

Deshidratación de diferentes variedades de ají para la obtención de polvo

Dehydration of different varieties of chili to obtain powder

Darwin Núñez ¹, Sandy Agualongo Sinchipa ¹, Carmen Callan Chela ¹, Juan Gaibor Chávez ^{1*}

¹Universidad Estatal de Bolívar. Carrera Ingeniera Agroindustrial. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente – Provincia Bolívar, Guaranda – Ecuador

*Correspondence: rtigre@ueb.edu.ec

Available from: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.4>

RESUMEN

Se realizó la cinética de secado de tres variedades de ají, Habanero (*Capsicum chinense*), Jalapeño (*Capsicum annuum*) y Amarillo (*Capsicum baccatum*), donde se logró obtener experimentalmente la cinética del secado, fue realizado utilizándose un secador laboratorio de bandejas, a temperatura constante de 70 °C. El tiempo requerido para secar el producto hasta una humedad aproximada del 34 % fue de 10 horas. Las curvas experimentales del secado fueron ajustados al modelo difusional de Lewis, Pague y Henderson & Pabis. Se determina que la velocidad de secado a una temperatura constante favorece a la transferencia de masa y energía. En la que estableció que el modelo que tuvo mayor ajuste tanto para la cinética de secado y deshidratación fue de Henderson & Pabis dando como resultado $R^2 = 73,130$ % para el secado y $R^2 = 71,631$ para la deshidratación, obteniendo al final un producto con una humedad relativamente nula y de fácil trituración, logrando obtener un polvo homogéneo y conservando sus características multifuncionales tanto en su uso gastronómico como también en el uso de prevención de enfermedades.

Palabras Claves: *Capsicum annuum*; *Capsicum chinense*; *Capsicum baccatum*; Cinética; Deshidratación; Velocidad de flujo; Temperatura; Humedad.

ABSTRACT

In this work, the kinetics of drying three varieties of chili peppers, Habanero (*Capsicum chinense*), Jalapeño (*Capsicum annuum*) and Amarillo (*Capsicum baccatum*), was obtained experimentally using a laboratory tray dryer at a constant temperature of 70 °C. The time required to dry the product to a moisture content of approximately 34 % was 10 hours. The time needed to dry the product to an approximate humidity of 34% was 10 hours. The experimental drying curves were adjusted to the diffusional model of Lewis, Pague and Henderson & Pabis. It is determined that the drying rate at a constant temperature favors the transfer of mass and energy. It was established that the model that had the best fit for both drying and dehydration kinetics was Henderson & Pabis, resulting in $R^2 = 73.130$ % for drying and $R^2 = 71.631$ for dehydration, obtaining at the end a product with relatively zero moisture and easy crushing, acquiring a homogeneous powder and preserving its multifunctional characteristics both in its gastronomic use as well as in the use of disease prevention.

Keywords: *Capsicum annuum*; *Capsicum chinense*; *Capsicum baccatum*; Kinetics; Dehydration; Flow rate; Temperature; Humidity.

INTRODUCCIÓN

El ají es utilizado normalmente en la cocina por su capacidad en mejorar el sabor de los alimentos, añadir un toque picante y proporcionar beneficios para la salud. Según Ramos & Insolina¹, el ají (*Capsicum*) es considerado como una materia prima agroindustrial en potencia, se caracteriza por ser altamente oxidante de bajo aporte calórico. Ayuda a mejorar las inflamaciones y permite la prevención de enfermedades como el cáncer². El ají ha sido un ingrediente fundamental en la cultura culinaria de comunidades alrededor del

mundo por su capacidad para dar sabor y picor a los alimentos. Ha sido utilizado en prácticas religiosas y ceremonias culturales, brindando una tradición cultural transmitida de generación en generación, por lo que se puede decir que el ají tiene un uso significativo en el aspecto formativo de muchas comunidades³. En el ají el principal componente químico se llama (*Capsicum*) es la capsaicina la cual genera irritación en el paladar y es responsable de darle ese sabor particular, tiene propiedades como analgésico y antiinflamatorio, este componente podemos encontrar en distintas proporciones, dado que esta suele variar entre 0,1 hasta 1% en peso⁴. El ají tiene varias características organolépticas, incluyendo su sabor picante y su aroma característico, en términos de apariencia el ají puede tener diferentes colores dependiendo de la variedad, desde el rojo hasta el amarillo o verde, su forma y tamaño también pueden variar, por lo tanto, para potenciar las características organolépticas del ají (*Capsicum*) es necesaria la aplicación de técnicas como es el secado⁵. Entre las técnicas de conservación de alimentos, el proceso de secado representa una alternativa tecnológica para la reducción de las pérdidas postcosecha. Pues el secado es un método simple y relativamente barato, cuyo principio básico es el de reducir el contenido de agua del alimento, ocasionando una reducción drástica de la actividad de agua de los productos alimenticios, aumentando el tiempo de conservación y la vida de anaquel del producto, facilitando su transporte y almacenamiento⁶. Los modelos matemáticos que mejor se ajustan a la curva y cinética de secado son: Henderson & Pabis siendo las siguientes expresiones.

Curva de Secado:

$$MR = ae^{(-kt)}$$

Cinética de Secado:

$$Y = \frac{X_{wt} - X_{we}}{X_{wo} - X_{we}}$$

En este sentido, el presente trabajo tiene por objetivo obtener datos de la cinética del secado del ají, a temperatura constante y modelar las curvas del secado a través de los modelos de Henderson & Pabis.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el complejo agroindustrial de la Universidad Estatal de Bolívar - Ecuador. El ají se recolectó en el barrio la Joya perteneciente a Ambato. Se recolectó datos por el lapso de 10 horas. Se utilizó un deshidratador de bandejas donde al inicio del proceso de deshidratado se determinó la humedad inicial de las diferentes muestras de la materia prima, cada 30 min se tomó datos donde se comprobó la pérdida de humedad, esto se lo ejecuta hasta obtener valores de peso constante, lo que significa que el producto llegó a su humedad mínima y se continúa con su procedimiento.

Descripción del proceso

Para el proceso de la cinética de secado se tomó una muestra por cada variedad de ají (Jalapeño, habanero y amarillo) cada una con su réplica, el material vegetal fue lavadas, pesadas, troceadas y depositadas en bandejas de aluminio de 10 cm de radio en un deshidratador de bandejas en estado estacionario a 70 ° C, dicho materia vegetal presento una humedad inicial de 92.01 % para cada variedad. El peso inicial de cada muestra fue de 20,359 g; 20,324 g y 20,142 g. Antes del secado, se genera un precalentamiento al deshidratador por un tiempo de 30 min para estabilizar la temperatura a la cual será secada la muestra. Una vez estabilizada la temperatura, las muestras fueron rebanadas para posterior ser colocadas en las bandejas e introducir en la cámara del secado, momento que se inicia el proceso⁷.

Para el proceso de secado en el deshidratador de bandejas se toma en cuenta el flujo de aire constante de 1,28 L/s. Las muestras periódicamente fueron pesadas en una balanza termo gravimétrica por periodos de 30 min hasta obtener un peso constante. Se peso con la finalidad de verificar su regularidad en el secado,

brindado dato sin variación en la última lectura, las muestras se expusieron a temperatura ambiente por 5 min para que logre enfriarse adecuadamente, posteriormente a esto procedemos a triturar en un molino eléctrico con un aproximado de 2,0 micras con la finalidad de obtener un polvo homogéneo, a continuación se procede a envasar y etiquetar en frascos de vidrio previamente esterilizados, para luego poder llevarlos a su respectivo almacenamiento en un lugar libre de humedad a temperatura ambiente para conservar sus beneficios, aporte y demás componentes del ají⁵.

Modelos matemáticos

Para el estudio de la curva de secado, se aplicó los modelos de Leguis, Page. Las curvas de secado obtenidas experimentalmente fueron modeladas utilizándose los modelos de Page y Henderson & Pabis. Este último modelo es ampliamente usado por muchos investigadores en el estudio de secado de alimentos⁸.

No. Modelo	Modelo	Ecuación del Modelo
1	Lewis	$MR = e^{(-kt)}$
2	Page	$MR = \exp(-kt)^n$
3	Henderson & Pabis	$MR = ae^{(-kt)}$

Nota: MR: Razón de Humedad; t: tiempo de secado (h); k: constante de secado; n es coeficiente de ajuste⁸. Adicionalmente se utilizaron expresiones matemáticas como: la humedad en base seca, velocidad de secado y la humedad media.

Tabla 1. Modelos matemáticos empleados para la curva de secado

Variable	Modelos matemáticos
Humedad en base seca	$X_1 = \frac{m_H - m_{Ss}}{m_{Ss}}$
Velocidad de secado	$N_A = \left(\frac{m_{Ss}}{A} \left(\frac{X_1 - X_2}{t_2 - t_1} \right) / 1000 \right)$
Humedad media	$\bar{X} = \frac{X_i + X_f}{2}$
Modelo matemático de Henderson y Pabis	$Y = \frac{X_{wt} - X_{we}}{X_{wo} - X_{we}}$

Nota: Ecuaciones que son importantes para determinar la cinética de secado, tomado de Dávila, Marín, & Franco⁹

Tabla 2. Ecuaciones matemáticas utilizadas en la cinética de secado

Se midió el contenido de humedad en base seca (X_1) de las tres muestras de ají (Jalapeño, Habanero y Amarillo), en relación con la masa húmeda (m_H) y masa del sólido seco (m_{Ss}) de la materia, mediante la siguiente ecuación.

$$X_1 = \frac{m_H - m_{Ss}}{m_{Ss}} \tag{1}$$

Se calculó N_A (velocidad de secado) que relaciona la masa del sólido seco (m_{Ss}) con el área de secado (A) así como también con la humedad inicial (X_1) y final (X_2) en base seca con relación a la temperatura final (t_2) e inicial (t_1).

$$N_A = \left(\frac{m_{Ss}}{A} \left(\frac{X_1 - X_2}{t_2 - t_1} \right) / 1000 \right) \tag{2}$$

Para establecer la humedad media (\bar{X}) se utilizó la siguiente ecuación, en donde se relaciona la humedad inicial en base seca (X_i) con la humedad final en base seca (X_f).

$$\bar{X} = \frac{X_i + X_f}{2} \tag{3}$$

Para determinar la humedad (C) se utiliza la siguiente ecuación en donde se relaciona la cantidad de ceniza de las muestras de ají después de la incineración (m_1) con la masa de la cápsula con el producto antes de la incineración en g (m_2) sobre masa de la cápsula vacía en g (m).

$$C = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100 \quad (4)$$

Deshidratado

El equipo utilizado para este proceso fue un deshidratador semiindustrial, de forma rectangular y consta de bandejas con un área de 10 cm², con un sistema de calentamiento de aire por medio de un ventilador eléctrico de 110 voltios de resistencia. Para obtener la lectura de la temperatura se usó el termómetro propio del deshidratador, el proceso duro aproximadamente 10 horas a una temperatura constante de 70 °C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Repeticiones	Tiempo	Jalapeño	Amarillo	Habanero
1	0	20,359	20,142	20,324
2	0:30	14,852	15,014	15,364
3	1:00	12,119	11,585	11,722
4	1:30	9,032	9,223	9,034
5	2:00	7,125	7,521	7,323
6	2:30	6,008	6,102	6,022
7	3:00	4,875	5,452	5,001
8	3:30	4,701	4,742	4,501
9	4:00	3,738	4,312	3,968
10	4:30	3,573	4,175	3,787
11	5:00	3,523	4,096	3,712
12	5:30	3,431	4,021	3,621
13	6:00	3,476	3,745	3,589
14	6:30	3,427	3,652	3,513
15	7:00	3,58	3,559	3,437
16	7:30	3,491	3,466	3,361
17	8:00	3,421	3,373	3,285
18	8:30	3,421	3,28	3,209
19	9:00	3,421	3,187	3,133
20	9:30	3,421	3,094	3,057
21	10:00	3,421	3,094	3,057

Tabla 3. Datos de la cinética de secado de 10 h en las tres variedades de ají

Resultados de la cinética de secado

El efecto del análisis de varianza para la actividad humedad en las muestras de ají son desecadas a una temperatura constante de 70 °C, en la cual se demuestra una diferencia significativa entre los tratamientos ($p \leq 0,05$), lo que refleja efecto de la temperatura sobre las muestras de ají procesadas en función del tiempo. El porcentaje de humedad inicial para la cinética de secado de las tres variedades de ají (Jalapeño, habanero y amarillo) fue de 92.01 % para cada variedad, la humedad final de cada muestra por cada variedad de ají fue de 36,14 % ají jalapeño, 32,03 % ají habanero y 36,16 % ají amarillo.

Las figuras 1 muestra la variación del contenido de peso de las tres variedades de ají en función del tiempo de secado a temperatura constante de 70 °C.

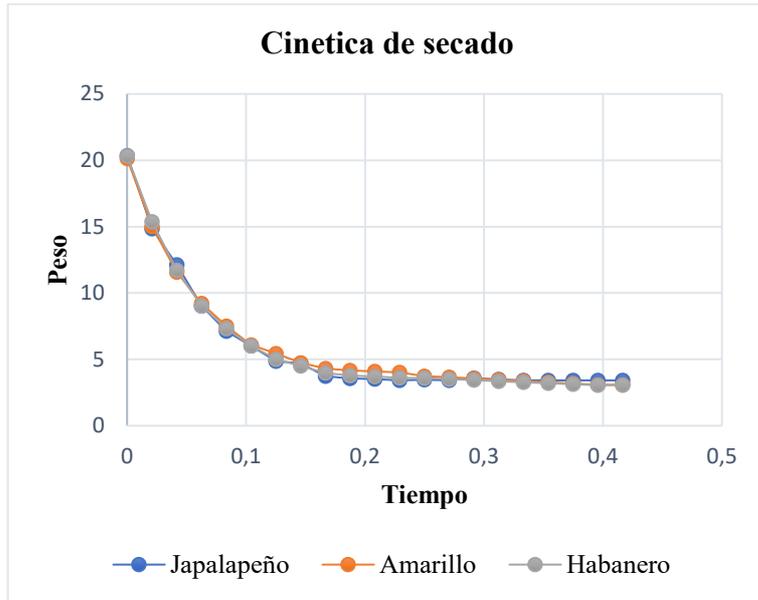


Figura 1. Cinética de secado a 70 °C en modelo Henderson y Pabis

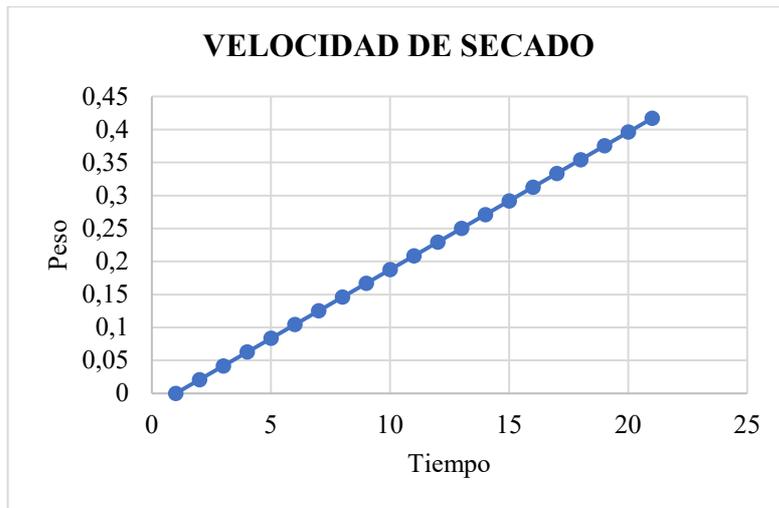


Figura 2. Velocidad de Secado a 70 °C en modelo Henderson & Pabis

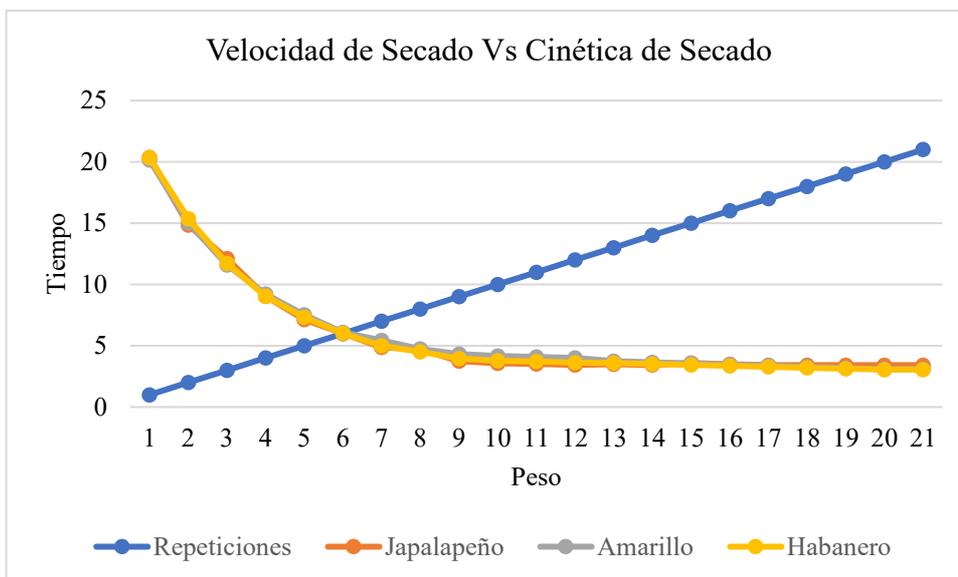


Figura 3. Velocidad de Secado vs Curva de deshidratación a 70 °C en modelo Henderson & Pabis

El porcentaje de humedad para ají en polvo deshidratado por aire forzado y los resultados obtenidos de la cinética de secado del ají de los factores temperatura y variedad de ají se muestra en la tabla 3, donde la humedad inicial, humedad en base seca, velocidad de secado, flujo de aire y cantidad de agua a evaporar son los resultados de la cinética de secado, duro 10 horas aproximadamente donde el modelo que más se ajusta es la de Henderson & Pabis con $R^2 = 73,130$ para el secado, mientras que para la deshidratación a 70 °C duro 9:30 horas aproximadamente y el modelo matemático que se ajusta es el de Henderson & Pabis $R^2 = 71,631$.

En la tabla 3 se muestran los resultados de la humedad en base seca, velocidad de secado, cantidad de agua a evaporarse, humedad media y el flujo de aire.

Variable	Ají Amarillo	Ají Jalapeño	Ají Habanero
Humedad en base seca	36,16 %	36,14 %	32,03 %
Velocidad de secado	3,3 kg/t	2,2 kg/t	3,3 kg/t
Humedad media	36,13 %	36,12 %	32 %
Cantidad de agua al evaporarse	0,17 kg	0,16 kg	0,17 kg
Flujo de aire	1,28 m/s	2,18 m/s	1,28 m/s
Coefficiente de determinación	$R^2 = 0,7163$	$R^2 = 0,7313$	$R^2 = 0,7458$

Nota: Estos datos son obtenidos de los ensayos preliminares hechos con las variedades de ají.

Tabla 4. Cinética de secado en la estufa a 70°C para cada variedad de ají

En el caso del ají Jalapeño varió el color después de haber sido deshidratado a consecuencia del tratamiento térmico, el ají Habanero por su bajo contenido de humedad, el proceso de deshidratación fue de 9:30 horas en comparación con las otras dos variedades que tardaron diez horas en llegar a un dato constante. Este comportamiento fue observado por Prado et al.,¹⁰ y Nascimento,¹¹ secando tamaras (*Phoenix dactylifera L.*) y vainas de algarroba (*Ceratonia siliqua*), respectivamente. Este acontecimiento ocurre debido a que la temperatura elevada del aire produce mayor flujo de secado 2022, por causa del correspondiente aumento del coeficiente de convección de transferencia de calor.

En la tabla 4 se muestra que los modelos matemáticos que mejor se ajusta a la curva de secado a 70 °C.

Tipo	Temperatura (°C)	Nombre del modelo	Ecuación	Estadística
Secado	70 °C	Henderson & Pabis	$Y = \frac{X_{wt} - X_{we}}{X_{wo} - X_{we}}$	$R^2 = 73,130 \%$
Deshidratado	70 °C	Henderson & Pabis	$Y = \frac{X_{wt} - X_{we}}{X_{wo} - X_{we}}$	$R^2 = 71,631 \%$

Tabla 5. Modelo matemático que mejor se ajusta a la curva de secado y deshidratado

Velocidad Deshidratado

La mayoría de alimentos deshidratados deben ser reconstituídos antes de su consumo, siendo necesario determinar las condiciones óptimas para la rehidratación; en consecuencia, es importante obtener productos deshidratados de textura aceptable en el menor tiempo posible.

Resultados semejantes fueron obtenidos por Zuniga et al.⁸ para deshidratación de pulpa de cupuacu.

DISCUSIONES

La deshidratación es una metodología que aporta para la conservación de los alimentos, con la acción de la reducción de agua presente en los mismos y a su vez por dicho fenómeno podemos disminuir notoriamente la presencia de bacterias, mohos y levaduras, que podrían dar paso a la descomposición¹², en este trabajo se hace uso de esta tecnología con el fin de conocer cual es el mejor tiempo y temperatura de deshidratación para conservar a la matriz ají.

Los modelos matemáticos de Henderson & Pabis se utiliza en la industria alimentaria para predecir el contenido de humedad final de los productos alimenticios durante el proceso de secado¹³. Este modelo se basa en la ecuación de la transferencia de masa y asume que la velocidad de secado es directamente proporcional a la diferencia entre la humedad presente del producto y la humedad de equilibrio en el aire circundante¹⁴. Los términos de secado más adecuados en la investigación fueron de 70 °C con un tiempo de 10 h ya que no deterioran el valor nutricional y sensorial del producto fina.

Las matrices vegetales pueden cambiar su composición físico química en base al método de secado y el sometimiento de las variables tiempo y temperatura, así también este fenómeno se atribuye al proceso bioquímico como la oxidación¹⁵. En el caso de las variedades de ají sometidas a deshidratación se presentó el fenómeno de pardeamiento oxidativo, pero se mantuvo la capsaicina.

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados indican que la temperatura y el tiempo de secado son factores críticos que influyen en el contenido de humedad del ají. El modelo matemático de Henderson & Pabis se ajustó mejor a la cinética de secado de las tres variedades de ají estudiadas. Se establecieron parámetros cinéticos, recomendando una temperatura de 70°C y un tiempo de secado de 10 horas. Estos hallazgos son valiosos para la industria del ají, ya que proporcionan directrices para mejorar la eficiencia y calidad del producto, permitiendo la implementación de un método estandarizado a gran escala.

REFERENCIAS

- Ramos, A., & Insolina A. Comportamiento reológico de la salsa de ají jalapeño [Internet]. Universidad nacional del centro de Perú; 2017. Available from: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1934>
- Villares J. Estudio comparativo de trichoderma harzianum más Bacillus subtilis para el control de

- agentes causal en el cultivo de ají (*Capsicum annum*) en el canton Ventanas. [Internet]. 2020. Available from: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VILLARES LEDESMA JOHNNY DANIEL.pdf>
3. Castillo F. Tipos de Ají, el toque picante de tus platos. Agencia, peruana de noticias [Internet]. Lima Andina. 2022. p. 1. Available from: <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-los-ajies-peruanos-estos-son-los-embajadores-las-cocinas-regionales-812454.aspx>
 4. Cedrón J. La Capsapcina. Rev Quim PUCP [Internet]. 2013;27(1-2):7-8. Available from: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/7590/7835>
 5. Guerrero, D., Motta R. Cinética de secado de ají jalapeño (*Capsicum annum* l.) EncurtidoSecado de una variedad de *Capsicum*. Hum Rev. 2023;1-12.
 6. Beltrán Muñoz H. Propuesta de un plan de negocios para la recuperación de la cocina novoandina en la ciudad de Arequipa 2022 [Internet]. Universidad Alas Peruanas; 2022. Available from: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/11128>
 7. Rocha Ángulo JÁ. Secado de ají tabasco (*Capsicum frutescens*) mediante deshidratación por convección forzada. Prospectiva [Internet]. 2016;14(1):89-95. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v14n1/v14n1a11.pdf>
 8. Giraldo-Zuniga, A., Pinedo, A., Silva, A., Silva, P., Serra, J., & Pavlak M. Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. Cienc y Tecnol los Aliment [Internet]. 2010;30(1):179-82. Available from: <https://www.scielo.br/j/cta/a/HT4CM6wN7jD9Wnh7kSSHyhF/?format=pdf&lang=es>
 9. Dávila, S., Marín, M., & Franco A. Modelo Numerico para el comportamineto térmico de un secador tipo domo con circulación forzada para el sedaco de ajjies. Simp Peru Energía Solar, [Internet]. 2021;15-9. Available from: <https://xxviiiispes.perusolar.org/wp-content/uploads/2022/01/14.-Sandra-Vergara.pdf>
 10. Prado, M., Park, K., & Alonso L. Shrinkage of dates (*Phoenix dactilyfera*). Dry Technol [Internet]. 2010;18(1-2):295-310. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373930008917705>
 11. Nascimento, A. P. S.; Lima, A. K. S.; Cavalcanti, C. F.; Gusmao RP. Cinética de secagem de vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* SW). Rev Verde Agroecol e Desenvolv Sustentável, [Internet]. 2015;10(5):115-119. Available from: doi: 10.18378/rvads.v10i5.3338. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3338>.
 12. Figueredo-Rondón MC. Evaluación del secado de la Musa Paradisiaca (plátano) utilizando el aparato de laboratorio SBAN. Tecnología química. 2017; 37(2). Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445551175013.pdf>.
 13. Satimehin AA. Drying characteristics and mathematical modelling of the drying kinetics of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). International Drying Symposium. 2018; 21. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445551175013.pdf>.
 14. Vidal HG. Drying temperatures on the functional properties of purple-fleshed sweet potato. Ciência Rural. 2022; 52(6). Available from: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20201044>
 15. Xavier G. Evaluación de la deshidratación osmótica para el enriquecimiento con compuestos bioactivos en manzana. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2019; 10(5). Available from: <file:///C:/Users/aleja/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaDeshidratacionOsmoticaParaElEnriquec-7098890.pdf>

Received: 28 September 2023/ Accepted: 15 November 2023 / Published:15 December 2023

Citation: Núñez D, Agualongo Sinchipa S, Callan Chela C, Gaibor Chávez J. Deshidratación de diferentes variedades de ají para la obtención de polvo. Revis Bionatura 2023;8 (4)

4. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.4>

Publisher's Note: Bionatura stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).