

Efecto de los antioxidantes en la calidad poscosecha de dos variedades de nuez pecana

Effect of antioxidants on the postharvest quality of two pecan walnut varieties

Ronald Lecea-Ocañas^{1*}, Alejandro Isabel Luna-Maldonado¹, Juan Florencio Gómez-Leyva²,
Beatriz Adriana Rodríguez-Romero¹, Humberto Rodríguez-Fuentes¹,
Juan Antonio Vidales-Contreras¹

¹Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Calle Francisco Villa S/N, col. Ex Hacienda El Canadá, CP 66054. Gral. Escobedo, N.L. México.

²Laboratorio de Biología Molecular, TecNM-Instituto Tecnológico de Tlajomulco. Km 10, Carretera a San Miguel Cuyutlán, CP 45640. Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México.
Correo electrónico: Ronald.leceaoc@uanl.edu.mx [*Autor responsable].

RESUMEN

Debido a que la nuez pecana juega un papel muy importante en la nutrición humana, especialmente como fuente de compuestos fenólicos, actividad antioxidante y compuestos minerales considerados de alto beneficio para la salud, el objetivo de este estudio es determinar un método confiable para la conservación de nuez de las variedades Western Schley y Wichita utilizando, durante 12 meses, a diferentes temperaturas, antioxidantes como oleoresina de romero Herbalox Brand XT-25 (HER) y Tocoferol 10% Duralox (DUR), con el propósito de inhibir la reacción enzimática de la lipoxigenasa. Las muestras de nuez pecana se obtuvieron de la huerta Patos, de árboles con antigüedad de siete años, localizada en el ejido Santa María, municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila. En este trabajo se evaluaron tres tratamientos con dos niveles de temperatura, en tres etapas. Además, se determinaron los parámetros: humedad de la nuez, color, textura, peroxidasa, índice de acidez y aflatoxinas.

Palabras claves: aflatoxinas, color, textura.

ABSTRACT

Pecan nut plays a special role in human nutrition, it is an important source of phenolic compounds, antioxidants, and mineral compounds that are considered highly beneficial for health. The main objective of this paper is to determine a reliable method for the conservation of the Western Schley and Wichita nuts varieties using antioxidants such as Herbalox Brand XT-25 rosemary oleoresin (HER) and Duralox Tocopherol 10% (DUR) for 12 months at different temperatures, looking to inhibit the enzymatic reaction of lipoxygenase. Trees with 7 years old were selected from the Patos land located in Ejido Santa María, Ciudad San Juan de Sabinas, Coahuila. In this work, three treatments with two temperature levels will be evaluated in three stages. The parameters evaluated were walnut moisture, color, texture, peroxidase, acid number and aflatoxins.

Keywords: aflatoxins, color, texture.

INTRODUCCIÓN

Los nogales o pecanos, que producen los frutos secos conocidos como nueces, son originarios de América del Norte (Janick y Paul, 2008). En 2019, México produjo 159,535 toneladas de nuez (SIAP, 2019), y actualmente exporta 50% de la producción anual, valor que puede incrementarse debido a la creciente demanda mundial (Ojeda-Barrientos, 2009).

Los frutos secos contienen altos niveles de antioxidantes que son buena fuente de fibra dietética, grasas insaturadas, vitaminas y minerales importantes, como potasio y calcio (Shahidi y Alasalvar, 2008), además de sus efectos beneficiosos para la salud, sobre todo en enfermedades crónicas no transmisibles, se les consideran alimentos funcionales naturales (Gómez *et al.*, 2008).

La cosecha de las nueces pecanas es estacional, principalmente entre los meses de septiembre, octubre y noviembre, por lo que es necesario almacenar gran parte de la producción durante todo el año, siempre cuidando la calidad del producto almacenado (Ma *et al.*, 2013), ya que la nuez contiene una composición predominantemente lipídica entre 50 y 70% de aceite compuesto por triacilglicéridos, con predominio de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Salvador *et al.*, 2016), además de que la temperatura es un factor extrínseco importante que afecta la oxidación de lípidos de las nueces (Raisi *et al.*, 2015).

De esta manera, la falta de control durante su almacenamiento provoca una pérdida de calidad en la nuez pecana, específicamente por los procesos oxidativos (Ma *et al.*, 2013); también ocurre una disminución o atenuación

ción de sus valores nutricionales (Guillén *et al.*, 2002), lo cual se manifiesta en un oscurecimiento (Senter *et al.*, 1984), la formación de hidroperóxidos y componentes volátiles relacionados con el mal sabor, y esto, a su vez, puede reflejarse en una nota a sabor rancio en una evaluación sensorial (Ivanova Petropulos *et al.*, 2015).

Debido a que la descomposición de los lípidos de las nueces por oxidación tiene gran importancia desde el punto de vista de aceptabilidad, se han diseñado muchos métodos para determinar las causas, dentro de los cuales el índice de peróxidos es uno de los que más utilizan (Masson *et al.*, 1985), lo mismo que la medición de aflatoxinas como factores principales en la calidad de este producto.

Respecto al valor económico y la importancia nutricional de los granos de nuez, se han realizado grandes esfuerzos para atenuar los efectos oxidativos de rancidez, mantener la calidad sensorial, nutricional y extender su vida útil mediante la aplicación de antioxidantes. Con el propósito de inhibir la reacción enzimática, se busca un antioxidante que incremente la vida de anaquel de la nuez a más de 12 meses, a temperaturas de 3° C y 10° C, para lo cual se evalúan los cambios físico-químicos del aceite extraído en diferentes temperaturas al aplicar, durante un periodo de tiempo, antioxidantes como Herbalox Brand XT-25 oleoresina de romero (HER) y Duralox Tocoferol 10% (DUR).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se lleva a cabo en las instalaciones de Sunuts S.A.P.I. de C.V. en Monterrey, Nuevo León, cuya ubicación geográfica es de 25°42' 55.5" Latitud Norte 100° 21' 26.4" longitud Oeste. Se seleccionaron árboles de nogal de una edad de siete años, de las variedades Western Schley y Wichita de la empresa Las Estacas y El Refugio S.P.R. de R.L. DE C.V. del municipio de San Juan de Sabinas, Coahuila, con ubicación geográfica 27°57' 58.8" latitud norte 101°24' 00.5".

En este trabajo se tomaron muestras representativas de dos variedades de nuez, y posteriormente se les aplicaron los antioxidantes Herbalox Brand XT-25 oleoresina de romero (HER) y Duralox Tocoferol (DUR) en forma de aspersión, a una concentración de 0.20% y 0.05%, respectivamente; las muestras se colocaron dentro de cajas de cartón, en bolsas de polietileno de alta densidad, y posteriormente se almacenaron en diferentes temperaturas (3° C y 10° C), con 10 repeticiones, lo que dio un total de 360 unidades experimentales, las cuales se dividieron en tres etapas: al mes inicial (etapa I), al sexto mes (etapa II) y al decimosegundo mes (etapa III), en las cuales se realizaron los análisis de color, humedad, textura, índice

acidez, índice de peróxido y formación de aflatoxinas. El arreglo de los tratamientos se muestra en la Figura 1. Las comparaciones de medias se realizaron con el comparativo de Tukey, el análisis de varianza con ANOVA, cuyo nivel de confianza es de 0.05% y el análisis estadístico con el software Minitab 17.

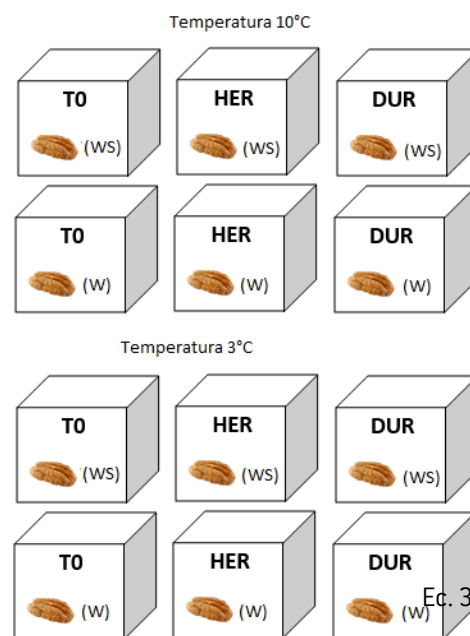


Figura 1. Croquis del experimento.

Donde:

- $T0_{(WS)}$ = Nuez Western Schley sin ningún tratamiento
 $T0_{(W)}$ = Nuez Wichita sin ningún tratamiento
 $HER_{(WS)}$ = Nuez Western Schley con tratamiento de oleoresina de romero al 0.20%
 $HER_{(W)}$ = Nuez Wichita con tratamiento de oleoresina de romero al 0.20%
 $DUR_{(WS)}$ = Nuez Western Schley con tratamiento de tocoferol al 0.05%
 $DUR_{(W)}$ = Nuez Wichita con tratamiento de tocoferol al 0.05%

Para la determinación de índice de color se utilizó un colorímetro marca Chin Spec, con los parámetros de L^* , a^* y b^* ; estos valores se utilizaron para encontrar la variable x (Ec. 1), con lo cual se pudo calcular el valor de índice de oscurecimiento (Ec. 2) (Buera *et al.*, 1986). Además, se calculó la diferencia de color total (ΔE) (Ec.3) (Caivano *et al.*, 1995) para cada uno de los tratamientos comparados con $T0$, conjuntamente con las diferencias de color entre las tres etapas a evaluar en base al tiempo total.

$x = \frac{\alpha + 1.75L}{5.645L + \alpha - 3.012b}$ <p style="text-align: right;">Ec. 1</p>	$\Delta E = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2}$ <p style="text-align: right;">Ec. 3</p>
$IO = 100 \left(\frac{x \cdot 0.31}{0.172} \right)$ <p style="text-align: right;">Ec.2</p>	$ICP = \frac{(1000)(a^*)}{(b^*)(L^*)}$ <p style="text-align: right;">Ec. 4</p>
$Y_{ijk} = \mu + Ti + Hj + Dk + (TH)_{ij} + (TD)_{ik} + (HD)_{jk} + (THD)_{ijk} + E_{ijk}$ <p style="text-align: right;">Ec. 5</p>	

Para realizar un análisis del perfil de textura de las nueces se utilizó el equipo analizador de textura TA.XT Plus. En el área de prueba del texturómetro se colocó una muestra de una unidad con tres repeticiones. Para fuerza de punción de Pecan 15 g y para un grosor promedio de 8.5 mm \pm 0.5 se usó un punch circular de 1.17 mm con una cara plana a una velocidad de cruce de 3 mms⁻¹, utilizando el accesorio Warner Bratzler set. El brazo del texturómetro se descendió a una velocidad de 0.1 mms⁻¹, y después volvió a su posición inicial; al final de la prueba, se descargaron los datos con ayuda del software del equipo para identificar el valor de dureza.

La determinación de humedad de la nuez se realizó con un analizador de humedad de la marca Ohaus, modelo MB23, en el cual se colocó una muestra molida de 10 g con tres repeticiones. Para la determinación de acidez se usó la cantidad de muestra empleada para esta determinación, y debió estar de acuerdo con lo siguiente:

- % de Ácidos grasos libres: 0.00 a 0.2,
- muestra en gramos: 56.4 \pm 0.2g,
- mililitros de alcohol: 50 mL,
- normalidad de la solución: 0.1 meq/mL.

A la muestra determinada en gramos contenida en un matraz Erlenmeyer de 300 cm³, se le agregaron los centímetros cúbicos de alcohol etílico requeridos, la cual se calentó suavemente en baño de vapor a reflujo, hasta su disolución completa, y después se le agregó 1 cm³ de fenolftaleína; se agitó frecuentemente la mezcla con la solución de hidróxido de sodio 0.1 M, hasta que una coloración rosada persista durante 30 segundos.

Para la determinación de peróxidos se pesaron 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 mL con tapón de vidrio. Se agregaron 30 mL de la solución de cloroformo de ácido acético y se agitaron para su disolución, posteriormente se agregaron 0.5 mL de solución

de yoduro de potasio, con una pipeta de Mohr saturada, luego se dejaron reposar con agitación ocasional durante un minuto y se agregaron 30 mL de H₂O. Se valoraron lentamente con (tiosulfato de sodio) Na₂S₂O₃ 0.1 M, con agitación vigorosa hasta que el color amarillo casi desapareció. Se agregaron 0.5 mL de solución de almidón al 1% y continuó la titulación, agitando vigorosamente para liberar todo el I₂ (Iodo) de la capa de CHCl₃ (Cloroformo), hasta que el azul simplemente desapareciera. Si se utilizaron <0.5 mL de tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃) 0.1 M, se repitió la determinación con Na₂S₂O₃ 0.1 M. Se realizó la determinación del blanco diariamente (debiendo ser tiosulfato de sodio Na₂S₂O₃ <0.1M) y se restó de la titulación de la porción de prueba.

Las aflatoxinas se extrajeron de la muestra con metanol al 80%, y el extracto se filtró (con papel filtro aflautado Whatman No. 1) y se diluyó con agua; se volvió a filtrar (con papel filtro aflautado Whatman No. 1) y se pasó a través de una columna de inmunoafinidad que contenía un anticuerpo monoclonal específico para aflatoxinas, lo cual permitió una limpieza eficiente de micotoxinas. En este estado la aflatoxina se ligó al anticuerpo de la columna. La columna se lavó con agua para eliminar impurezas. Después de pasar metanol a través de la columna, las aflatoxinas fueron removidas del anticuerpo; esta solución se midió en un fluorómetro, previa derivatización con solución diluida de bromo. Las aflatoxinas se cuantificaron en su totalidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La piel de las unidades experimentales tanto en el valor de índice de oscurecimiento (IO) como en el valor de índice de color de piel (ICP), inicialmente reflejó en todos los tratamientos que el color marrón de la corteza no mostró diferencia alguna al momento de agregar los

Cuadro 1. Análisis fisicoquímicos de la etapa I de las variedades Western Schley y Wichita.

Temperatura/ Variedad/ Antioxidante	Medias				
	Humedad (%)	Color	Dureza (N)	Acidez (% AGL oleico)	Peróxidos (^{meqO₂} /Kg)
3°C Western S. T0	3.04 ab	52.39 bc	26.39 abc	0.23 f	0.65 b
3°C Western S. HER	2.68 cd	54.34 abc	40.25 a	0.16 i	0.41 d
3°C Western S. DUR	2.81 bc	55.43 ab	34.62 abc	0.17 hi	0.72 a
3°C Wichita T0	3.08 a	51.95 c	28.03 abc	0.18 gh	0.22 g
3°C Wichita HER	3.10 a	53.99 abc	21.81 c	0.23 f	0.39 de
3°C Wichita DUR	3.03 ab	52.45 bc	28.06 abc	0.19 g	0.16 h
10°C Western S. T0	3.11 a	53.13 abc	30.05 abc	0.39 a	0.53 c
10°C Western S. HER	2.95 ab	54.50 abc	39.10 ab	0.27 d	0.33 f
10°C Western S. DUR	3.16 a	52.21 bc	23.92 abc	0.25 e	0.37 e
10°C Wichita T0	2.52 d	51.28 c	20.31 c	0.31 b	0.33 f
10°C Wichita HER	2.04 e	56.19 a	31.57 abc	0.29 c	0.36 ef
10°C Wichita DUR	2.93 abc	52.94 abc	23.28 bc	0.28 cd	0.37 e

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base en la prueba de Tukey (P<0.05).

antioxidantes, lo que mostró un efecto no significativo (P>0.05). En cuanto a la diferencia de color total (ΔE) en todos los tratamientos, comparados con T0 contra HER y DUR, en sus respectivas variedades, mostraron un efecto no significativo (P>0.05). Estos resultados muestran que las condiciones tanto de almacenamiento como de aplicación de los antioxidantes fueron las óptimas para la etapa I.

La dureza de las unidades experimentales muestra que, al compararse por tratamiento, la temperatura, la variedad y el antioxidante no resultaron significativos (P>0.05), lo cual mostró que las unidades a las cuales se les aplicó el antioxidante HER y DUR no cambiaron en su estructura física, respectivamente, en comparación con el T0. Por lo contrario, vemos que sí existe diferencia significativa entre variedad (P<0.05), lo cual puede ser debido a la diferencia del porcentaje de grasa que existe entre variedades.

El contenido de humedad de las variedades Western Schley y Wichita, al momento de hacer la comparación por tratamiento de temperatura, variedad y antioxidante, fue significativo (P<0.05), por lo que el método de aspersión en sus diferentes concentraciones de los antioxidantes modificó el contenido de humedad de las nueces pecanas. Esto no significa que se corra el riesgo de

crecimiento microbiano, ya que la humedad promedio se mantuvo menor a 4% de humedad (NMX-FF-093-SCF-201).

El índice de acidez en las unidades experimentales mostró que existió diferencia significativa (P<0.05) en temperatura y antioxidante, al contrario, entre variedades no se tuvo diferencia significativa (P>0.05); sin embargo, al momento de hacer la comparación por tratamiento de temperatura, variedad y antioxidante, sí mostraron una diferencia entre ellas (P<0.05). Estos datos nos muestran que puede variar el contenido de porcentaje de ácidos grasos libres entre nueces, pero todos los datos fueron menores al 1%, por lo que los resultados fueron los esperados.

La presencia de peróxidos en las unidades experimentales mostró una diferencia significativa (P<0.05) en temperatura, variedad y antioxidante. Estos resultados son aceptables, ya que no aportan algún sabor amargo a las unidades experimentales por los bajos índices de peróxidos encontrados (NMX-FF-093-SCF-201).

Por último, no se encontró presencia de aflatoxinas en ningún tratamiento, lo que dio como resultado 0 (cero) en todos los tratamientos, ya que las unidades experimentales se encontraban en perfecto estado.

Cuadro 2. Diferencia de color contra los testigos etapa I en variedades Western Schley y Wichita.

Temperatura/Variedad/ Antioxidante contra T0	Medias
	Color (ΔE)
3°C W (TO Vs DUR)	4.74 a
3°C W (TO Vs HER)	6.37 a
3°C WI (TO Vs DUR)	5.38 a
3°C WI (TO Vs HER)	6.10 a
10°C W (TO Vs DUR)	4.64 a
10°C W (TO Vs HER)	5.68 a
10°C WI (TO Vs DUR)	7.20 a
10°C WI (TO Vs HER)	7.85 a

Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base en la prueba de Tukey ($P > 0.05$).

Cuadro 3. Etapa inicial de índice de oscurecimiento e índice de color de las variedades Western Schley y Wichita.

Temperatura/Variedad/Antioxidante	Medias	
	Índice de oscurecimiento (IO)	Índice de color de piel (ICP)
3°C Western S. TO	88.98 a	15.79 b
3°C Western S. HER	91.28 a	17.40 b
3°C Western S. DUR	92.57 a	18.28 b
3°C Wichita TO	89.11 a	14.78 b
3°C Wichita HER	92.93 a	15.05 b
3°C Wichita DUR	90.61 a	14.28 b
10°C Western S. TO	92.00 a	14.26 b
10°C Western S. HER	91.96 a	17.05 b
10°C Western S. DUR	90.18 a	14.25 b
10°C Wichita TO	89.39 a	13.17 b
10°C Wichita HER	94.24 a	18.15 b
10°C Wichita DUR	90.32 a	15.57 b

En el Cuadro 1 se puede observar que sí existieron diferencias significativas entre tratamientos. La ausencia de aflatoxinas muestra una buena calidad en la nuez; sin embargo, si los niveles de acidez y peróxidos tienden a subir, esto podría desencadenar que la calidad del producto tienda a bajar. En el Cuadro 2 se puede observar que no existe diferencia significativa entre las medias de la diferencia de color total (ΔE). La etapa I nos muestra que los antioxidantes no modificaron las características de la nuez.

En el Cuadro 3 se puede observar que no existe una diferencia significativa entre las medias de índice de oscurecimiento (IO), además del índice de color de piel (ICP). Esto muestra que en la etapa I todas las unidades experimentales iniciaron con una buena calidad poscosecha.

CONCLUSIONES

Dentro de la etapa I, en la mayoría de los análisis fisicoquímicos existió diferencia significativa tanto en temperatura, como en variedad y antioxidante, pero al ver la etapa I y al considerar la norma mexicana: NMX-FF-093-SCF-201 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – Nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] sin cáscara – Especificaciones y métodos de prueba. Se pueden justificar los resultados, ya que ninguno de estos excede los límites superiores de la calidad de nuez pecana. También se puede concluir que el correcto almacenamiento y la adición de antioxidantes puede favorecer la calidad poscosecha de la nuez, dado que los antioxidantes no modifican sus características fisicoquímicas.

LITERATURA CITADA

- ALASALVAR, C., & Shahidi, F. (Eds.). (2008). *Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects*. CRC press.
- BUERA, M. D. P., Lozano, R. D., & Petriella, C. (1986). Definition of colour in the non enzymatic browning process. *Die Farbe*, 32(33), 318-322.
- BUTHELEZI, N. M. D., Magwaza, L. S., & Tesfay, S. Z. (2019). Postharvest pre-storage processing improves antioxidants, nutritional and sensory quality of macadamia nuts. *Scientia Horticulturae*, 251, 197-208
- CAIVANO, J. L. (1995). *Sistemas de orden del color* (Vol. 12). Jose Luis Caivano.
- GÓMEZ, M., Oliete, B., Caballero, P. A., Ronda, F., & Blanco, C. A. (2008). Effect of nut paste enrichment on wheat dough rheology and bread volume. *Food science and technology international*, 14(1), 57-65.

- GUILLÉN, M. D., & Cabo, N. (2002). Fourier transform infrared spectra data versus peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. *Food Chemistry*, 77(4), 503-510.
- IVANOVA-PETROPULOS, V., Mitrev, S., Stafilov, T., Markova, N., Leitner, E., Lankmayr, E., & Siegmund, B. (2015). Characterisation of traditional Macedonian edible oils by their fatty acid composition and their volatile compounds. *Food Research International*, 77, 5065-514. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.014>
- JANICK, J., & Paull, R. E. (Eds.). (2008). *The encyclopedia of fruit and nuts*. CABI.
- MA, Y., Lu, X., Liu, X., & Ma, H. (2013). Effect of 60Co γ -irradiation doses on nutrients and sensory quality of fresh walnuts during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 84, 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.04.001>.
- MA, Y., Lu, X., Liu, X., & Ma, H. (2013). Effect of 60Co γ -irradiation doses on nutrients and sensory quality of fresh walnuts during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 84, 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.04.001>.
- MASSON SALAUÉ, L., & Mella Rojas, M. A. (1985). Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile: Composición en ácidos grasos.
- NMX-FF-093-SCFI-2011 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – nuez pecana [*Carya illinoensis*, (Wangenh) K. Koch] sin cáscara – Especificaciones y métodos de prueba (CANCELA A LA NMX-FF-093-1996-SCFI).
- OJEDA-BARRIOS, D. L., Hernández-Rodríguez, O. A., López-Ochoa, G. R., & Martínez-Téllez, J. J. (2009). Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(3), 115-120.
- RAISI, M., Ghorbani, M., Mahoonak, A. S., Kashaninejad, M., & Hosseini, H. (2015). Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research*, 62, 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.03.004>.
- SALVADOR, A. A., Podestá, R., Block, J. M., & Ferreira, S. R. S. (2016). Increasing the value of pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] cake by means of oil extraction and antioxidant activity evaluation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 116, 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.05.046>
- SENDER, S. D., Forbus Jr, W. R., Nelson, S. O., Wilson Jr, R. L., & Horvat, R. J. (1984). Effects of dielectric and steam heating treatments on the storage stability of pecan kernels. *Journal of food Science*, 49(3), 893-895. 49 (6), 1532-1534.
- SIAP (2019). Panorama Agropecuario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México.