parâmetros apresentaram-se significativos ao nível de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos quadros 1 a 3 estão apresentados os parâmetros estatísticos considerados no ajuste dos modelos aos dados experimentais. Para a cinética de reidratação à 10°C foi considerada umidade de equilíbrio no tempo de 6h. No entanto, para a reidratação à 29°C e 45°C verificou-se que o equilíbrio (estabilidade no ganho de massa) foi atingido em menos tempo. Para 29°C utilizou-se a considerou-se a umidade de equilíbrio com 4h e para 45°C com 2h de experimento.

Quadro 1 – Parâmetros estatísticos para cinética de reidratação de *Goji berries* em água à 10°C

| Modelo | R ² | P | RMSE |
|------------------------|----------------|------|--------|
| Newton | 0,67 | 0,00 | 0,0006 |
| Page | 0,87 | 8,73 | 0,0699 |
| Aproximação da Difusão | 0,95 | 4,57 | 0,0437 |
| Midilli | 0,95 | 5,76 | 0,0435 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 2 – Parâmetros estatísticos para cinética de reidratação de *Goji berries* em água à 29°C

| Modelo | R ² | P | RMSE |
|------------------------|----------------|------|--------|
| Aproximação da Difusão | 0,90 | 7,66 | 0,0699 |
| Logarítmico | 0,90 | 8,67 | 0,0692 |
| Verma | 0,90 | 7,66 | 0,0699 |
| Dois Termos | 0,92 | 7,33 | 0,0629 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 3 – Parâmetros estatísticos para cinética de reidratação de *Goji berries* em água à 45°C

| Modelo | R ² | P | RMSE |
|------------------------|----------------|-------|--------|
| Aproximação da Difusão | 0,92 | 5,68 | 0,0588 |
| Logarítmico | 0,92 | 5,62 | 0,0543 |
| Verma | 0,92 | 5,68 | 0,0588 |
| Wang & Sing | 0,93 | 5,26 | 0,0579 |
| Henderson & Pabis | 0,87 | 10,76 | 0,0755 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Verifica-se que para as diferentes temperaturas alguns modelos ajustados foram diferentes, indicando que o processo de reidratação, difusão da água para o fruto, ocorreu de forma diferenciada, demonstrando que a temperatura do processo de reidratação interfere na difusão, o que também foi verificado ao se definir o tempo para atingir o equilíbrio.

Nos quadros 4 a 6 estão apresentados os coeficientes dos modelos que tiverem melhor ajuste, desde que os coeficientes foram significativos ao nível de 95%. Dessa forma, na temperatura de 10°C, embora o modelo de Newton tenha

apresentado o menor valor de R^2 foi o único cujos valores dos coeficientes foram significativos ao nível de 95%.

Quadro 4 - Valores do coeficiente do modelo de Newton para a reidratação de *Goji berries* em água a 10°C

| Modelo | Coeficiente k (min ⁻¹) |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Newton $RX = e^{-kt}$ | 0,0037 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 5 - Valores do coeficiente do modelo Logarítmico para a reidratação de *Goji berries* em água a 29°C

| Modelo | Coeficiente k (min ⁻¹) | a | c |
|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Logarítmico $RX = ae^{-kt} + c$ | 0,0174 ± 0,0062 | 0,6414 ± 0,0894 | 0,4384 ± 0,0729 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Quadro 6 - Valores do coeficiente do modelo de Wang & Sing para a reidratação de *Goji berries* em água a 45°C

| Modelo | Coeficiente a | b |
|-------------------------------------|------------------|-----------------|
| Wang & Sing $RX = 1 + at + bt^2$ | -0,0101 ± 0,0014 | 0,0000 ± 0,0000 |

Fonte: Autoria própria (2019).

CONCLUSÕES

Com a pesquisa desenvolvida verificou-se a cinética de reidratação de *Goji berries* em água foi modelada de forma diferente para cada uma das temperaturas avaliadas, indicando a influência da temperatura no mecanismo de reidratação. Verificou-se também que em todas as temperaturas de reidratação avaliadas, mais de um modelo representou satisfatoriamente os dados experimentais.

REFERÊNCIAS

- AMAGASE, H., FARNSWORTH, N. R. A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji). *Food Research International*. 2011, V. 44, P. 1702-1717. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996911001840>. Acesso em 08 ag. 2019.
- CORNEJO, F. E. P., NOGUEIRA, R. I., WILBERG, V. C. C. Secagem como Método de Conservação de Frutas. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro: 2003. 1ª Edição. 22 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de->

[publicacoes/-/publicacao/415605/secagem-como-metodo-de-conservacao-de-frutas](#). Acesso em 08 ag. 2019.

DONNO, D. BECCARO, G. L, MELLANO, M. G., CERUTTI, A. K., BOUNOUS, G. Goji berry fruit (*Lycium* spp.): antioxidant compound fingerprint and bioactivity evaluation. *Journal of Functional Foods*. 2015, V. 18, P. 1070-1085. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016/j.jff.2014.05.020>. Acesso em 08 ag. 2019.

FALADE, K. O., ABBO, E. S. Air-drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*. 2007, V. 79, P. 724-730. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0260877406002263>. Acesso em 08 ag. 2019.

KULCZYNSKI, B., GRAMZA-MICHALOWSKA, A. Goji Berry (*Lycium barbarum*): Composition and Health Effects – a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2016, V. 66, N. 2, p. 67–75. Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/pjfn/66/2/article-p67.xml>. Acesso em 08 ag. 2019.

LEE, K. T., FARID, M., NGUANG, S. K. The mathematical modelling of the rehydration characteristics of fruits. *Journal of Food Engineering*, V. 72, 2006, P.16-23. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016/j.jfoodeng.2004.11.014>. Acesso em 08 ag. 2019.

LEWICKI, P. P. Some remarks on rehydration of dried foods. *Journal of Food Engineering*, V. 36, 1998, P. 81-87. Disponível em: [https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016/S0260-8774\(98\)00022-3](https://www-sciencedirect.ez48.periodicos.capes.gov.br/search/advanced?docId=10.1016/S0260-8774(98)00022-3). Acesso em 08 ag. 2019.

POTTERAT, O. Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, Pharmacology and Safety in the Perspective of Traditional Uses and Recent Popularity. *Planta Medica*. 2010, V. 76. P. 7-19. Disponível em: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0029-1186218>. Acesso em 08 ag. 2019.

SINGH, R. P., HELDMAN, D. R. 2014. *Introduction to Food Engineering*. Quinta Edição. Academic Press. 892p.

TANASE, E. E., POPESCU, P., POPA, V., POPA, M. E. New techniques used to improve berries shelf life. *In: FRUIT & VEG PROCESSING*, 2016, Avignon. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/300056668_NEW_TECHNIQUES_USED_TO_IMPROVE_BERRIES_SHELF_LIFE. Acesso em 08 ag. 2019.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo apoio técnico e tecnológico para o desenvolvimento do trabalho.