

TIEMPO Y TEMPERATURA SOBRE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD Y CONTENIDO DE PROTEÍNA EN HOJAS DE *Moringa oleifera* LAM.

TIME AND TEMPERATURE ON THE LOSS OF MOISTURE AND PROTEIN CONTENT IN *Moringa oleifera* LAM. LEAVES

Quintanilla-Medina, J.J.¹, Garay-Martínez, J.R.¹, Alvarado-Ramírez, E.R.¹, Hernández-Meléndez, J.¹, Mendoza-Pedroza, S.I.², Rojas-García, A.R.³, Joaquín-Cancino, S.^{1*}, Hernández-Garay, A.^{4†}

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Adolfo López Mateos, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. CP. 87149. ²Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2. Universidad Autónoma de Guerrero. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Texcoco, México. CP. 56250.

*Autor de correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del tiempo y temperatura sobre la pérdida de humedad (PH) y el contenido de proteína cruda (PC) en hojas de *Moringa oleifera* (moringa). Se evaluaron nueve tratamientos obtenidos de la combinación de dos factores de estudio: temperatura (40, 50 y 60 °C) y tiempo (48, 60 y 72 h) de deshidratación en estufas de circulación de aire forzado. En la cuales se introdujeron nueve muestras de moringa (250 g), para posteriormente retirar tres muestras de cada estufa a las 48, 60 y 72 h. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial (3x3). El tiempo y temperatura, afectaron ($p \leq 0.05$) positiva y negativamente a la PH y contenido de PC, respectivamente. Todas las combinaciones de tiempo y temperatura permitieron obtener porcentajes de humedad por debajo de 13 %, a excepción de 40 °C por 48 h. Las hojas de moringa presentaron contenidos de PC que oscilaron entre 25.6 y 31.5 %. Cuando la temperatura se incrementó de 40 a 60 °C, la PC se redujo 3.6 % ($p \leq 0.05$); mientras que, al aumentar el tiempo deshidratado de 48 a 72 h, la PC disminuyó 1.9 % ($p \leq 0.05$). Utilizar la temperatura de 40 °C y tiempo de secado de 60 y 72 h permitió conservar mayor contenido de proteína cruda (29 %) en las hojas de moringa.

Palabras clave: Proceso de deshidratación, tratamiento térmico, contenido proteico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of time and temperature on the loss of moisture (ML) and the content of raw protein (RP) in *Moringa oleifera* (moringa) leaves. Nine treatments obtained from the combination of two study factors were evaluated: temperature (40, 50 and 60 °C) and dehydration time (48, 60 and 72 h) in forced air circulation stoves. Nine samples of moringa were introduced (250 g) into these, to later withdraw three samples from each stove at 48, 60 and 72 h. The data were analyzed under a completely random design (CRD) with factorial arrangement (3×3). Time and temperature affected ($p \leq 0.05$) positively and negatively the pH and RP content, respectively. All the combinations of time and temperature allow obtaining moisture percentages under 13 %, except with 40 °C for 48 h. The moringa leaves presented RP contents that ranged between 25.6 and 31.5 %. When the temperature was increased from 40 to 60 °C, the RP decreased 3.6 % ($p \leq 0.05$), while when increasing the dehydrated time from 48 to 72 h, the RP decreased 1.9 % ($p \leq 0.05$). Using the temperature of 40 °C and drying time of 60 and 72 h allowed conserving a higher content of raw protein (29 %) in the moringa leaves.

Keywords: Dehydration process, thermal treatment, protein content.

Una vez deshidratadas las hojas, se muelen y puede obtener harina y de esta manera, prolongar la durabilidad del producto (López, 2016). Moyo *et al.* (2011) refuerzan lo anterior aseverando que, deshidratar las hojas ayuda a concentrar los nutrientes, facilita la conservación y el consumo, ya que permite utilizarla durante el periodo de escases de alimento o facilitar el traslado a lugares donde no se produce. Sin embargo, durante el proceso de deshidratación, puede ocurrir la desnaturalización de la proteína, como consecuencia de la temperatura (Bensaude *et al.*, 1990); lo cual, puede influir en la conservación del forraje. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de temperaturas y tiempos de secado sobre el contenido de proteína cruda en hojas de *Moringa oleifera*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se utilizó material vegetal de moringa obtenido de una plantación establecida en la Posta Zootécnica "Ing. Herminio García González" perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias (FIC) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), en el municipio de Güémez, Tamaulipas, México, localizado en el km 22.5 de la carretera Nacional Victoria-Monterrey (23° 56' 26.5" N y 99° 05' 59.9" O, a 193 m). La temperatura ambiental y precipitación pluvial promedio anual es de 22 °C y 700 mm, respectivamente (INEGI, 2015). El suelo es de textura arcillosa (11.3, 23.3 y 65.4%, arena, limo y arcilla, respectivamente), pH de 8.3, sin problemas de salinidad (RAS=0.19), y con una concentración de materia orgánica y nitrógeno de 4.2 y 0.25%, respectivamente (Garay *et al.*, 2017).

INTRODUCCIÓN

El género

Moringa (Moringaceae) agrupa a 13 especies, las cuales, *M. oleifera* y *M. stenopetala* destacan por su importancia económica (Mahmood *et al.*, 2010). Sin embargo, *M. oleifera* comúnmente llamada moringa, es la especie más conocida. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el Noreste de India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán, que ha sido ampliamente distribuido en gran parte del planeta incluyendo América Central (Pérez *et al.*, 2010). Es una planta multipropósito, utilizada principalmente en la industria cosmética, farmacológica, medicinal y sanitaria (Arenales, 1991). No obstante, debido a su alto valor nutritivo, también puede ser utilizada como un recurso forrajero (Melesse *et al.*, 2012; Alvarado *et al.*, 2017). En diversas regiones del trópico existe el interés por encontrar especies arbóreas para incluirlas en la alimentación animal. Este interés ha surgido en gran medida por la necesidad de seleccionar especies como fuente de forraje de alta calidad para períodos prolongados de sequía que tiene efectos adversos en la producción animal en zonas tropicales (Narváez y Lascano, 2004). En este sentido, la moringa es un árbol forrajero que se adapta a suelos ácidos y alcalinos (Duke, 1983). La producción de forraje puede alcanzar 21 t de MS ha⁻¹ y las hojas contienen hasta 27% de proteína cruda (Mendieta-Araica *et al.*, 2013).

La conservación de forraje es una práctica común en lugares donde se presentan sequías por períodos prolongados. En este sentido, es de vital importancia definir un método de conservación, donde se mantengan las propiedades del forraje por más tiempo. Por lo cual, se sugiere la deshidratación para reducir el contenido de humedad a un nivel que limite el crecimiento microbiano y las reacciones químicas (Cuadrado *et al.*, 2003).

Tratamientos, establecimiento y manejo del cultivo

Se evaluaron nueve tratamientos obtenidos de la combinación de dos factores de estudio: tres tiempos (48, 60 y 72 h) y tres temperaturas (40, 50 y 60 °C) de deshidratación en estufas de circulación de aire forzado. La siembra se realizó el 4 de septiembre de 2016, se utilizó semilla botánica y se depositaron dos semillas por sitio a distancias de 0.5 y 0.8 m entre plantas y surcos, respectivamente, el tamaño total del área experimental fue de 1,600 m². Se aplicó una lámina de riego de 25 mm por aspersión a los 15 días después de la siembra (dds). A los 90 días se realizó un corte de uniformidad a 25 cm sobre el nivel del suelo y a los 140 dds se fertilizó con 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno (Urea, AgriCenter®, México) y se aplicó un segundo riego de auxilio (25 mm). El control de malezas se realizó manualmente.

Muestreos y proceso de secado

El muestreo se realizó a los 126 días posteriores al corte de uniformidad (220 dds). Para ello, se seleccionaron 50 plantas al azar y se cortaron las ramas (rebrote) a partir de los 25 cm sobre el nivel del suelo. El material vegetal obtenido se separó en hojas (hojas compuestas) y tallos; estos últimos se desecharon, y con las hojas se generaron 27 muestras, cada una de 250 g, las cuales se pesaron en una balanza analítica (CQT 2601, ADAM®, USA), se depositaron en bolsas de polietileno transparente (Ziploc®, SC Johnson, México) de 26.8x27.3 cm, se etiquetaron y se colocaron en un recipiente con hielo (Hielera Coleman M5248A718G) para disminuir la respiración celular durante su traslado al laboratorio. Para el proceso de deshidratación, las muestras contenidas en bolsas Ziploc se trasladaron a la Central Integral de Laboratorios de la FIC (UAT) y de cada una se extrajeron las hojas y se depositaron en bolsas de papel tipo kraft de 18x35 cm. Se utilizaron tres estufas de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific®, USA) programadas a 40, 50 y 60 °C. Dentro de cada una, se colocaron nueve muestras, que posteriormente se retiraron (tres muestras) a las 48, 60 y 72 h, y se pesaron nuevamente para determinar la pérdida de humedad de cada tratamiento. Después del secado, las muestras se molieron utilizando una malla con tamaño de poro de 2 mm en un molino Thomas-Wiley (3375-E15, Thomas Scientific, USA). Posteriormente, se determinó el contenido de nitrógeno con la técnica Kjeldahl (AOAC, 1990) y se multiplico por 6.25 para obtener los valores de proteína cruda (PC).

Se determinó la pérdida de humedad (PH, %), humedad residual (HR, %), materia seca (MS, %) y contenido de proteína cruda (PC, %). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (2002), en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, con arreglo factorial AxB; donde el factor A correspondió al tiempo (48, 60 y 72 h) y el factor B a la temperatura (40, 50 y 60 °C). Cuando se encontró diferencia estadística significativa, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Además, se aplicó el procedimiento REG (SAS, 2002), para el análisis de regresión simple de entre el tiempo de secado y la pérdida de humedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de humedad y humedad residual de la muestra
No se encontró diferencia estadística ($p \geq 0.05$), para el contenido de materia seca en las hojas de moringa, que en promedio fue de 21%. Se observó que, a 40 °C, independientemente del tiempo de secado, se presentó humedad residual (HR) en las hojas de moringa; y a las 48 h se registró el mayor valor (18.0%; $p \leq 0.05$), seguido de 60 y 72 h, que fueron similares (12.5%; $p \geq 0.05$; Figura 1). Cuando las hojas se sometieron a 50 °C, a 48 y 60 h, los valores de HR fueron de 14% y 9%, respectivamente. En contraste, a 60 °C en los tres tiempos de secado (48, 60 y 72 h), la pérdida de humedad fue similar, ya que se eliminó en su totalidad (Figura 1).

Con el análisis de regresión simple se observó que la pérdida de humedad incrementó al aumentar el tiempo y la temperatura (Figura 2). La dinámica de la PH fue diferente entre las temperaturas evaluadas. Cuando las muestras se sometieron a 40 °C, de 48 a 72 h, perdieron 0.25% de humedad por cada hora transcurrida. Por otra parte, cuando se expusieron a 50 °C durante el mismo

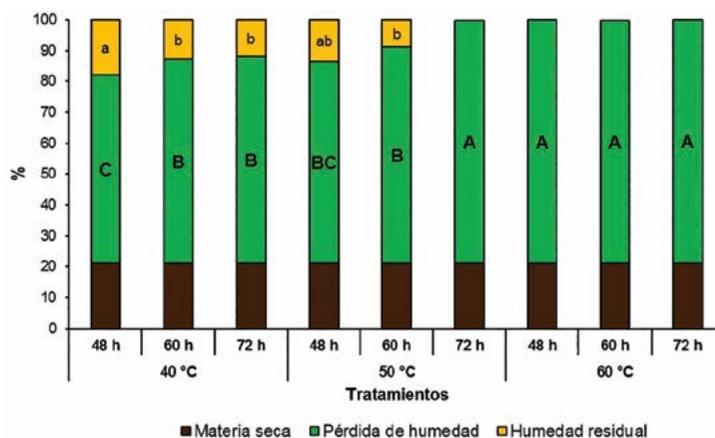


Figura 1. Contenido de materia seca y humedad (pérdida y residual) en hojas de *M. oleifera* a diferente tiempo y temperatura.

periodo de tiempo, la PH fue mayor que a los 40 °C, con 0.55 % h⁻¹. La menor tasa de PH se observó cuando las hojas se secaron a 60 °C (0.03 % h⁻¹); ya que, a partir de las 48 h se eliminó todo el contenido de humedad (Figura 2).

En un estudio realizado en hojas de moringa extendidas en charolas, López (2016) registró que a partir de las 19 h se estabiliza la pérdida de humedad y posterior a ese tiempo, las muestras perdieron 0.05 %. Sin embargo, en este estudio la estabilidad en la PH se observó a las 72 h a 50 °C y a partir de las 48 h a 60 °C. Lo anterior podría deberse a que, en este estudio, las muestras se colocaron en bolsas, lo cual retardó el tiempo en el proceso de secado; ya que la transferencia de calor se da de la superficie hacia el centro, mientras que la dinámica de la humedad interna es en sentido contrario (Tinoco y Ospina, 2010; Moraga et al., 2011).

En esta investigación se encontró que la temperatura tuvo mayor influencia en la deshidratación, que el tiempo de exposición. Esto concuerda con Pineda-Castro et al. (2009), quienes al evaluar la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*), concluyeron que la temperatura es la variable más influyente, seguida de la velocidad y humedad del aire. Así mismo, al deshidratar las hojas, la temperatura tiene efecto significativo en su colo-

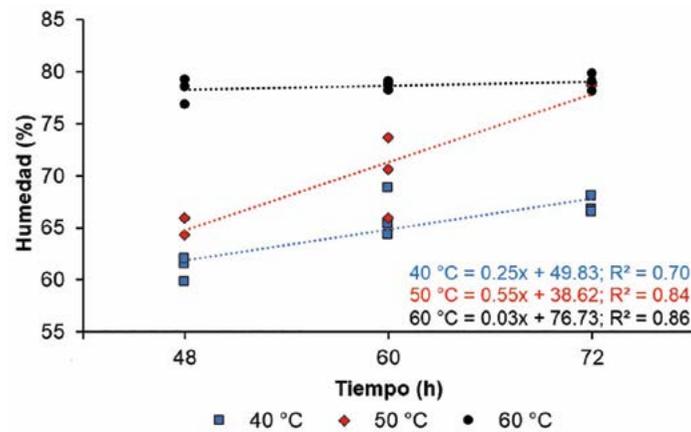


Figura 2. Pérdida de humedad en hojas de *M. oleifera* en función del tiempo y temperatura.

ración, ya que cuando es superior a 50 °C, se presentan tonalidades de amarillo a verde olivo, por lo cual, se recomienda la deshidratación entre 40 y 50 °C para mantener la coloración verde (García, 2014; López, 2016).

Se ha mencionado que, para la conservación de forraje (henificado), debe contener menos del 15% de humedad, para evitar disminución en la calidad, debido a la pérdida de nutrientes por fermentación o enmohecimiento (Cuadrado et al., 2003). En este sentido, a excepción de 40 °C por 48 h (18% de humedad), todas las combinaciones de tiempo y temperatura permitieron obtener porcentajes de humedad inferiores a lo recomendado para evitar la proliferación de hongos.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda en hojas de *M. oleifera* en función de la temperatura y tiempo de secado.

Tiempo (h)	Temperatura (°C)			Promedio
	40	50	60	
48	31.5 a	29.2 a	26.6 a	29.1 a
60	28.9 b	28.5 a	26.7 a	28.0 b
72	29.2 b	26.7 b	25.6 a	27.2 c
Promedio	29.9 A	28.2 AB	26.3 B	

Literales diferentes entre filas (a, b, c) y columnas (A, B), indican diferencia estadística significativa (Tukey; p ≤ 0.05).

Contenido de proteína (PC)

Los contenidos de PC en las hojas de moringa oscilaron entre 25.6% y 31.5%. Se observó que, al aumentar la temperatura y tiempo de secado, el contenido de PC disminuyó significativamente (p ≤ 0.05). En este sentido, cuando la temperatura se aumentó de 40 a 60 °C, el contenido

de PC se redujo 3.6%. Cuando se aumentó el tiempo de deshidratado de 48 a 72 h, la PC disminuyó 1.9%. La temperatura tuvo mayor efecto en la disminución de la PC, ya que ésta se redujo 0.18 % por cada °C que se aumentó; mientras que por cada hora que se mantuvieron las muestras en la estufa, la PC disminuyó 0.07 % (Cuadro 1).

Se ha reportado que la proteína cruda total disminuye cuando existe un calentamiento del forraje (Lemus, 2009); lo cual fue evidenciado en esta investigación, con la disminución de cinco puntos porcentuales en el contenido de PC, cuando la temperatura incrementó de 40 a 60 °C. En este sentido, al deshidratar hojas de moringa expuestas al sol (mayor temperatura) se obtienen contenidos de PC de 24.4% (Bhowmik et al., 2008); mientras que al deshidratarlas bajo sombra (menor temperatura), se obtiene valores de 30.3 % (Moyo et al., 2011).

CONCLUSIONES

El incremento de la temperatura y tiempo fueron factores deter-

minantes en la pérdida de humedad en las hojas de moringa. Las combinaciones de tiempo (48, 60, 72 h) y temperatura (40, 50 y 60 °C) utilizadas en muestras de hojas de 250 g, permitieron obtener humedad residual por debajo del 13%, a excepción de la combinación 40 °C por 48 h. Utilizar la temperatura de 40 °C y tiempo de secado de 60 y 72 h permitió conservar mayor contenido de proteína cruda.

LITERATURA CITADA

- Alvarado-Ramírez E. R., Joaquín-Cancino S., Estrada-Drouaillet B., Martínez-González J. C., Hernández-Meléndez J. 2018. *Moringa oleifera* Lam.: Una alternativa forrajera en la producción pecuaria en México. *Agroproductividad* 11(2): 106-110.
- Arenales B. 1991. Efecto de las suspensiones de semillas de *Moringa oleifera* Lam. sobre la coagulación de aguas turbias naturales. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos. Guatemala. 74 p.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Ed. Agricultural Chemicals. USA. 684 p.
- Bensaude O., Pinto M., Dubois M. F., Van Trung N., Morange M. 1990. Protein denaturation during heat shock and related stress. *In*: Schlesinger M. J., Santoro M. G., Garaci E. (Eds.) *Stress proteins*. Ed. Springer, Berlin, Heidelberg. USA. pp: 89-99.
- Bhowmik S., Chowdhury S. D., Kabir M. H., Ali M. A. 2008. Chemical composition of some medicinal plant products of indigenous origin. *The Ban gladesh Veterinarian* 25: 32-39.
- Cuadrado H., Mejía S., Contreras A., Romero A., García J. 2003. Manejo agronómico de algunos cultivos forrajeros y técnicas para su conservación en la Región Caribe Colombiana. Ed. EDITORIAL SIGLO 21. Colombia. 52 p.
- Duke J. A. 1983. Handbook of energy crops (*Moringa oleifera*). Center for new crops and plant products. Purdue University, Indiana, US. En línea: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Moringa_oleifera.html.
- Garay J. R., Joaquín S., Estrada B., Martínez J. C., Hernández J., Limas A. G., Ruiz S. 2017. Rendimiento de forraje de *Pennisetum ciliare* cv. H-17 a tres edades de rebrote en Güémez, Tamaulipas, México. En: Yamasaki A., Yamasaki L., Yong G., Macias G. P., León H., Pérez E. J., Sánchez J. (Eds). Ed. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH, México. pp: 470-475.
- García F. J. 2014. Evaluación de los efectos del proceso de secado sobre la calidad de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) y la Hierbabuena (*Mentha spicata*). Ed. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. 104 p.
- INEGI. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Tamaulipas 2015. Ed. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). México. 521 p.
- Lemus R. 2009. Hay storage: Dry matter losses and quality changes. Ed. Mississippi State University. EUA. 8 p.
- López M.R.L. 2016. Curvas de secado y su relación a características sensoriales, composición química y uso energético de follaje de *Moringa oleifera* Lam. Ed. Universidad Nacional Agraria-Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Nicaragua. 70 p.
- Mahmood K.T., Mugal T., Haq I. U. 2010. *Moringa oleifera*: A natural gift - A review. *Journal of Pharmaceutical Science and Research* 2: 775-781.
- Melesse A., Steingass H., Boguhn J., Schollenberger M., Rodehutschord M. 2012. Effects of elevation and season on nutrient composition of leaves and green pods of *Moringa stenopetala* and *Moringa oleifera*. *Agroforestry Systems* 86: 505-518.
- Mendieta-Araica B., Spöndly E., Reyes-Sánchez N., Salmerón-Miranda F., Halling M. 2013. Biomass production and chemical composition of *Moringa oleifera* under different planting densities and levels of nitrogen fertilization. *Agroforestry Systems* 87(1): 81-92.
- Moraga N.O., Zambra C.E., Torres P.B., Lemus-Mondaca R.A. 2011. Modelado de dinámica de fluidos y transferencia de calor y masa en procesos agroalimentarios por método de volúmenes finitos. *DYNA* 78(169): 140-149.
- Moyo B., Masika P.J., Hugo A., Muchenje V. 2011. Nutritional characterization of *Moringa (Moringa oleifera* Lam.) leaves. *African Journal of Biotechnology* 10(60): 12925-12933.
- Narváez N., Lascano C.E. 2004. Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia. *Pasturas Tropicales* 26:1-8.
- Pérez A., Sánchez T., Armengol N., Reyes F. 2010. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes* 33(4): 1-16.
- Pineda-Castro M.L., Chacón-Villalobos A., Cordero-Gamboa G. 2009. Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*). *Agronomía Mesoamericana* 20(2):275-283.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. The SAS System Release 9.0 for Windows. SAS Institute.
- Tinoco H. A., Ospina D.Y. 2010. Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Revista EIA*. 13:53-63.