

## Efecto de la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de *Morinda citrifolia* L. "Noni"

### Effect of drying kinetics on the antioxidant activity of *Morinda citrifolia* L. "Noni" flour

Nick Brian Serrano Mesía<sup>1</sup>; Erick Aldo Auquiñivin Silva<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de *M. citrifolia* L. (noni). El proceso de secado se realizó en un secador de bandejas, con cuatro temperaturas (30, 40, 50 y 60°C) y dos velocidades de aire (3,0 y 3,5 m/s). La actividad antioxidante de la harina de noni se determinó mediante la técnica de reducción del 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Se observó que la corrida experimental a una temperatura de 50 °C y velocidad de aire de 3,5 m/s ocasionó una eliminación de humedad constante determinándose una humedad residual crítica de 4,16 g agua/g noni seco, humedad residual de equilibrio de 0,14 g agua/g noni seco y un tiempo crítico de 20 minutos. Los resultados indican que la cinética de secado si ocasionó un efecto en la actividad antioxidante de harina de noni, el cual se mostró en el tratamiento de 50°C a 3,5 m/s obteniendo porcentaje de radicales libres de 97,05% y la velocidad de secado que mostró el mayor valor de 0,154 de g agua/g noni con una capacidad antioxidante de 96%.

**Palabras clave:** Actividad antioxidante, harina, *Morinda citrifolia* L.

#### ABSTRACT

The research aimed to determine the effect of drying kinetics on the antioxidant activity of *M. citrifolia* L. "noni" flour. The drying process was carried out using a tray dryer executing eight treatments with four temperatures (30, 40, 50 and 60°C) and two speeds (3.0 and 3.5 m / s). The antioxidant activity of noni flour was determined by the technique of reduction of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). It was observed that the experimental run at a temperature of 50 ° C and air velocity of 3.5 m / s caused a constant moisture elimination determining a critical residual moisture of 4.16 g dry water / g noni, equilibrium residual moisture of 0.14 g dry water / g noni and a critical time of 20 minutes. The results indicate that the drying kinetics did cause an effect on the antioxidant activity of noni flour, which was shown in the treatment of 50 ° C at 3.5 m / s obtaining a percentage of free radicals of 97.05% and The drying rate that showed the highest value of 0.154 g water / g noni with an antioxidant capacity of 96%.

**Keywords:** Antioxidant activity, flour, *Morinda citrifolia* L.

<sup>1</sup> Bachiller en Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: [serranomesia@gmail.com](mailto:serranomesia@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente asociado de la Facultad de Ingeniería Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; Ingeniero Agroindustrial; con el grado de Maestro en Ciencias de la Educación con mención en Docencia y Gestión universitaria. Correo electrónico: [erick.auquiñivin@untrm.edu.pe](mailto:erick.auquiñivin@untrm.edu.pe)

## I. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos buscan mejorar su calidad de vida consumiendo productos naturales industrializados con la finalidad de obtener mayores beneficios para la salud. Al procesar los productos naturales deben de mantener sus propiedades medicinales y sus características organolépticas; Ciappini et al. (2013) recomienda el consumo y comercialización de productos naturales con alta capacidad antioxidante, ya que contribuyen en la conservación de la salud y la prolongación de la vida útil de los productos alimentarios.

En el mundo se están ejecutando diversas formas de secado de frutos que otorga una vida útil muy prolongada. Por esta razón, es relativamente fácil de llevar a cabo a cualquier nivel y permite obtener productos compatibles con cualquier otro ingrediente este proceso ofrece el impedimento de crecimiento bacteriano y una calidad relativamente baja en cuanto a contenido residual de nutrientes, textura, aroma, etc (Michelis y Ohaco, 2015).

Los compuestos oxidantes dañan a los seres vivos, este daño ha sido relacionado con el desarrollo de enfermedades y el envejecimiento. Asimismo, disminuye la calidad nutricional y funcional de los alimentos. Diversos estudios muestran la importancia de los antioxidantes naturales en la prevención de cáncer y enfermedades cardiovasculares, además se utilizan en la industria alimentaria adicionados a las grasas u otros productos para retrasar los procesos de oxidación, en tanto previenen el comienzo de la rancidez oxidativa (Coronado et al., 2015)

El efecto del tratamiento térmico en el contenido de antioxidantes de *M. citrifolia* L. y las variables productivas, oxidación lipídica y calidad de carne de conejo se utilizó 3 temperaturas y una velocidad de aire obteniendo resultados de 82 -93% en capacidad antioxidante ayudando a conservar en óptimas condiciones la carne de conejo (Mireles, 2015). Por lo cual, esta investigación sobre el secado del noni no difiere del modelo experimental, que se puede usar en el proceso de secado ajustándose a diferentes condiciones sin necesidad de asumir mecanismos de transferencia de masa, y puede ser utilizado para calcular la difusividad en otras condiciones de secado como aumentos en la velocidad de aire.

La región Amazonas cuenta con 58 ha de plantaciones de noni, con un rendimiento de producción 21250,66 kg/ha, que puede ser utilizado en diferentes procesos agroindustriales, como la obtención de su extracto, harina y diferentes derivados que se pueden obtener del noni (Núñez, 2017).

Asimismo, el noni es una fruta utilizada como materia de investigación como, en una de ellas se realizó la determinación de la actividad antioxidante de una bebida de dicha fruta, utilizando el reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH); obteniendo

resultado 1,77±0,08 mg ácido gálico/g de fenólicos totales (Alfaro, 2019).

También se encuentran investigaciones en donde se realizó un extracto del fruto de noni para poder determinar su actividad antioxidante (DPPH) obteniendo resultados de 612 mg ácido gálico/ml del extracto del fruto fermentado con DPPH (Robledo et al., 2017).

Por lo expresado se ha visto por conveniente determinar el efecto de la cinética de secado (temperatura y velocidad de secado) en la actividad antioxidante de harina de noni.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Muestra.

Los frutos de noni fueron recolectados en estado de madurez fisiológica, en el distrito de Bagua, provincia de Bagua, Región Amazonas; se realizó el lavado con agua potable y cortado para la deshidratación.

### 2.2. Métodos y técnicas.

**a. Cinética de secado:** Se realizó el procedimiento descrito por Barrena (2011) sobre cinética de secado el cual constituye:

El pesado de las rodajas de noni cada 10 minutos (t) se calculó con la siguiente fórmula:

$$P2 = P1 - SB$$

P2: el peso de las rodajas de noni (g)

P1: peso de las rodajas de noni más el soporte de las mallas (g)

SB: peso del soporte de las mallas (g)

Para calcular la humedad residual de las rodajas de noni cada 10 minutos se empleó la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{P_2 - S}{S}$$

Y: humedad residual (%)

S: peso de las rodajas secas (g)

La variación de la humedad con el tiempo

$$\frac{-dY}{dt} = \frac{Y_i - Y_{i+1}}{t_i - t_{i+1}}$$

-dY/dt: la humedad sobre el tiempo

Y<sub>i</sub>: primera humedad residual

Y<sub>i+1</sub>: siguiente humedad residual

Para calcular la humedad residual promedio (Y<sub>m</sub>) se empleó la siguiente fórmula:

$$Y_m = \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2}$$

**b. Obtención de harina de noni:** Previamente a las muestras de noni se realiza un lavado, se corta en rodajas de 0,2 cm de espesor eliminando las pepas, después se colocó las láminas en las cuatro bandejas dentro del secador de bandeja de aire forzado.

Para el secado del noni se utilizó combinación de temperaturas y velocidades de aire como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tratamientos empleados

Temperatura (°C)	Velocidad de aire(m/s)	
	3,0	3,5
30	T1(30°C a 3,0 m/s)	T2(30°C a 3,5 m/s)
40	T3(40°C a 3,0 m/s)	T4(40°C a 3,5 m/s)
50	T5(50°C a 3,0 m/s)	T6(50°C a 3,5 m/s)
60	T7(60°C a 3,0 m/s)	T8(60°C a 3,5 m/s)

Las láminas de noni fueron secadas utilizando la velocidad de aire forzado del secador de bandeja, procediendo a pesar el soporte con las mallas y las láminas de noni (P1); se inició en tiempo 0, después se pesó cada 10 minutos hasta que el peso de la muestra se mantenga constante; luego, se colocó la muestra en una estufa a 100°C en papel aluminio, para obtener el peso seco de las láminas (S).

**c.Actividad antioxidante:** Para determinar la actividad antioxidante se siguió el procedimiento descrito por Brand-Williams et al., (1995), el mismo que se detalla a continuación:

Se preparó 400 ml de una solución de DPPH en metanol de 75 mg/L; luego se prepararon soluciones metánolicas de la muestra en concentraciones de 900 µg/ml (solución A).

Se realizó el ajuste del espectrofotómetro digital ÚNICO modelo S-2100 a cero, con un blanco de metanol agua 2:1; posteriormente se preparó el blanco de muestra con 0,75 ml de muestra (solución A) y 1,5 ml de metanol.

Se preparó el patrón de referencia con 1,5 ml de solución de DPPH y 0,75 ml de agua.

Luego se procedió a la preparación de las muestras con 0,75 ml de solución A y 1,5 ml de solución de DPPH, se dejó actuar por 5 min y se realizó la lectura a 517 nm en el espectrofotómetro.

Se realizó la lectura de la absorbancia del patrón de referencia y del blanco de muestra, seguidamente se tomó las lecturas de las 8 muestras preparadas. Los valores de las absorbancias obtenidas se determinaron el porcentaje de captación de radicales libres (DPPH) mediante la siguiente formula

$$\%Captación_{radicales\ libres} = \left[ 1 - \frac{(A_2 - A_3)}{A_1} \right] \times 100$$

A1=Absorbancia del patrón de referencia; A2=Absorbancia de la muestra; A3=Absorbancia del blanco de muestra.

2.3. Análisis de datos

En la investigación se utilizó un nivel de significancia (α): 5%, con un nivel de confianza (1 - α): 95% para ser empleado en el cuadro de Análisis de varianza; pero, para realizar la comprobación de los resultados se utilizó Tukey al 5% de significancia.

III. RESULTADOS

Determinación de la actividad antioxidante

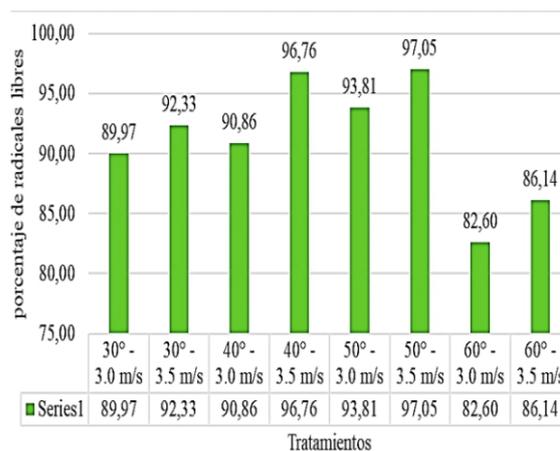


Figura 1. Actividad antioxidante de noni

En la figura 1, se observa el porcentaje de actividad antioxidante de la sustancia metanólica de noni de cada tratamiento de cinética de secado obteniendo resultados óptimos de 97,05 y 82,6%.

Cinética de secado de noni

En la figura 2, en lo que respecta a la cinética de secado de los tratamientos muestra la formación de curva de cada uno de los tratamientos obteniendo su respectivo tiempo crítico, humedad crítica y de equilibrio.

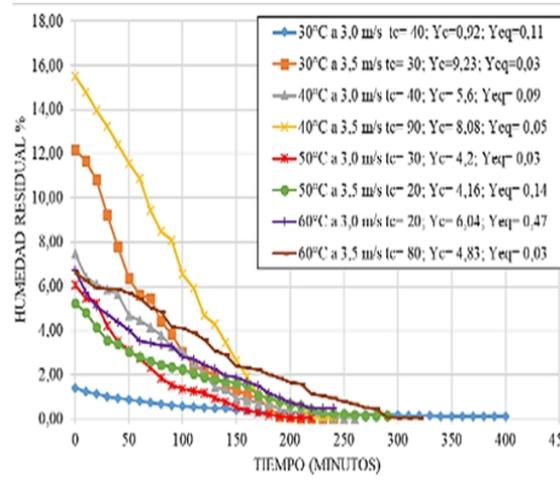
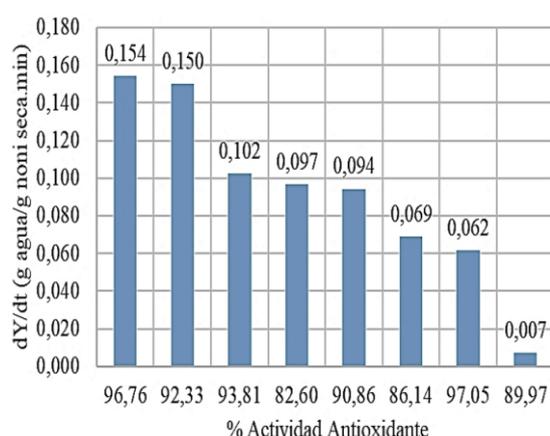


Figura 2. Curvas de Cinética de secado

### Efecto del secado sobre la actividad antioxidante

En la figura 3 se observa que la velocidad de secado máxima es de 0,154 g agua/g noni por minuto, con un porcentaje de actividad antioxidante de 96,76 %; mientras, que la mínima es de 0,007 g agua/g noni por minutos con un porcentaje de actividad antioxidante de 89,97%. Evidenciándose que existe variabilidad entre la pérdida de agua y la capacidad antioxidante en las muestras de noni como se muestra en la figura, concluyendo que, a mayor velocidad de secado, el porcentaje de actividad antioxidante aumenta; en cambio al disminuir, esta se reduce.



**Figura 3.** Velocidad de secado vs. Actividad antioxidante

**Tabla 2.** Cuadro ANVA de un factor

Origen de las variaciones	G.L.	Prom. de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	1	33195,4	2664,2	0,00
Dentro de los grupos	14	12,4		
Total	15			

La tabla 2 es un resumen de análisis de variables velocidad de secado y actividad antioxidante de las cuales se obtiene una probabilidad de 0,00 lo que indica que si hay un efecto significativo en la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de noni.

## IV. DISCUSIÓN

En la actividad antioxidante (figura 1) se obtuvo un porcentaje de 97,05 de radicales libres a una temperatura de 50°C y una velocidad de aire de 3,5 m/s; mientras, el trabajo de Mireles (2015), muestra la capacidad antioxidante del producto seco de noni con un porcentaje de 82-93 de inhibición del radical DPPH. De la misma manera en la investigación de Morales et al. (2015), determinan la actividad

antioxidante del fruto mediante la reacción espectrofotométrica con la disolución metanólica en el que se encontró un 83,71–96,72%; con las investigaciones referidas, el noni tiene un valor elevado de radicales libres, esto quiere decir que su utilización sería muy favorable en la industria alimentaria y farmacéutica.

En la investigación se utilizó cuatro temperaturas (30, 40, 50 y 60 °C) y dos velocidades de aire (3,0 y 3,5 m/s) para realizar el secado de las rodajas de noni de 2 mm, cuya temperatura de 50°C y una velocidad de aire de 3,5 m/s que es el mejor proceso, alcanzando un tiempo crítico de secado de 20 min, humedad crítica de 4,16 de equilibrio de 0,14 de pulpa seca y un R2 de 0,928 y 0,959. Se evidencia un proceso casi simultáneo en la investigación de Mireles (2015), quien utilizó láminas de 2 mm de noni a temperaturas de 50, 60 y 70°C mostrando un R2 > 0,995. En la investigación de noni se encontró que el mejor porcentaje de radicales libres es a 97,05% a 50°C a 3,5 m/s con un R2 de 0,928 y 0,959; en la investigación de Cardozo et al. (2011), utilizaron temperaturas 45°C y 55°C con una actividad antioxidante de 75,56% y 79,83% y con R2 de 0,9997 y 0,9994.

Existe una variación entre velocidad de secado y actividad antioxidante (figura 3) porque conforme se va perdiendo agua por peso de muestra seca aumenta la actividad antioxidante de noni; con 0,154 de g agua/g noni seca por min. Obteniéndose una mayor capacidad antioxidante del 96%. Lo que se evidencia de acuerdo a Robledo et al. (2017), que en las distintas velocidades de secado aplicadas se encontró una capacidad antioxidante superior al 85%, esto demuestra una característica importante del fruto que es rico en antioxidantes.

En la tabla 2 se observa un efecto significativo, lo que indica que se encuentra debajo del grado de significancia que es de 0,05, esto explica que el grupo de las variables (velocidad de secado y actividad antioxidante) ocasionan un efecto en la cinética de secado en la actividad antioxidante de harina de noni; por el cual se toma la velocidad de secado de 0,154 de g agua/g noni seca por minuto y con un porcentaje de actividad antioxidante de 96,76.

## V. CONCLUSIONES

La temperatura y velocidad de secado afectó en la actividad antioxidante de harina de noni evidenciándose en los tratamientos al obtener el porcentaje del 97,05 – 82,60 de actividad antioxidante.

Se elaboró la curva de secado para la temperatura de

50° C a 3,5 m/s hallando datos como la humedad crítica de 4,16 g agua/ g noni seco, humedad de equilibrio de 0,14 g agua/ g noni seco y tiempo crítico de 20 minutos.

La velocidad de secado indica que una de las variables ocasionó un efecto en el secado y en la actividad antioxidante, el cual se halla debajo del grado de significancia, por lo que rechaza la hipótesis nula y para lo cual si se encontró efecto en la cinética de secado en la actividad antioxidante.

La cinética ocasionó efecto en la actividad antioxidante, infiriéndose que a mayor velocidad de secado se obtiene un alto contenido de actividad antioxidante.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, S. (2019). *Diseño de una bebida funcional con capacidad antioxidante a base de pulpa de mango* (Mangifera indica L.), noni (Morinda citrifolia) y aguaymanto (Physalis peruviana L.) (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3099>
- Barrena, M. Á. (2011). *Modelamiento de la cinética de secado de lúcuma* (Pouteria lúcuma) (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8185/Tesis%20DoctoradoX%20-%20Miguel%20Angel%20Barrena%20Gurbill%20C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). *Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity*. *Lebensm. Wiss. Technol.*, 28(1), 25-30.
- Ciappini, M. C., Stoppani, F. S., Martinet, R., & Alvarez, M. B. (2013). *Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa*. *Revista Ciencia y Tecnología*, 19(1), 45-51.
- Coronado, M., Vega, S., Gutierrez, L., Vasquez, M., & Radilla., C. (2015). *Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana*. *Revista Chilena de Salud*.
- De Michelis, A. y Ohaco, E. 2015. *Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos*. *Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala*. Ediciones INTA. Argentina, Buenos Aires.
- Mireles, A. I. (2015). *Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antioxidantes de noni (Morinda citrifolia L.) y su efecto en las variables productivas, oxidación lipídica y calidad de carne de conejos en finalización* (Tesis de Doctorado). Universidad Autónoma del Estado de México, México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58856>
- Núñez, L. (2017). *Referencia e información de terreno de noni en Amazonas*. Agencia Agraria de Bagua.
- Robledo, K. P., Buenaño, J., & Maúrtua, S. (2017). *Efecto de la fermentación alcohólica en el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en el extracto del fruto maduro del noni (Morinda citrifolia L.)* (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621319>