

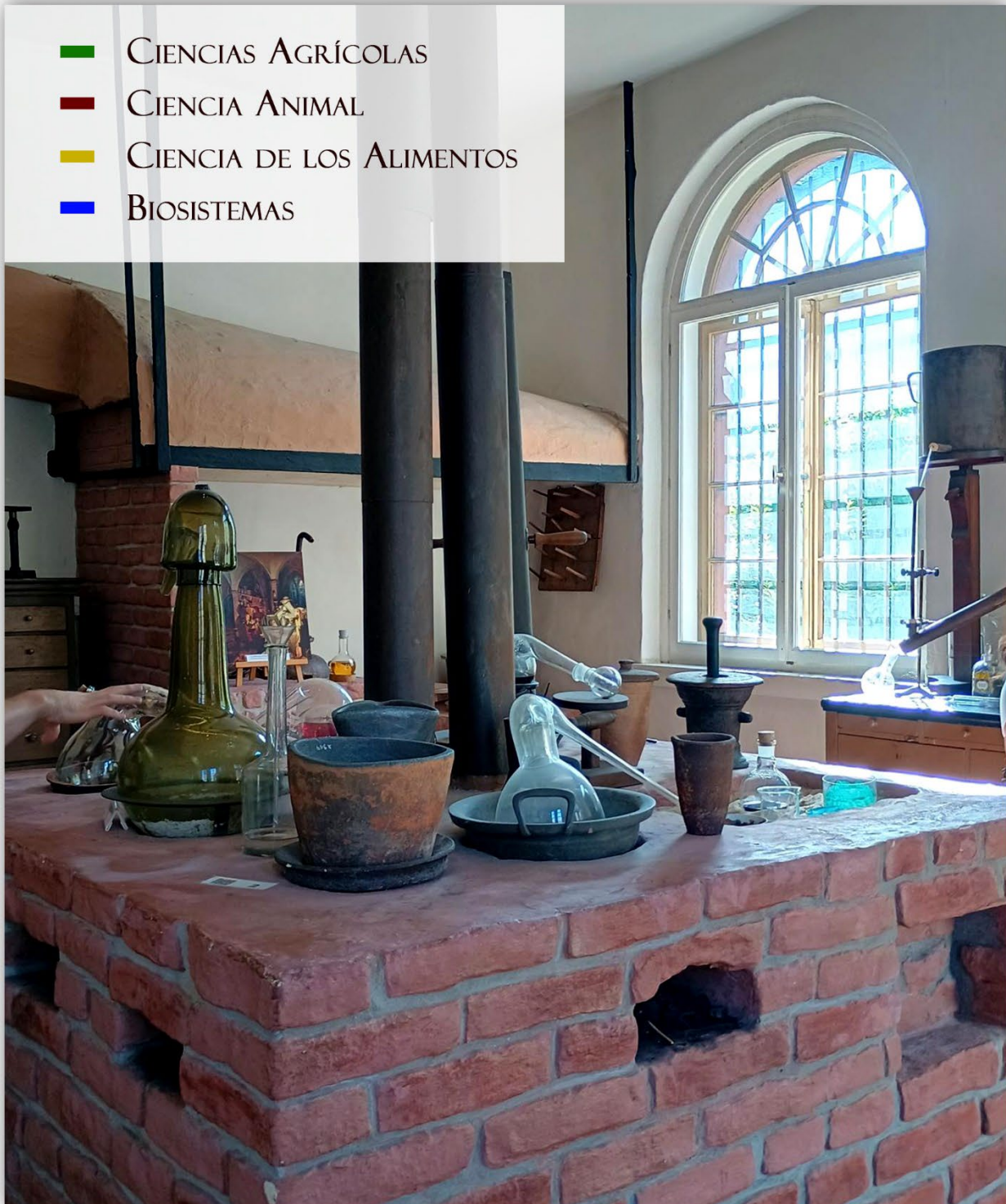
SCIENTIA

ISSN: en trámite

AGRICOLIS VITA

Revista de Investigación Científica de la Facultad de Agronomía - UANL

- CIENCIAS AGRÍCOLAS
- CIENCIA ANIMAL
- CIENCIA DE LOS ALIMENTOS
- BIOSISTEMAS



Volumen 01
Número 03
Septiembre - Diciembre
2024

Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Dr. Santos Guzmán López

Rector

MC. Carlos Alberto Hernández Martínez

Director de la Facultad de Agronomía

MC. Jesús Andrés Pedroza Flores

Subdirector Académico

Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto

Subdirectora de Posgrado e Investigación

Dr. Segio Eduardo Bernal García

Subdirector Administrativo

M.C. Nora Estela García Treviño

Subdirectora de Vinculación y Servicio Social

M.C. Eduardo García Zambrabo

Subdirector de Planeación y Mejora Continua

Editora en jefe: Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto.

Editor de contenido temático:

Ciencias Agrícolas: Dr. Iosvany López Sandín

Ciencia Animal: Dr. Hugo Bernal Barragán / Dr. Uziel Castillo Velázquez

Ciencias de los Alimentos: Dra. Nohemí Del Carmen Reyes Vázquez

Biosistemas: Dr. Celestino García Gómez / Dr. Juan Francisco Villareal Chiu

Diseño: M.A. Blanca Idolisa Contreras Cantú

Scientia Agricolis Vita (SAV), Vol. 1 Núm. 3 (2024): Septiembre-Diciembre 2024, Revista de Investigación Científica de la Facultad de Agronomía de la UANL es una publicación cuatrimestral, editada por Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Agronomía. Editora en jefe: Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto. Domicilio de la publicación: Francisco Villa s/n, Ex Hacienda "El Canadá", Cd. General Escobedo, Nuevo León, México, C.P. 66050. Teléfono: 81 1340 4399. Responsable de esta edición: Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto. Reserva de derechos al uso exclusivo: en trámite. eISSN: en trámite. Fecha de última modificación: 2024-09-27.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicado en México

Todos los derechos reservados

PRESENTACIÓN

Bienvenidos al tercer número de la revista *Scientia Agricolis Vita* (SAV), de la Facultad de Agronomía de la UANL.

En esta edición, reunimos investigaciones que abarcan desde el análisis de la calidad de alimentos hasta estudios sobre el impacto de factores ambientales en cultivos clave. Los autores presentan avances en técnicas rápidas y sencillas para evaluar propiedades esenciales en materiales vegetales, lo que promete optimizar los procesos de investigación en áreas como la fisiología y la bioquímica agrícola.

También exploramos cómo las condiciones externas pueden alterar las características físico-químicas de ciertos frutos, generando información valiosa para mejorar la producción y manejo de cultivos. Además, se abordan estudios que destacan la importancia de la seguridad y calidad en productos alimenticios tradicionales, un aspecto vital para el desarrollo sostenible del sector agroalimentario.

Cada artículo en este número aporta nuevas herramientas, conocimientos y soluciones aplicables al campo, siempre con el objetivo de avanzar hacia una agricultura más eficiente, segura y consciente de los desafíos actuales.

¡Te invitamos a descubrir el contenido completo y a seguir contribuyendo al desarrollo científico de nuestro sector!

Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto
Editora en Jefe

CONTENIDO

Ensayo rápido, sencillo y directo para evaluar la actividad anti-oxidante en hojas Diego Gallegos-Cerda, Cristian García-Noriega, Valeria Félix-Patiño, Ezequiel Viveros-Valdez*	1
Evaluación de la calidad microbiológica en quesos artesanales en el estado de Nuevo León Telma J. García Rivera ¹ , Cynthia Torres-Álvarez ² y, Iosvany López-Sandin ¹ , and Guadalupe Gutiérrez-Soto ^{1,*} ...	7
Impacto de los Factores Abióticos en las Propiedades Fisicoquímicas del Fruto de <i>Opuntia</i> spp. Rigoberto E. Vázquez-Alvarado ^{1*} ; Emilio Olivares-Sáenz ¹ ; Ma. del Carmen Ojeda-Zacarias ¹ ; Víctor E. Aguirre-Arzola ¹ ; Joel H. Elizondo-Luévano ¹ ; Nirvana S. Ramírez-Tejeda ¹	15
Elaboración de una mantecada reducido en grasa utilizando la pasta estabilizada obtenida a partir de la extracción de aceite de nuez pecanera Aguirre-Villanueva Myriam J. ¹ , Morales-Landa Juan L. ² , Reyes-Vázquez Nohemí del C. ^{2*}	26
Cannabis y Enfermedad Inflamatoria Intestinal: Una Exploración del Potencial Medicinal Kevin Antonio Cárdenas-Noriega ¹ , Jessica Torres Covarrubias ¹ , Adolfo Soto-Domínguez ² , Raymundo A. Pérez-Hernández ³ , Miguel A. Flores Villalobos ⁴ , Gustavo Hernandez Vidal ¹ , Aimé Jazmín Garza Arredondo ^{1*} , Uziel Castillo-Velázquez ^{1*}	36
EFEECTO DE LA INCLUSIÓN DE <i>Moringa oleifera</i> Lam. EN DIETAS DE CODORNIZ, SOBRE POSTURA, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, PROTEÍNA METABOLIZABLE Y CALIDAD DE HUEVO Kenia Mariela Degollado Aguayo ^{1*} , Hugo Bernal Barragán ^{1*} , Emilio Olivares Sáenz ¹ , Nydia Corina Vásquez Aguilar ¹ , Miguel Cervantes Ramírez ² , Adriana Morales Trejo ² , Carlos Alfredo Gaona Rodríguez ¹ , Fernando Sánchez Dávila ¹	53

Nota corta

Ensayo rápido, sencillo y directo para evaluar la actividad antioxidante en hojas

Rapid, simple, and direct assay to evaluate antioxidant activity in leaf

Diego Gallegos-Cerda, Cristian García-Noriega, Valeria Félix-Patiño, Ezequiel Viveros-Valdez*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Departamento de Química. San Nicolás de los Garza, Nuevo León 64460, México; diego.gallegoscrd@uanl.edu.mx (DGC); cristian.garcianrg@uanl.edu.mx (CGN); montserrat.felixptn@uanl.edu.mx (VFP); jose.viverosvld@uanl.edu.mx (EJV).

*Autor para correspondencia: jose.viverosvld@uanl.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-5944-7972>

Resumen: La búsqueda sistemática de especies vegetales que aporten antioxidantes a la dieta ha sido una constante en las últimas décadas. Para el tamizaje se han propuesto diferentes ensayos que permitan distinguir a los mejores candidatos, tomando lo anterior como base, en este trabajo proponemos un ensayo sencillo, rápido y directo que se basa en el secuestro del radical libre DPPH, utilizando discos de hojas que facilitarían dicha tarea. Se analizó la actividad antioxidante de distintas especies: guayaba (*Psidium guajava*), encino roble (*Quercus polymorpha*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), nogal (*Juglans regia*), albahaca (*Ocimum basilicum*), ancuá (*Ehretia anacua*), anacahuita (*Cordia boissieri*) y ebano (*Ebenopsis ébano*). Se demostró que las especies de guayabo, nogal y encino tienen un interesante contenido de compuestos antioxidantes, el ensayo propuesto permite realizar un tamizaje eficaz con un ahorro considerable de recursos, lo que lo hace ideal en estudios encaminados a la bioprospección sistemática de especies vegetales.

Palabras claves: ensayo; antioxidantes; DPPH; especies vegetales

Abstract: The systematic search for plant species that provide antioxidants to the diet has been a constant in recent decades. For screening, different tests have been proposed to distinguish the best candidates. Taking the above, in this work we propose a simple, rapid and direct test that is based on the free radical scavenger DPPH, using leaf discs that would facilitate said task. The antioxidant activity of different species was analyzed: guava (*Psidium guajava*), oak (*Quercus polymorpha*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), walnut (*Juglans regia*), basil (*Ocimum basilicum*), ancuá (*Ehretia anacua*), anacahuita (*Cordia boissieri*) and ebony (*Ebenopsis ébano*). It was demonstrated that guava, walnut, and oak species have an interesting content of antioxidant compounds. The proposed test allows effective screening with considerable savings in resources, which makes it ideal in studies aimed at systematic bioprospecting of plant species.

Keywords: assay; antioxidants; DPPH; vegetable species

1. Introducción

Durante los últimos años se ha producido un enorme interés en el área biomédica las investigaciones encaminadas al estudio de radicales libres y antioxidantes, esto en buena medida a que se ha demostrado que el equilibrio de estos juega un papel clave en numerosas patologías, lo que incluye la iniciación y propagación del cáncer, enfermedades autoinmunes, hasta complicaciones por enfermedades metabólicas y crónico degenerativas (Checker et al, 2021). Este equilibrio se ve severamente afectado por el aumento constante a la exposición de radicales libres, entre los que se encuentran radiaciones ionizantes, luz ultravioleta, contaminantes atmosféricos como: ozono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, etc (Jakubczyk et al., 2020). Con lo anterior queda de manifiesto la importancia de la búsqueda sistemática de nuevas y/o mejores formas de incorporar antioxidantes en la dieta, siendo el estudio de productos naturales una de las áreas de mayor crecimiento para tal fin, dada la posibilidad real de incorporar extractos, bebidas, alimentos, y/o aditivos que contribuyan a tal fin (Xu et al., 2017).

Existen numerosas metodologías para evaluar la actividad antirradical/antioxidante, siendo los que se basan en el secuestro/donación de protones los más populares, esto en buena medida dada su reproducibilidad y practicidad, siendo el secuestro del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) uno de los ensayos más populares y de uso rutinario en los proyectos que se aborda el estudio de antioxidantes naturales (Munteanu I.G. y Apetrei C., 2021; Viveros-Valdez E et al., 2015). A pesar de la practicidad del ensayo, una de las áreas que ha mostrado mayor complejidad, es la preparación de la muestra, ya que es habitual primero recurrir a un proceso de extracción, siendo los más rutinarios la maceración y soxhlet, aunque con la desventaja del tiempo y cantidad de muestra requeridas para su procesamiento, además, algunos trabajos han mencionado que precisamente durante la extracción se podría modificar/alterar la actividad antioxidante de las muestras, y verse disminuida ya que algunos principios activos son termolábiles y/o inestables (Zhang et al., 2018), por lo que, recientemente se han propuesto ensayos novedosos que permitan determinar de manera *in situ* la actividad antioxidante, destacando la propuesta por Kasote et al (2019) en donde se hacen uso de discos obtenidos de hojas de hortalizas, esta técnica permite evaluar una cantidad considerable de muestras en un corto tiempo, partiendo de esa premisa, en este trabajo planteamos una adecuación de dicha técnica para evaluar de manera rápida y sencilla la actividad antioxidante de hojas obtenidas de plantas ornamentales, medicinales y/o comestibles en un ensayo que, en condiciones ideales, no excedería los 30 minutos desde el procesamiento hasta el análisis de datos, esta técnica podría ser utilizada en tamizajes extensos encaminados a la búsqueda de especies con potencial antioxidante y/o una metodología rutinaria en laboratorios de docencia, esto dada su practicidad y viabilidad económica.

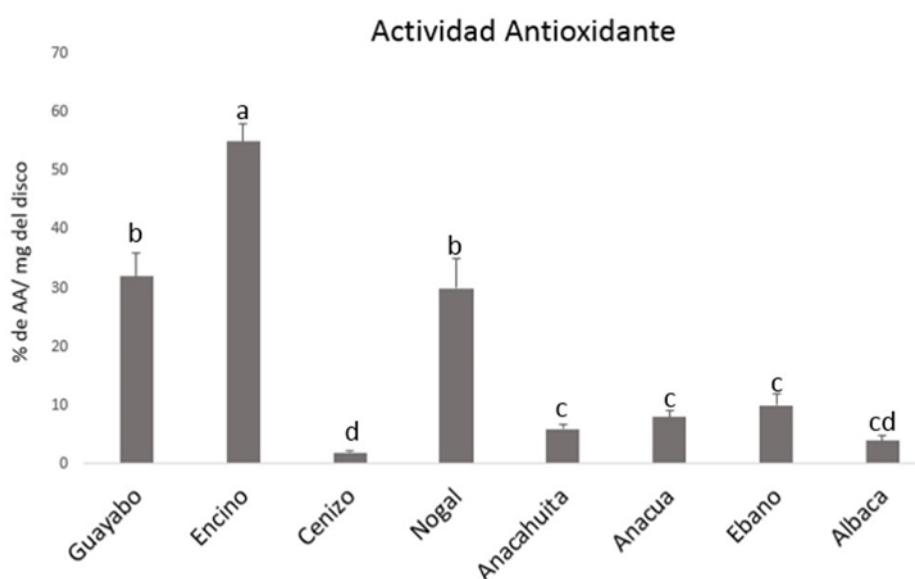
2. Materiales y Métodos

Se utilizaron muestras colectadas durante el mes de julio de 2024 en ciudad universitaria de la UANL localizada en el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León (25°43'38"N 100°18'37"O / 25.727222, -100.310278), se seleccionaron tres hojas por especie y se analizó que estuvieran libres de patógenos, insectos y/o materiales extraños de manera visible; fueron identificados por especialistas del departamento de botánica de la FCB-UANL. Las especies analizadas son: guayaba (*Psidium guajava*), encino (*Quercus polymorpha*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), nogal (*Juglans regia*), albahaca (*Ocimum basilicum*), ancuá (*Ehretia anacua*), anacahuita (*Cordia boissieri*) y Ebano (*Ebenopsis ébano*). Se utilizó agua destilada y metanol grado analítico, 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) marca sigma-aldrich (D9132) y microplacas de 24 pozos de poliestireno marca Costar®.

Para determinar la actividad antioxidante se siguió la técnica sugerida por Kasote et al (2019) con modificaciones, las cuales se describen a continuación: una vez colectadas las hojas, estas se perforaron de manera manual utilizando una perforadora de papel circular para orificios de 6 mm de marca Noguez®, de manera individual cada disco obtenido se colocó en cada uno de los pozos de una microplaca de 24 pozos, posteriormente en cada pozo se agregó 500 µL de una solución metanólica al 80 % de DPPH [0.13 mg/mL] en cada uno de los pozos, la reacción se dejó incubar a temperatura ambiente y oscuridad por un periodo de 5 minutos, después de transcurrido el tiempo se retiraron los discos y leyó en un lector de microplacas (BioTek Epoch) a 515 nm. La actividad antioxidante (AA) se calculó mediante la siguiente ecuación: % de AA/ mg del disco en PF = [(AC-AM/AC) × (100/PF del disco (mg))]. En donde PF se refiere al peso fresco, AC a la absorbancia del control negativo (C-), para tal fin se consideró la solución de DPPH sin tratamiento, y AM a la absorbancia de la muestra. Se realizaron cuatro repeticiones (discos) por hoja, y a su vez se utilizaron tres hojas de cada especie, los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA), y se consideró una significancia de $p < 0.5$.

3. Resultados

En la Gráfica 1 se muestra la actividad antirradical/antioxidante de diferentes especies ornamentales y/o medicinales abundantes en el noreste mexicano, se observó que el mejor porcentaje de actividad antioxidante (AA) lo mostraron las hojas del encino (55±4), seguido por la guayaba (32±4) y el nogal (30±5), mientras que las especies que mostraron la menor actividad fue la albahaca (4.3±0.7) y el cenizo (3±0.2), es importante mencionar que para poder discernir entre el potencial de las distintas especies estudiadas se utilizó un ensayo rápido y sencillo que de manera *in situ* nos permitió distinguir aquellas especies con potencial para estudios bioprospectivos (Imagen 1).



Grafica 1. Actividad antioxidante de distintas especies analizado directamente sobre discos de hojas.

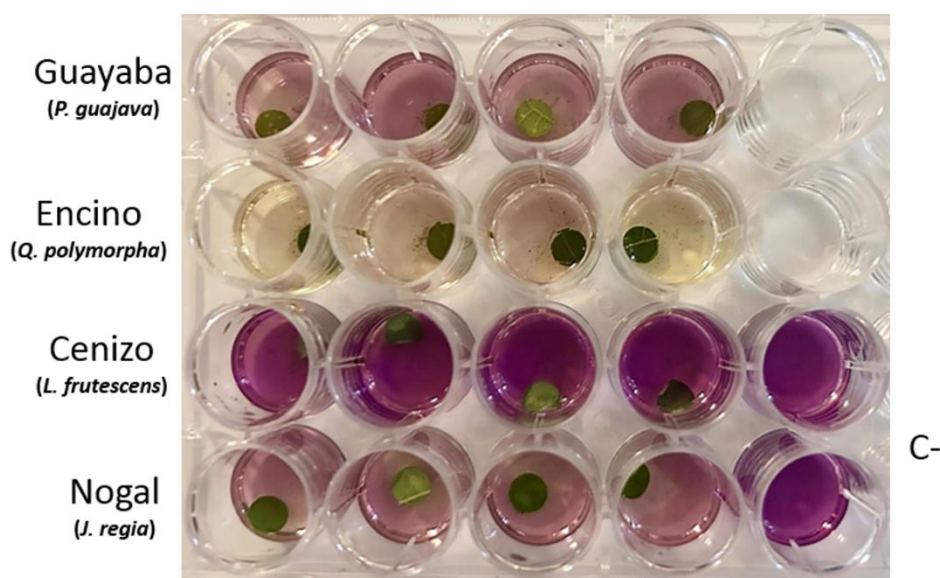


Imagen 1. Ensayo de la actividad antirradical/antioxidante de diferentes muestras utilizando el ensayo de DPPH sobre discos de hojas.

4. Discusión

Un radical libre es una especie química que se caracteriza por poseer uno o más electrones desapareados, son extremadamente inestables y poseen un gran poder reactivo, a nivel fisiológico tienden a unirse a biomoléculas, esto se ha relacionado con el desarrollo de estrés oxidativo, condición implicada en numerosas patologías (Zaric et al., 2023). Para evitar lo anterior, es fundamental el aporte de antioxidantes exógenos, los cuales pueden ser consumidos en la dieta y/o como suplementos (Prasad et al., 2016). Una de las fuentes tradicionales para la búsqueda sistemática de compuestos con actividad antioxidante es el estudio de plantas medicinales y comestibles (Aune D, 2019; Monroy-García et al., 2021), ya que estas tienden a ser ricas en fenoles y flavonoides compuestos que dada su estructura química tienen la cualidad de ser donadores de protones y por lo tanto fungir como secuestradores de radicales libres y ser considerados como antioxidantes (Losada-Barreiro S y Bravo-Díaz C., 2017), sin embargo, dada la enorme abundancia de especies vegetales, es complicado y costoso poder distinguir las mejores candidatas, con miras a perfeccionar la tarea antes mencionada, desde hace años se utilizan técnicas analíticas amigables, sencillas y reproducibles que permiten localizarlas,

destacando el uso del ensayo del secuestro del radical DPPH (Munteanu I.G. y Apetrei C., 2021), radical que cuando se encuentra de forma libre presenta una coloración morada con máximos de absorción en el rango de entre 515-517 nm, la cual disminuye en presencia de compuestos que estabilicen su estereoquímica observándose visualmente un cambio gradual de coloración de morado a amarillo (imagen 1). Este ensayo se ha convertido en el más popular para el estudio de antioxidantes de origen natural, sin embargo, existen algunos inconvenientes (Gulcin İ. y Alwasel S.H., 2023), la mayoría de ellos relacionados a la necesidad de primero extraer los compuestos, algunas de las cuales son invasivas ya que requieren calor y/o tiempos prolongados de extracción, lo que aumenta la posibilidad de alguna degradación química (Enaru et al., 2021), aunado a lo anterior, las cantidades de material vegetal requeridas para el proceso de extracción complica el manejo, transporte y proceso de las muestras, lo cual a su vez aumenta el costo e impacto ambiental, por lo que últimamente se ha propuesto técnicas menos invasivas, que requieren poca cantidad de muestra y una cantidad mínima de solventes y reactivos, de entre ellas destaca la propuesta por Kasote et al (2019) quienes consiguieron analizar la actividad antioxidante en discos obtenidos a partir de hojas de hortalizas, sin embargo, se presentan algunas limitaciones para su extrapolación a hojas con menor contenido de agua, mayor contenido celular y material ligninolítico como es el caso de hojas de plantas aromáticas, ornamentales y/o medicinales, partiendo de lo anterior, en este trabajo se modificó la solución de trabajo, concentración del reactivo y tiempos de incubación, lo que permitió un análisis más adecuado de este tipo de tejidos, esto en buena medida a que se logró una rápida y correcta difusión de los compuestos polares extraíbles del disco a la solución reactiva, esto se sugiere es debido al uso de la solución metanol:agua al 80%, ya se ha demostrado que las mezclas hidrometanólica son mejores para la extracción de compuestos fenólicos (Anwar et al., 2010), además de aumentar el punto de evaporación de la solución de trabajo, lo que da mayor estabilidad al trabajar con volúmenes pequeños, lo anterior permitió que el ensayo se corriera en un rango estable de absorbancias entre 1.1 a 0.95 a 515 nm, esto a los 5 minutos de iniciada la reacción, lo cual era complicado a la concentración sugerida originalmente. Se encontró que las muestras con mayor contenido de antioxidantes es el encino (*Quercus polymorpha*), ya se ha demostrado que varias especies del género *Quercus* tienen un alto contenido de compuestos antioxidantes (Rivas-Areola et al., 2010; Othón-Díaz), sin embargo, este es el primer reporte en donde se hace mención del potente efecto mostrado por el encino roble, por otra parte las hojas de guayabo (*Psidium guajava*) y del nogal (*Juglans regia*), también mostraron una cantidad considerable de compuestos antirradicales, previamente ya se ha demostrado que el efecto antioxidante en las hojas de guayaba es debido a la presencia de quercetina (Naseer et al., 2018), mientras que en las hojas de *J. regia*, algunos ácidos fenólicos como el cafeico y flavonoles derivados del kaempferol, quercetina y miricetina son los responsables de esta actividad (Bourais et al., 2022). El resto de las especies: albahaca (*Ocimum basilicum*), ancuá (*Ehretia anacua*), ebano (*Ebenopsis ébano*), anacahuita (*Cordia boissieri*) y cenizo (*Leucophyllum frutescens*) no mostraron actividad antioxidante significativa (gráfica 1), sin embargo, es importante mencionar que dada la naturaleza del ensayo, se ve pobremente reflejada la actividad de compuestos de naturaleza no polar, lo cual podría en parte justificar los resultados mostrados en estas especies, en este sentido, ya se ha demostrado la actividad antioxidante del aceite esencial de *O. basilicum*, siendo el citral y estragol los compuestos más abundantes (Mahendran G. y Vimolmangkang S., 2023), así mismo y dada la practicidad del ensayo se podría rastrear cual es la mejor época para la colecta del material vegetal, ya que previamente se reportó que el extracto y particiones polares del cenizo (*L. frutescens*) poseen una interesante actividad antioxidante (Ahmad et al., 2022), sin embargo, el estudio se realizó durante la época de floración (octubre) lo cual dista de lo realizado en este proyecto, del resto de las especies (ancuá, ebano y anacahuita) no existen reportes de la actividad antioxidante en hojas, lo cual confirmaría que dichas especies son pobres candidatas para el rastreo sistemático de compuestos antirradicales/antioxidantes.

5. Conclusiones

Mediante un ensayo sencillo, rápido y directo realizado sobre discos de hojas se demostró que las especies de guayabo, nogal y encino tienen un interesante contenido de compuestos antioxidantes, siendo este el primer reporte del potente efecto mostrado por el encino roble (*Quercus polymorpha*), el ensayo propuesto permite realizar un tamizaje eficaz con un ahorro considerable de recursos, lo que lo hace ideal en estudios encaminados a la bioprospección sistemática de especies vegetales, así mismo se propone su posible uso en docencia, esto dada la practicidad del ensayo.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen al XXVI Verano de Investigación Científica y Tecnológica de la UANL (PROVERICYT-UANL) por los recursos asignados.

7. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Ahmad I., Ahmed S., Akkol E.K., Rao H., Shahzad M.N., Shaukat U., Basit A., Fatima M. (2022). GC–MS profiling, phytochemical and biological investigation of aerial parts of *Leucophyllum frutescens* (Berl.) I.M. Johnst. (Cenizo). *S. Afr. J. Bot.*;148:200–209. doi: 10.1016/j.sajb.2022.04.038
2. Anwar, F., Abdul Qayyum, H. M., Ijaz Hussain, A., & Iqbal, S. (2010). Antioxidant activity of 100% and 80% methanol extracts from barley seeds (*Hordeum vulgare* L.): stabilization of sunflower oil. *Grasas Y Aceites*, 61(3), 237–243. <https://doi.org/10.3989/gya.087409>
3. Aune D. (2019). Plant Foods, Antioxidant Biomarkers, and the Risk of Cardiovascular Disease, Cancer, and Mortality: A Review of the Evidence. *Adv Nutr.* Nov 1;10(Suppl_4):S404–S421. doi: 10.1093/advances/nmz042.
4. Bourais I, Elmarrkechy S, Taha D, Badaoui B, Mourabit Y, Salhi N, Alshahrani MM, Al Awadh AA, Bouyahya A, Goh KW, Tan CS, El Hajjaji S, Dakka N, Iba N. (2022). Comparative Investigation of Chemical Constituents of Kernels, Leaves, Husk, and Bark of *Juglans regia* L., Using HPLC-DAD-ESI-MS/MS Analysis and Evaluation of Their Antioxidant, Antidiabetic, and Anti-Inflammatory Activities. *Molecules.* Dec 16;27(24):8989. doi: 10.3390/molecules27248989..
5. Checker R, Sharma D, Sandur SK, Toyokuni S. (2021). Role and management of oxidative stress in human disease. *Free Radic Res.* Aug;55(8):755-757. doi: 10.1080/10715762.2021.1991083.
6. Enaru B, Drețcanu G, Pop TD, Stănilă A, Diaconeasa Z. (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants (Basel).* Dec 9;10(12):1967. doi: 10.3390/antiox10121967.
7. Gulcin, İ.; Alwasel, S.H. (2023). DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes*, 11, 2248. <https://doi.org/10.3390/pr11082248>
8. Jakubczyk K, Dec K, Kałduńska J, Kawczuga D, Kochman J, Janda K. (2020). Reactive oxygen species - sources, functions, oxidative damage. *Pol Merkur Lekarski.* Apr 22;48(284):124-127.
9. Kasote DM, Jayaprakasha GK, Patil BS. (2019). Leaf Disc Assays for Rapid Measurement of Antioxidant Activity. *Sci Rep.* Feb 13;9(1):1884. doi: 10.1038/s41598-018-38036-x.
10. Losada-Barreiro S, Bravo-Díaz C. (2017). Free radicals and polyphenols: The redox chemistry of neurodegenerative diseases. *Eur J Med Chem.* Jun 16;133:379-402. doi: 10.1016/j.ejmech.2017.03.061.
11. Mahendran G, Vimolmangkang S. (2023). Chemical compositions, antioxidant, antimicrobial, and mosquito larvicidal activity of *Ocimum americanum* L. and *Ocimum basilicum* L. leaf essential oils. *BMC Complement Med Ther.* Oct 28;23(1):390. doi: 10.1186/s12906-023-04214-2.
12. Monroy-García IN, Carranza-Torres IE, Carranza-Rosales P, Oyón-Ardoiz M, García-Estévez I, Ayala-Zavala JF, Morán-Martínez J, Viveros-Valdez E. (2021). Phenolic Profiles and Biological Activities of Extracts from Edible Wild Fruits *Ehretia tinifolia* and *Sideroxylon lanuginosum*. *Foods.* Nov 5;10(11):2710. doi: 10.3390/foods10112710.
13. Munteanu IG, Apetrei C. (2021). Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. *Int J Mol Sci.* 1 Mar 25;22(7):3380. doi: 10.3390/ijms22073380.
14. Naseer S, Hussain S, Naeem N, Pervaiz M, Rahman M. (2018). The phytochemistry and medicinal value of *Psidium guajava* (guava). *Clin Phytosci* 4, 32 <https://doi.org/10.1186/s40816-018-0093-8>.
15. Othón-Díaz ED, Fimbres-García JO, Flores-Sauceda M, Silva-Espinoza BA, López-Martínez LX, Bernal-Mercado AT, Ayala-Zavala JF. (2023). Antioxidants in Oak (*Quercus* sp.): Potential Application to Reduce Oxidative Rancidity in Foods. *Antioxidants (Basel).* Apr 2;12(4):861. doi: 10.3390/antiox12040861.
16. Prasad S, Gupta SC, Tyagi AK. Reactive oxygen species (ROS) and cancer: Role of antioxidative nutraceuticals. *Cancer Lett.* 2017 Feb 28;387:95-105. doi: 10.1016/j.canlet.2016.03.042.
17. Rivas-Arreola MJ, Rocha-Guzmán NE, Gallegos-Infante JA, González-Laredo RF, Rosales-Castro M, Bacon JR, Cao R, Proulx A, Intriago-Ortega P. (2010). Antioxidant activity of oak (*Quercus*) leaves infusions against free radicals and their cardioprotective potential. *Pak J Biol Sci.* Jun 1;13(11):537-45. doi: 10.3923/pjbs.2010.537.545.
18. Viveros-Valdez E, Oranday-Cárdenas A, Rivas-Morales C, Verde-Star MJ, Carranza-Rosales P. (2015). Biological activities of *Morus celtidifolia* leaf extracts. *Pak J Pharm Sci.* Jul;28(4):1177-80.
19. Xu DP, Li Y, Meng X, Zhou T, Zhou Y, Zheng J, Zhang JJ, Li HB. (2017). Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. *Int J Mol Sci.* Jan 5;18(1):96. doi: 10.3390/ijms18010096.
20. Zaric BL, Macvanin MT, Isenovic ER. (2023). Free radicals: Relationship to Human Diseases and Potential Therapeutic applications. *Int J Biochem Cell Biol.* Jan;154:106346. doi: 10.1016/j.biocel.2022.106346.
21. Zhang QW, Lin LG, Ye WC. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chin Med.* Apr 17;13:20. doi: 10.1186/s13020-018-0177-x.

Cita: Gallegos-Cerda, D., García-Noriega, C., Félix-Patiño, V. y Viveros Valdez, E. (2024) «Ensayo rápido, sencillo y directo para evaluar la actividad antioxidante en hojas», *Scientia Agricolis Vita*, 1(3), pp. 1-6

Editor Académico: Iosvany López-Sandin

Recibido: 08-08-2024

Revisado: 13-08-2024

Aceptado: 12-09-2024

Publicado: 12-09-2024



Copyright: © 2023 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Artículo

Evaluación de la calidad microbiológica en quesos artesanales en el estado de Nuevo León

Telma J. García Rivera¹, Cynthia Torres-Álvarez² y, Iosvany López-Sandin¹, and Guadalupe Gutiérrez-Soto^{1,*}

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Laboratorio de Ciencias Naturales, Biomolecular Innovation Group, Francisco Villa s/n, Ex-Hacienda El Canadá, General Escobedo NL C.P. 66050, México. telma.garciarvr@uanl.edu.mx (TJGR); iosvany.lopez@uanl.edu.mx (ILS), ggutierrez0402@gmail.com (GGS)

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Centro de Investigación y Desarrollo en Industrias Alimentarias, Francisco Villa s/n, Ex-Hacienda El Canadá, General Escobedo NL C.P. 66050, México. cynthia.torresalvr@uanl.edu.mx (CTA).

* Correspondencia: ggutierrez0402@gmail.com (GGS)

Resumen: En la mayoría de los casos, la elaboración y comercialización de productos artesanales requiere de mayores medidas de higiene en equipos y materias primas antes y durante la producción. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad microbiológica de 31 quesos artesanales frescos, panela, molido y asadero envasados en diversos materiales de empaque comercializados en municipios del Estado de Nuevo León. Los análisis microbiológicos realizados fueron recuentos de bacterias mesófilas aerobias, psicrófilas, coliformes totales, bacterias lácticas (BAL), hongos y levaduras. En el recuento de mesófilos aerobios se mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.5$) en función del origen del queso y tipo de envase, obteniéndose valores que oscilaron entre 2.46 – 4.29 Log₁₀ UFC/g. No se detectó presencia de bacterias psicrófilas, mientras que el recuento de coliformes totales se obtuvieron valores entre 1.97 a 3.45 Log₁₀ UFC/g, presentando diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en función del tipo de queso. Las BAL presentaron valores con diferencias estadísticas entre los tipos de queso ($p \leq 0.05$) con valores entre 3.31 a 4.84 Log₁₀ UFC/g. Por último, los hongos y las levaduras mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para la interacción del origen, el tipo de queso y el envasado. Los resultados subrayan la necesidad de aplicar medidas de control y buenas prácticas de fabricación en la producción de quesos artesanales para garantizar la seguridad alimentaria y la salud de los consumidores.

Palabras clave: coliformes, empaques, inocuidad, productos lácteos.

1. Introducción

La calidad sanitaria de los quesos artesanales en México es de suma importancia debido a los importantes riesgos para la salud pública asociados a su consumo. Los quesos artesanales, a menudo elaborados con leche no pasteurizada y en condiciones de producción no controladas, pueden convertirse en vectores de diversos patógenos, dando lugar a enfermedades como colitis hemorrágica, diarrea y meningitis (Martins-Lima *et al.*, 2023). Un estudio que evaluó la calidad microbiológica y toxicológica de quesos artesanales frescos en Puebla reveló niveles preocupantes de contaminación microbiana, con recuentos promedio de bacterias mesófilas aeróbicas de 5.55 Log₁₀ UFC/g y coliformes totales de 3.80 Log₁₀ UFC/g, lo que indica malas condiciones sanitarias durante la producción y el manejo (Benítez-Rojas *et al.*, 2019).

En México, la producción de quesos artesanales es sumamente diversa, con al menos 40 variedades reconocidas. Los quesos frescos, adaptados a las condiciones locales, destacan por su sabor, aroma y textura únicos. A pesar de ser apreciados por su elaboración tradicional y propiedades nutricionales, estos productos a menudo no cumplen con las normas de higiene en su elaboración ni con los estándares sanitarios de las granjas lecheras (Sánchez-Valdés *et al.*, 2016). Su elaboración a partir de leche cruda, fermentación espontánea y métodos rudimentarios aumenta el riesgo de contaminación microbiana. De hecho, el queso fresco ha sido vinculado a numerosos brotes de intoxicación alimentaria (Sánchez-Valdés *et al.*, 2016). Además, la manipulación inadecuada y las condiciones de humedad durante la comercialización de quesos blandos representan un riesgo para la salud de los consumidores (Rodríguez *et al.*, 2009).

Por otro lado, la falta de etiquetado adecuado e identificación oficial en los envases de queso artesanal, como se observó en un estudio realizado en Dourados, Brasil, subraya la necesidad de una supervisión regulatoria estricta y la concienciación del consumidor para garantizar la seguridad y el cumplimiento de las normas sanitarias (Martins-Lima *et al.*, 2023). En este sentido, el envasado desempeña un papel crucial en la conservación y el mantenimiento de la calidad de los quesos artesanales, afectando significativamente sus propiedades fisicoquímicas, su vida útil y su valor econó-

mico (Jafarzadeh *et al.*, 2021). Así mismo, se ha demostrado que el envasado al vacío influye positivamente en el contenido de humedad, el color y la formación de la corteza del queso de cabra fresco artesanal, lo que da como resultado una mejor apariencia visual y una mayor retención de humedad. Este método también ayuda a mantener el comportamiento reológico del queso a lo largo del tiempo, haciéndolo similar a su estado inicial, extendiendo así su vida útil y reduciendo la pérdida de humedad, lo que es económicamente beneficioso para los productores (Frau *et al.*, 2020). Por lo que, las estrategias de envasado eficaces son esenciales para mantener la calidad, la seguridad y la viabilidad económica de los quesos artesanales. En México han sido documentados casos de alteraciones en la calidad del queso artesanal en México debido a un empaque deficiente. Los estudios han demostrado que la calidad microbiana de los quesos vendidos en varios puntos de venta minorista en México, incluidos supermercados, mercados callejeros y tiendas de comestibles de conveniencia a menudo no cumple con los estándares mexicanos (Gúzman-Hernández *et al.*, 2016). Por lo cual, en la presente investigación fue evaluada la calidad microbiológica de 31 quesos de diferentes tipos (fresco, molido, panela y asadero) y con diferentes procesos de empaque (bolsas plásticas, platos desechables, emplayado o al vacío), comercializados en diversos municipios de Nuevo León. Proporcione suficientes detalles para permitir al lector reproducir el experimento. Debe incluir área de estudio, diseño experimental, variables evaluadas, análisis estadístico, etc., y ser congruente con el objetivo, descrito clara, concisa y detalladamente. Si algunos métodos se refieren a otros artículos publicados, la descripción podría resumirse si el lector normal puede acceder a ellos. También deben describirse las modificaciones a los métodos citados. Los datos de los artículos de investigación deben haber sido analizados estadísticamente utilizando métodos estadísticos aprobados. Las fórmulas deberán elaborarse con el editor de texto de Microsoft Word.

2. Materiales y métodos

Los compuestos químicos y reactivos utilizados fueron de grado reactivo de Sigma Aldrich (San Luis, Misuri, Estados Unidos). Los medios de cultivos fueron de la marca comercial BD (Becton, Dickinson and Company, New Jersey, U.S.A). Todas las soluciones fueron preparadas con agua bidestilada de Laboratorios Monterrey, S.A. (Monterrey, Nuevo León, México).

2.1. Muestreo de los quesos artesanales

Se recolectaron 31 muestras de quesos comerciales (fresco, panela, molido y asadero) en diversos municipios del Estado de Nuevo León durante el verano de 2023. Los quesos fueron adquiridos en diferentes establecimientos comerciales y se presentaron en diversos tipos de empaque: bolsa plástica, plato desechable envuelto en bolsa plástica, empaque al vacío y empaque en film plástico. Las muestras fueron transportadas en cadena de frío (4 °C) y procesadas en el laboratorio en menos de 24 h.

2.2. Diseño experimental y análisis microbiológico

Fue utilizado un diseño factorial de 3 x 5, donde cada queso fue considerado una unidad experimental. De cada queso se tomó una muestra compuesta de 10 g, a partir de la cual fueron realizadas diluciones seriadas y siembras en placas Petri por triplicado.

La preparación y dilución de las muestras de queso artesanal fue llevada a cabo siguiendo la NOM-110-SSA1-1994, norma mexicana para la preparación y dilución de muestras de alimentos con fines de análisis microbiológico. Se realizaron diluciones seriadas utilizando homogenizadores y tubos estériles que contenían 90 ml y 9 ml de agua peptonada, respectivamente. Estos materiales fueron esterilizados previamente. Para obtener la dilución 10^{-1} , se agregaron 10 g de muestra al homogenizador y se procesaron durante cuatro ciclos de 30 s cada uno (Castro y Guevara-Muñoz, 2018). En el caso del recuento de mesófilos aerobios totales fueron diluciones seriadas de 10^{-3} a 10^{-6} (Castro y Guevara-Muñoz, 2018). Fue utilizado el agar para Métodos Estándar, esterilizado a 121 °C durante 15 min. La siembra fue realizada por la técnica de vertido en placa, agregando 1ml de cada dilución en las placas Petri para posteriormente ser adicionado el agar. La incubación fue realizada a 38 °C durante 24 h, siguiendo la NOM-092-SSA1-1994. Para determinar las bacterias psicrófilas, se repitió el procedimiento anterior, incubando las placas a 4 °C durante 24 h. Las bacterias coliformes totales fueron determinadas en medio Agar Rojo Violeta y Bilis (RVBA), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Se utilizaron diluciones seriadas entre 10^{-2} y 10^{-4} , y la técnica de vertido en placa, como se describió anteriormente. Las placas fueron incubadas a 37 °C durante 24 h. Para determinar la concentración de bacterias lácticas (BAL), fueron preparadas diluciones seriadas 10^{-2} y 10^{-3} de las muestras en agua peptonada como se describió anteriormente.

Un mililitro de cada dilución fue sembrado por la técnica de vertido en placas Petri con agar MRS. Las placas se incubaron en posición invertida a 37 °C durante 48 h en atmósfera aerobia. Posteriormente, fueron contabilizadas las colonias y se expresaron como unidades formadoras de colonia (UFC/g). La determinación de hongos y levaduras fue realizada de acuerdo con la NOM-111-SSA1-1994. Fue utilizado el medio papa dextrosa agar suplementado con ácido tartárico al 10% para el recuento de hongos. Las muestras se sembraron por vertido en placas Petri y se incubaron a 37 °C durante 24 h. Todos los resultados de los análisis fueron expresados en Log₁₀ UFC / g de muestra.

2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo utilizando el software IBM SPSS Statistics para Windows. Fue realizado un análisis de varianza (ANOVA) seguido de una prueba de Tukey para comparar las medias de los grupos ($p \leq 0.05$). La correlación entre las variables fue evaluada mediante el coeficiente de Pearson ($p \leq 0.05$). Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar.

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis microbiológico

En la Figura 1 se muestran los valores obtenidos para cada grupo de microorganismos en los diferentes tipos de queso (molido, panela, fresco y asadero). Con respecto al contenido de mesófilos, no fue observada diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de queso ($p \leq 0.05$), aunque el queso asadero presentó el valor más alto con 4.12 Log₁₀ UFC/g. Por otra parte, el recuento de coliformes totales mostró diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). El queso molido presentó el menor contenido (1.97 Log₁₀ UFC/g), mientras que el queso asadero tuvo la mayor carga microbiana (3.45 Log₁₀ UFC/g). Los quesos panela (2.81 Log₁₀ UFC/g) y fresco (3.18 Log₁₀ UFC/g) presentaron valores intermedios. En cuanto a las bacterias lácticas ácido (BAL), los diferentes tipos presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). El queso panela presentó el mayor valor numérico (4.84 Log₁₀ UFC/g), seguido del queso asadero (4.37 Log₁₀ UFC/g), el queso fresco (4.02 Log₁₀ UFC/g) y finalmente el queso molido (3.31 Log₁₀ UFC/g). De los análisis realizados, se observó que los hongos y las levaduras presentaron los conteos más bajos. El queso asadero fue el que presentó el mayor conteo (2.77 Log₁₀ UFC/g), mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) con respecto a los otros quesos. Cabe mencionar que, en lo que respecta al riesgo microbiológico, la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 establece límites máximos para coliformes totales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras en quesos de suero. Asimismo, se exige la ausencia de *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes* y *Vibrio cholerae*. Sin embargo, los mesófilos aerobios no están incluidos en esta norma, posiblemente debido a la importancia de las bacterias ácido-lácticas en el proceso de maduración del queso. Estas bacterias, al tener la capacidad de utilizar proteínas a largo plazo, contribuyen al desarrollo del aroma, sabor y características regionales del producto (Sánchez-Valdés *et al.*, 2022). Diversos estudios han reportado altas cargas microbianas en quesos artesanales, lo que representa un riesgo para la salud del consumidor. Por ejemplo, Reséndiz *et al.* (2012) encontraron altos recuentos de coliformes totales en quesos artesanales mexicanos. De manera similar, Sánchez-Valdés *et al.* (2016) y Ercan *et al.* (2014) reportaron resultados similares en sus respectivos estudios. De la Rosa-Alcaraz *et al.* (2020) evaluaron la calidad microbiológica de quesos de Poro de Tabasco y encontraron que los recuentos de coliformes totales se encontraban dentro de un rango específico. Aunque las normas mexicanas no establecen límites permisibles de coliformes en quesos frescos, un alto recuento de estos microorganismos suele ser indicativo de contaminación fecal y de prácticas de fabricación inadecuadas. Esta contaminación puede originarse en diversas etapas del proceso de elaboración, desde la producción de leche hasta la comercialización del producto, como han señalado varios estudios (De la Rosa-Alcaraz *et al.*, 2020; Ercan *et al.*, 2014; Perin *et al.*, 2017).

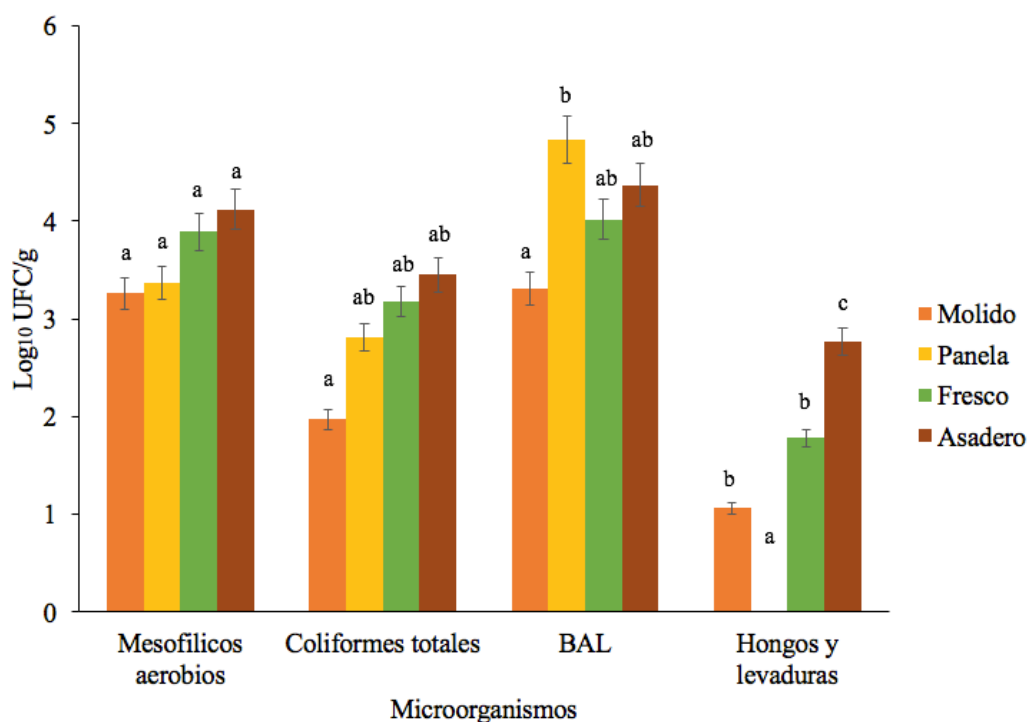


Figura 1. Promedio de microorganismos por tipo de queso. ^{a-c} Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) por grupo de microorganismo.

Con respecto al material de empaque, este juega un rol importante en la vida útil de los productos alimenticios. Por esta razón, fueron considerados los tipos de materiales de empaque comúnmente utilizados en quesos artesanales. En la Figura 2 son mostrados los resultados obtenidos para bolsa plástica, plato desechable en bolsa plástica, empaque al vacío y emplee. Fue observada una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de mesófilos aerobios del queso empacado en plato desechable en bolsa plástica (2.46 Log₁₀ UCF/g), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre los otros tipos de empaque ($p > 0.05$). Los valores obtenidos para coliformes totales oscilaron entre 2.25 y 3.75 Log₁₀ UCF/g y no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales ($p > 0.05$). Asimismo, las bacterias lácticas ácido (BAL) tuvieron valores mayores que los otros grupos de microorganismos analizados (3.69 a 4.65 Log₁₀ UCF/g), sin mostrar diferencias significativas entre los diferentes materiales de empaque ($p > 0.05$). Finalmente, se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de hongos y levaduras del queso empacado en plato desechable en bolsa de plástico, en comparación con los otros materiales de empaque. Así, diversos estudios han destacado la importancia de las bacterias ácido-lácticas en la calidad de los quesos artesanales. Perin *et al.* (2017) encontraron una alta presencia de estas bacterias en quesos de Minas Gerais, Brasil, mientras que De la Rosa-Alcaraz *et al.* (2020) identificaron diferentes especies de lactobacilos en quesos de Poro de Tabasco. Estas bacterias contribuyen al sabor, aroma y textura de los quesos, además de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos. Los resultados obtenidos en este estudio no muestran una relación clara entre el tipo de material de empaque y la carga microbiana. Esto sugiere que otros factores, como las materias primas, las prácticas de higiene y la cadena de frío, tienen una mayor influencia en la calidad microbiológica de los quesos artesanales.

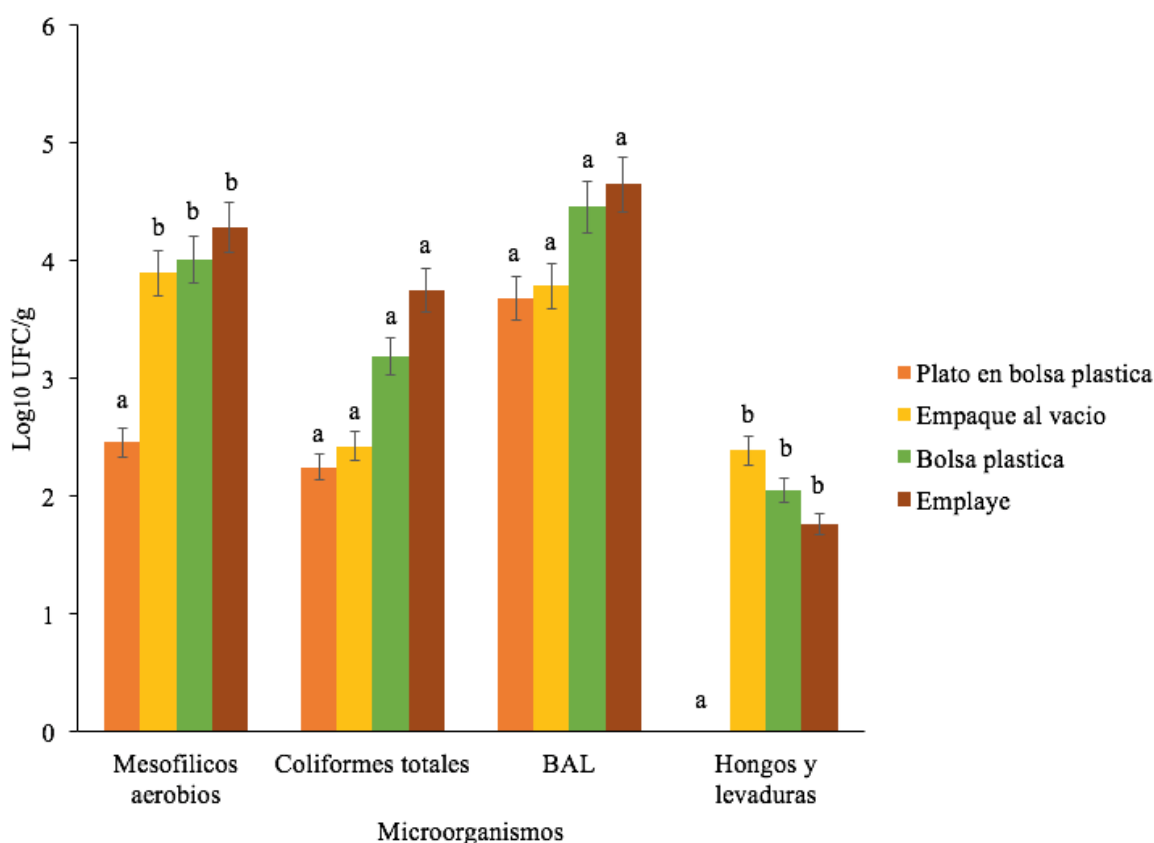


Figura 2. Promedio de microorganismos por tipo de material de empaque. ^{a-b} Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) por grupo de microorganismo.

En la Figura 3 son mostrados los resultados por localidad, donde puede observarse que las muestras de la localidad B presentaron el menor contenido de mesófilos aerobios, con un valor de 2.46 Log₁₀ UFC/g ($p \leq 0.05$), mientras que el resto de las localidades no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), con un promedio de 4.02 Log₁₀ UFC/g. Mientras que, los valores de coliformes totales oscilaron entre 2.25 y 3.44 Log₁₀ UFC/g, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre las localidades ($p > 0.05$). En el caso de las bacterias lácticas ácido (BAL), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las localidades ($p > 0.05$), aunque la localidad C presentó la mayor concentración de estas bacterias, con 5.03 Log₁₀ UFC/g. En cuanto a los hongos y levaduras, la localidad C presentó el mayor contenido de este grupo de microorganismos (2.91 Log₁₀ UFC/g), mostrando una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a las otras localidades. Cabe mencionar que, la norma mexicana NOM-243-SSA1-2010 establece un límite máximo de 500 UFC/g (2.69 Log₁₀ UFC/g) para hongos y levaduras en quesos frescos. Todos los productos estudiados, excepto el queso asadero, cumplieron con esta especificación. De la Rosa-Alcaraz *et al.* (2020) encontraron recuentos de hongos y levaduras en queso artesanal Poro de Tabasco que excedían los límites establecidos por la norma mexicana. De manera similar, Chávez-Martínez *et al.* (2019) reportaron conteos elevados de hongos y levaduras en diferentes tipos de queso comercializados en México.

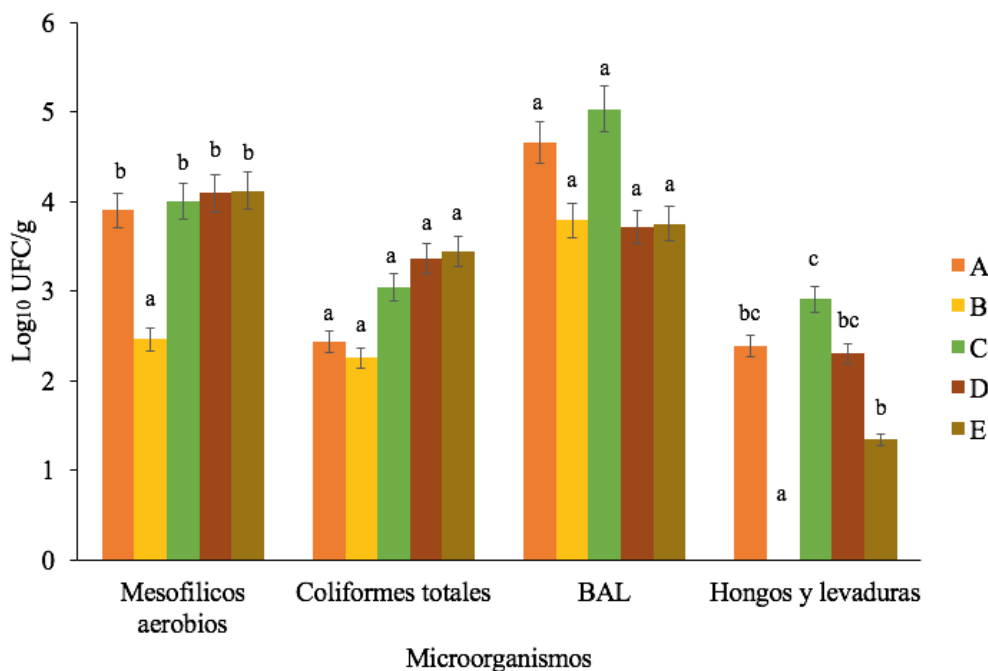


Figura 3. Promedio de microorganismos por origen (localidad) del queso. ^{a-c} Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) por grupo de microorganismo. BAL: bacterias ácido-lácticas

El análisis de correlación, presentado en la Tabla 1, muestra las relaciones entre diferentes variables relacionadas con la calidad microbiológica de los quesos, como los mesófilos aerobios, coliformes totales, bacterias ácido-lácticas (BAL) y hongos y levaduras.

Tabla 1. Análisis de correlación

	Origen	Tipo de queso	Tipo de empaque	CT	MA	BAL	H y L
Origen	1.00	4.5x10 ⁻⁶	0.00	0.01	0.02	0.02	0.22
Tipo de queso	0.47	1.00	1.3x10 ⁻¹⁰	8.6x10 ⁻⁴	0.02	0.95	3.8x10 ⁻⁴
Tipo de empaque	0.83	0.62	1.00	4.7x10 ⁻³	0.03	0.47	0.07
CT	0.27	0.35	0.30	1.00	6.9x10 ⁻⁸	0.03	0.04
MA	0.25	0.25	0.24	0.54	1.00	1.4x10 ⁻⁵	0.04
BAL	-0.24	0.01	-0.08	0.24	0.45	1.00	0.94
H y L	0.13	0.37	0.20	0.22	0.22	-0.01	1.00

CT= Coliformes totales; MA=Mesofílicos aerobias; BAL= bacterias ácido-lácticas; H y L=Hongos y levaduras

Los datos sugieren que el tipo de queso es la variable que presenta una correlación más fuerte con la calidad microbiológica. Asimismo, el tipo de empaque puede influir en los niveles de microorganismos presentes en el queso. Se observó una fuerte correlación entre la presencia de coliformes totales y mesófilos aerobios, y una correlación positiva entre la presencia de BAL y mesófilos aerobios. Estos resultados son consistentes con la literatura científica. Montel *et al.* (2014) destacaron la diversidad y riqueza de la microbiota asociada a los quesos tradicionales, lo cual puede conferir beneficios en términos de aroma, sabor y seguridad alimentaria. Bevilacqua *et al.* (2012) enfatizaron la influencia del tipo de queso y los métodos de producción en la microbiota y, por consiguiente, en la calidad microbiológica del queso. Gálvez *et al.* (2007) indicaron que las bacterias ácido-lácticas son un componente significativo de la microbiota en los productos lácteos y pueden tener efectos beneficiosos en la seguridad alimentaria. Es importante aclarar que el análisis de correlación presentado en la Tabla 1 solo permite identificar asociaciones entre variables, pero no establece relaciones de causalidad. Se requieren estudios adicionales para comprender en profundidad cómo interactúan las diferentes variables y cómo influyen en la calidad microbiológica de los quesos.

4. Conclusiones

La presencia de microorganismos como coliformes totales y mesófilos aerobios en los diferentes tipos de quesos artesanales de la región resulta preocupante. Esta situación podría estar relacionada con la falta de supervisión de calidad a lo largo de todo el proceso productivo y de distribución. Por lo tanto, se considera necesario establecer programas de capacitación para los productores, con el fin de sensibilizarlos sobre la importancia de implementar medidas de inocuidad en todas las etapas de producción, desde la selección de la materia prima hasta la distribución del producto final. Asimismo, es fundamental establecer Normas Oficiales Mexicanas específicas para la producción de queso artesanal, dado el vacío normativo actual en relación con estos productos. De esta manera, se garantizará que los pequeños productores conozcan los riesgos asociados al incumplimiento de las normas sanitarias y se les proporcionará la información necesaria para producir alimentos inocuos y de calidad.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido por parte de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

6. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

1. Benítez-Rojas, A. C; Delgado-Macuil, R. J; Amador-Espejo, G. G; Eustaquio-Rosales, E. y Martinez-Martinez, Y. L. 2019. Evaluation of microbiological and toxicological quality (heavy metals) in fresh artisan cheese commercialized in Puebla City, Mexico. *International Journal of Food Engineering*. 5, 276-281.
2. Bevilacqua, A; Campaniello, D; Corbo, M. R. y Sinigaglia, M. 2012. Qualitative and quantitative traits of artisanal and industrial dairy products. *Food Microbiology*. 31:1, 1-11.
3. Castro, E. R. V; y Guevara-Muñoz, Z. R. 2018. Evaluación microbiológica de quesos frescos artesanales comercializados en la ciudad de Chachapoyas-Amazonas. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*. 1:1, 38-43.
4. Chávez-Martínez, A; Paredes-Montoya, P; Rentería-Monterrubio, A. L; Corral-Luna, A; Lechuga-Valles, R; Dominguez-Viveros, J; Sánchez-Vega, R. y Santellano-Estrada, E. 2019. Microbial quality and prevalence of foodborne pathogens of cheeses commercialized at different retail points in Mexico. *Food Science and Technology*. 39, 703-710.
5. De la Rosa-Alcaraz, M. de los Á; Ortiz-Estrada, Á. M; Heredia-Castro, P. Y; Hernández-Mendoza, A; Reyes-Díaz, R; Vallejo-Cordoba, B. y González-Córdova, A. F. 2020. Poro de Tabasco cheese: Chemical composition and microbiological quality during its artisanal manufacturing process. *Journal of Dairy Science*. 103:4, 3025-3037.
6. Ercan, D; Korel, F. y Orşahin, H. 2014. Microbiological quality of artisanal Sepet cheese. *International Journal of Dairy Technology*. 67:3, 384-393.
7. Frau, F; Carate, J. N. L; Salinas, F. y Pece, N. 2020. Effect of vacuum packaging on artisanal goat cheeses during refrigerated storage. *Food Science and Technology*. 41, 295-303.

8. Gálvez, A; Abriouel, H; López, R. L. y Ben Omar, N. 2007. Bacteriocin-based strategies for food biopreservation. *International Journal of food microbiology*. 120:1-2, 51-70.
9. Guzman-Hernandez, R; Contreras-Rodriguez, A; Hernandez-Velez, R; Perez-Martinez, I; Lopez-Merino, A; Zaidi, M. B. y Estrada-Garcia, T. 2016. Mexican unpasteurised fresh cheeses are contaminated with *Salmonella spp.*, non-O157 Shiga toxin producing *Escherichia coli* and potential uropathogenic *E. coli* strains: A public health risk. *International Journal of Food Microbiology*. 237, 10-16.
10. Jafarzadeh, S; Salehabadi, A; Nafchi, A. M; Oladzadabbasabadi, N. y Jafari, S. M. 2021. Cheese packaging by edible coatings and biodegradable nanocomposites; improvement in shelf life, physicochemical and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*. 116, 218-231.
11. Martins-Lima, D. O; Pizato, S; Cortez-Vega, W.R; Alves da Silva, L; Sanjinez-Argandoña, E.J; Baca Maldonado, C.A; Arantes-Moreira, B. y Arévalo-Pinedo, R. 2023. Physical, chemical and microbiological quality in artisanal cheeses sold in free fairs. *International Journal of Biological and Natural Sciences*. 3:7, 1-15.
12. Montel, M. C; Buchin, S; Mallet, A; Delbes-Paus, C; Vuitton, D. A; Desmasure, N. y Berthier, F. 2014. Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. *International Journal of Food Microbiology*. 177, 136-154.
13. NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
14. NORMA Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.
15. NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
16. NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
17. NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
18. Perin, L. M; Sardaro, M. L. S; Nero, L. A; Neviani, E. y Gatti, M. 2017. Bacterial ecology of artisanal Minas cheeses assessed by culture-dependent and-independent methods. *Food Microbiology*, 65, 160-169.
19. Reséndiz, M. R; Hernández, Z. J. S; Ramírez, H. R. y Pérez, A. R. 2012. El queso fresco artesanal de la canasta básica y su calidad sanitaria en Tuzupán, México. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 2, 253-255.
20. Rodríguez, C; Caldas, L. y Ogeerally, P. 2009. Calidad sanitaria en queso artesanal tipo telita. Upata, estado Bolívar, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. 29:2, 98-102.
21. Sánchez-Valdés, J. J; Colín-Navarro, V; López-González, F; Avilés-Nova, F; Castelán-Ortega, O. A. y Estrada-Flores, J. G. 2016. Diagnóstico de la calidad sanitaria en las queserías artesanales del municipio de Zacazonapan, Estado de México. *Salud Pública de México*. 58:4, 461-467.
22. Sánchez-Valdés, J. J; Colín-Navarro, V; López-González, F; Avilés-Nova, F; Castelán-Ortega, O. A. y Estrada Flores, J. G. 2022. Evaluación bacteriana de queso artesanal Zacazonapan madurado bajo condiciones no controladas en dos épocas de producción. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 13:4, 1067-1078.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

Cita: García Rivera, T. J., Torres-Álvarez, C., López-Sandin, I. y Gutiérrez-Soto, G. (2024). Evaluación de la calidad microbiológica en quesos artesanales en el estado de Nuevo León», *Scientia Agricola Vita*, 1(3):7-14. <https://agricolis.uanl.mx/index.php/revista/article/view/20>

Editor Académico: Iosvany López-Sandin

Recibido: 05-08-2024

Revisado: 23-08-2024

Aceptado: 10-09-2024

Publicado: 14-09-2024



Copyright: © 2023 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Revisión

Impacto de los Factores Abióticos en las Propiedades Fisicoquímicas del Fruto de *Opuntia* spp.

Rigoberto E. Vázquez-Alvarado ^{1*}; Emilio Olivares-Sáenz ¹; Ma. del Carmen Ojeda-Zacarías ¹; Víctor E. Aguirre-Arzola ¹; Joel H. Elizondo-Luévano ¹; Nirvana S. Ramírez-Tejeda ¹

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Campus de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agronomía, Francisco Villa s/n, Colonia Ex-Hacienda El Canadá, 66054 Escobedo, Nuevo León, México. rigoberto.vazquezal@uanl.edu.mx (R.E.V.-A.); emilio.olivaressn@uanl.edu.mx (E.O.-S.); maria.ojedazc@uanl.edu.mx (M.del-C.O.-Z.); victor.aguirrearz@uanl.edu.mx (V.E.A.-A.); joel.elizondolv@uanl.edu.mx (J.H.E.-L.); nirvana.ramirezta@uanl.edu.mx (N.S.R.-T.)

* Correspondencia: rigoberto.vazquezal@uanl.edu.mx (R.E.V.-A.); Tel.: +52 81-1166-7245

Resumen: *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill es una especie de cactus ampliamente distribuida en regiones áridas y semiáridas, que depende en gran medida de factores ambientales para su reproducción exitosa. Este estudio se centra en comprender cómo los factores abióticos, como la temperatura, la luz, la humedad y la disponibilidad de nutrientes, influyen en el desarrollo del fruto de *O. ficus*, conocido como tuna, especialmente las precipitaciones y las características del suelo. Se ha observado que las variaciones en estos factores pueden afectar significativamente a los procesos de polinización, fertilización, crecimiento y maduración del fruto. Esto es importante para comprender la biología de la planta y su gestión en entornos agrícolas y de conservación. Los objetivos de esta revisión sistemática se centran en analizar los reportes de cómo los factores abióticos afectan la floración y consecuentemente el llenado y desarrollo del fruto de *O. ficus*, presentados en la literatura científica entre los años 2014 - 2024. Los resultados de esta revisión pueden contribuir al diseño de prácticas agrícolas sostenibles y a la conservación de la biodiversidad en ecosistemas áridos y semiáridos.

Palabras clave: *Opuntia*; tuna; abióticos; suelo; precipitaciones.

Impact of Abiotic Factors on the Physicochemical Properties of the Fruit of *Opuntia* spp.

Abstract: The *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill is a species of cactus widely distributed in arid and semi-arid regions, largely dependent on environmental factors for its successful reproduction. This study focuses on understanding how abiotic factors, such as temperature, light, humidity, and nutrient availability, influence the development of *O. ficus* fruit, known as prickly pear, especially precipitation and soil characteristics. It has been observed that variations in these factors can significantly affect the processes of pollination, fertilization, growth, and fruit maturation. This is important for understanding the plant's biology and its management in agricultural and conservation settings. The objectives of this systematic review are focused on analyzing reports of how abiotic factors affect flowering and consequently the filling and development of *O. ficus* fruit, presented in the scientific literature between the years 2014 – 2024. The results of this review may contribute to the design of sustainable agricultural practices and the conservation of biodiversity in arid and semi-arid ecosystems.

Keywords: *Opuntia*; prickly pear; abiotic; soil; precipitation.

1. Introducción

El nopal (*Opuntia ficus indica*), originario de México, perteneciente a la familia Cactaceae, se encuentra distribuido en América Latina, Sudáfrica y el Mediterráneo (Inglese *et al.*, 2002). La composición del fruto, donde la cáscara puede

representar hasta el 55% y la pulpa hasta el 67%, junto con su potencial como fuente de aceites comestibles insaturados, lo convierten en un recurso valioso (Piga, 2004; Arrizon *et al.*, 2006; De Wit *et al.*, 2020).

La resiliencia de las Cactaceae a condiciones de sequía y altas temperaturas, gracias al metabolismo CAM, ha generado un renovado interés agronómico, especialmente en contextos de cambio climático (Sáenz, 2013). Asimismo, su explotación en industrias cosmética y nutracéutica, junto con el interés creciente en sus frutos frescos, resalta sus propiedades funcionales y composición única (ElMostafa *et al.*, 2014; Kuti, 2004; Martínez, Esparza, & Fragoso, 2014; Pimienta-Barrios, 1994; Stintzing *et al.*, 2005; Sáenz & Sepúlveda, 2001; Sáenz, 2013). Este interés ha promovido incluso su introducción en el resto del mundo, con impactos significativos en el sur de Europa (Allegra *et al.*, 2015; Piga *et al.*, 2003; Kyriacou *et al.*, 2016).

La adaptación de las *Opuntia* a condiciones áridas y semiáridas, su valor nutricional y su contribución a la economía local en estas regiones, subrayan su importancia como uno de los pilares agrícolas en tales entornos (Arba *et al.*, 2022). Sin embargo, persisten desafíos en regiones como el sur del Mediterráneo, donde las prácticas de cultivo tradicionales limitan su rendimiento y calidad (Arba *et al.*, 2022).

Muchos de los compuestos y características físicas de los frutos de muchas plantas están regidas debido al acondicionamiento donde se encuentran. Se sabe que *Opuntia* spp. en condiciones de clima frío tiende a un desarrollo del fruto más lento al presentado en climas cálidos, demostrado en trabajos como el de López-Zúñiga (2022), o los trabajos de Rodríguez *et al.* (2023) donde aunque no hablan específicamente del impacto de las condiciones climáticas frías en el desarrollo del fruto, nos menciona las distintas características presentadas en los frutos recolectados de distintas regiones con diferencias significativas entre su temperatura y cantidad de precipitación anual.

La relación entre las características nutricionales de los frutos de *Opuntia* spp., los compuestos del suelo y la cantidad de precipitación es un tema de interés en la investigación agrícola y de nutrición de plantas. Diversos estudios han intentado comprender cómo los compuestos del suelo, incluyendo nutrientes y minerales, así como la cantidad de precipitación, influyen en las propiedades nutricionales de los frutos de cactus como las investigaciones de Mondragón Jacobo (2003). La composición del suelo y la cantidad de precipitación pueden tener un impacto en la disponibilidad de nutrientes para todas las plantas, lo cual de forma directa puede influir en la calidad nutricional de los frutos como lo mencionan diversos autores (Inglese *et al.*, 2018; Santiago-Lorenzo *et al.*, 2016). Por lo que, con la recopilación de distintos artículos, se pretende relacionar las características de la zona donde se extrae el material vegetal de *Opuntia* spp. en sus características físicas y composición química de los frutos (Véase Gráfico 1).



Gráfico 1. Abstracto gráfico

2. Materiales y Métodos

En la búsqueda de literatura se utilizaron bases de datos científicas de PubMed, y Google Scholar, utilizando las siguientes palabras clave "MESH" de búsqueda (en inglés debido al idioma de los sitios: "*Opuntia ficus*"; "*Opuntia ficus indica*"; "Prickly pear") como filtros para buscar en todos los campos se utilizaron las palabras: "climate", "temperatura", "precipitation" y "composition". De los artículos resultantes de la búsqueda, se leyeron atentamente los títulos,

después los resúmenes, y finalmente de forma breve todo el contenido para seleccionar y revisar los estudios relevantes (Total: 44). La búsqueda se enfocó en un lapso de 10 años hacia atrás que comprendió desde diciembre 2014 a abril 2024.

Se incluyeron artículos originales escritos en inglés y español. El proceso se llevó a cabo siguiendo las directrices del Diagrama de Flujo PRISMA como se presenta en la Gráfico 2.

Para determinar la similitud entre las diversas zonas de donde se obtuvieron los materiales vegetales de los artículos, en caso de que los autores no proporcionaran la información, se extrajo dicha información de la base de datos ClimaMundi (<https://es.climate-data.org/>; revisado el 12 de abril de 2024) donde para propósitos de esta revisión, se tomaron en cuenta los milímetros de precipitaciones y grados centígrados de las temperaturas medias, máximas y mínimas normales anuales. Los datos recopilados se analizaron con el programa Statistical Package for the Social Sciences (IBM, SPSS Versión 21) se empleó el método de conglomerado jerárquico. En base al dendograma resultante del conglomerado se agruparon las zonas geográficas similares en base a sus características climáticas.

3. Resultados y discusión

3.1. Características Climáticas de las zonas de estudio

Los resultados del análisis dendrográfico, presentados en la Gráfico 3, revelaron la formación de tres grupos distintos y claramente definidos resultados obtenidos tras un promedio de 30 años según Clima Mundi, los cuales serán referidos como grupos 1, 2 y 3 respectivamente, caracterizados por (Véase la Tabla 1):

- El Grupo 1 se caracteriza por una precipitación anual de 528.6 mililitros, acompañada de una temperatura máxima promedio de 24.8 °C, una temperatura media anual de 17.4 °C y una temperatura mínima anual de 10.3 °C.
- El Grupo 2 presenta una precipitación anual más elevada, alcanzando un promedio de 894.5 mililitros, junto con una temperatura de entre las 3 la más fría con una máxima anual de 22.0 °C, una temperatura media anual de 17.6 °C y una temperatura mínima anual de 13.0 °C.
- El Grupo 3 exhibe la precipitación anual más baja de los tres grupos, con un promedio de 245.6 mililitros, mientras que las temperaturas registradas son de 23.9 °C para la máxima anual, 18.6 °C para la media anual y 13.5 °C para la mínima anual.

Tabla 1. Datos climatológicos característicos de cada grupo.

Grupo	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)		
		Máxima	Media	Mínima
1	894.5	22.0	17.6	13.0
2	395.2	24.3	17.6	11.0
3	245.6	23.9	18.6	13.5

¹ Características climatológicas de los grupos 1, 2 y 3. mm: milímetros; °C: grados centígrados.

3.2. Factores abióticos que influyen en el desarrollo de *Opuntia ficus-indica*

El cultivo del nopal presenta una amplia variación en importantes rasgos de composición, incluyendo contenidos fenólicos, carbohidratos, pigmentos y fibras solubles/insolubles, entre otras los cuales se ven afectados por factores genotípicos, ambientales y culturales, aunque la investigación en general sigue siendo limitada. La evaluación de la calidad de la fruta se realiza comúnmente en el momento de la cosecha (Kyriacou *et al.*, 2016), sin embargo, no se sabe a ciencia cierta la diferencia respecto a la maduración del fruto, los resultados pueden no reflejar adecuadamente las diferencias genotípicas, y de forma errónea atribuyamos las características a factores no tan relevantes. Además, factores ambientales como la lluvia y las unidades de calor acumuladas también influyen en la composición del fruto, especialmente en azúcares, acidez y color (Coetzer *et al.*, 2019).

La temperatura máxima y las precipitaciones durante los meses previos a la cosecha tienen un impacto significativo en los parámetros de calidad del fruto, lo que sugiere que condiciones climáticas específicas pueden contribuir a la producción de frutas de mejor calidad en el cultivo de *Opuntia ficus* (Coetzer *et al.*, 2019). El desarrollo de *Opuntia ficus* está influenciado por diversos factores abióticos, entre los cuales las precipitaciones juegan un papel crucial. Investigaciones han demostrado que altas precipitaciones en noviembre pueden incrementar los sólidos solubles totales (SST), fructosa y acidez titulable (TA) del fruto, aunque disminuyen el contenido de glucosa (Coetzer *et al.*, 2019).

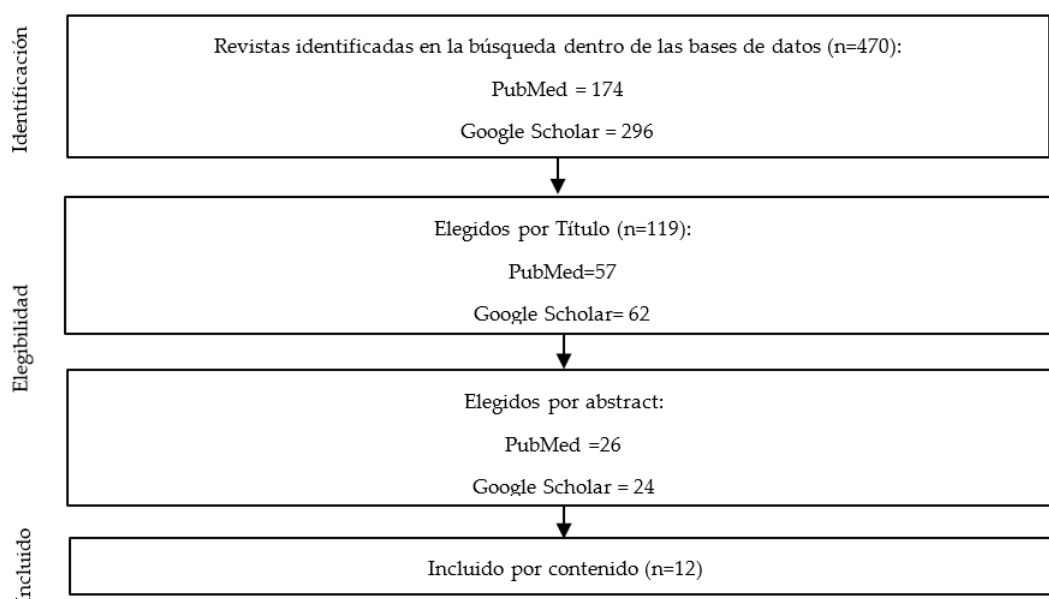


Gráfico 2. Diagrama de Flujo PRISMA

Por otro lado, durante épocas de lluvias más intensas, se observa un aumento en la masa del fruto y el contenido de pulpa, lo que resulta en una disminución del contenido de SST (Inglese *et al.*, 1995; Coetzer *et al.*, 2019). En contraste, periodos de escasas precipitaciones, pueden percibirse como estrés por sequía, lo que conlleva a un aumento en el contenido de SST. Además, la caracterización de los genotipos de nopal cultivado ha revelado una amplia variación en su composición, incluyendo compuestos fenólicos, carbohidratos, pigmentos y fibras (Kyriacou *et al.*, 2016).

Por ejemplo, el crecimiento del fruto se ve influenciado por diversos factores, como la presencia de semillas que representan entre un 2% y un 10% de la pulpa, y son consideradas buenas fuentes de aceites comestibles insaturados (De Wit *et al.*, 2020). No muchos autores nombran la importancia del suelo en la calidad del fruto, aunque gracias al trabajo de Santiago *et al.* (2016) se tiene conocimiento que la calidad de los nutrientes disponibles para las plantas está mediada en la composición del suelo y la precipitación (Inglese *et al.*, 2018; Santiago-Lorenzo *et al.*, 2016). Se ha destacado la importancia de los efectos genotípicos, ambientales y culturales en esta variación a lo largo de los estudios. Sin embargo, la comprensión sobre el comportamiento de maduración, los efectos en la calidad respecto al clima, y composición del fruto sigue siendo limitada. Este conocimiento es fundamental para una evaluación precisa de la calidad de la fruta, ya que las diferencias aparentemente genotípicas o climáticas pueden reflejar en realidad un comportamiento que eleve el rendimiento del cultivo (Kyriacou *et al.*, 2016).

3.3. Características de los frutos en el grupo 1

Influenciado por una temperatura media anual de 17.62 °C, el Grupo 1 se caracteriza gracias a los trabajos de Belviranlı *et al.* (2019) y Juhaimi *et al.* (2020) donde se pueden encontrar diferencias en las composiciones de los frutos extraídos de las distintas localidades donde extrajeron los frutos.

3.3.1. Concentración de azúcares

En primer lugar, al examinar los datos proporcionados por Belviranlı *et al.* (2019) de los materiales localizados en Adana, Alanya, Anamur, Fethiye e Iskenderum (Tuna extraída y nombrada con el nombre de la ciudad de procedencia), se observaron concentraciones notables de fructosa (26.53 mg/ml) y glucosa (38.92 mg/ml), indicando una rica presencia de azúcares simples en esta variedad; la muestra de Alanya exhibió niveles ligeramente superiores de estos azúcares, con 29.17 mg/ml y 44.71 mg/ml, respectivamente. La variedad de Anamur exhibió un promedio de fructosa ligeramente superior en comparación con Fethiye e Iskenderum, con valores de 25.34 mg/ml, 24.95 mg/ml y 26.5 mg/ml respectivamente. Siendo Alanya con la mayor cantidad de fructosa de las 5 variedades.

Este ligero cambio podría atribuirse a variaciones en la madurez de la fruta al momento de la recolección o a factores ambientales y edáficos específicos de cada región, ya que por ejemplo la región de Alanya posee 200 mm más de precipitación que Adana y solo 3 mm menos que Fethiye.

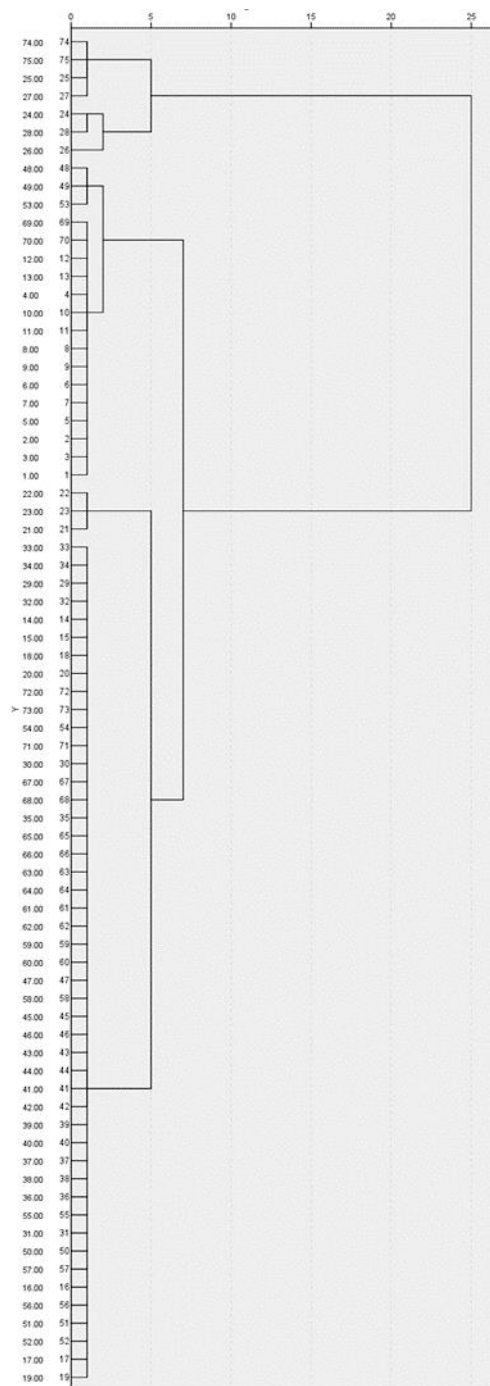


Gráfico 3. Dendrograma de grupos similares en clima por medio de SPSS.

3.3.2. Compuestos fenólicos, flavonoides y antioxidantes

Se observaron diferencias entre las muestras de las variedades de *Opuntia ficus-indica* de la localidad Adana, donde se registró una concentración de ácido cafeico de 0.912 mg/ml, al igual que en Iskenderum, mientras que en Alanya esta cifra fue significativamente menor, con 0.103 mg/ml. Por el contrario, el ácido gálico 3-O-galato mostró una concentración más alta en Alanya (844.91 mg/ml) en comparación con Adana (824.07 mg/ml).

La variedad de Fethiye muestra el contenido más alto de rutina, un flavonoide con propiedades antioxidantes, con un valor de 24.025 mg/kg, seguida de cerca por Anamur con 19.107 mg/kg y luego Iskenderum con 13.946 mg/kg. Las diferencias en el contenido fenológico total y los valores de eliminación de radicales libres probablemente se deben al color de la fruta, ubicaciones, clima, estructura del suelo y condiciones ambientales, como mencionan Belviranlı *et al.* (2019).

En el contenido de vitamina C, se observa una diferencia notable entre las variedades, con la variedad de Anamur mostrando el contenido más alto de vitamina C con 130.76 mg/100g, seguida por Fethiye con 54.2 mg/100g e Iskenderum con 40.93 mg/100g. Esta variación podría atribuirse a diferencias en las condiciones climáticas durante el crecimiento de las frutas, así como a la genética de cada variedad (Arba *et al.*, 2022).

Además, una variedad de *Opuntia*, como lo es *O. ficus barbárica* presentó características en el jugo de pulpa del fruto recolectado en la localidad de Berger, Turquía, dentro del trabajo de Juhaimi *et al.*, (2020), concentraciones significativas de compuestos fenólicos como 1,2-Dihydroxybenzene (8.78 mg/ml) y ácido siríngico (6.95 mg/ml).

3.3.3. Ácidos grasos

Los ácidos grasos fueron reportados únicamente en las semillas, donde se observan similitudes en la composición entre tres variedades, con predominio de ácidos grasos insaturados como el oleico y el linoleico. Sin embargo, la variedad de Iskenderum muestra un contenido ligeramente más alto de ácido oleico en comparación con Anamur y Fethiye. Esto podría deberse a factores genéticos específicos de la variedad cultivada en Iskenderum o a condiciones de crecimiento que favorecen la biosíntesis de este ácido graso en particular, por ejemplo, de las 3 localidades de origen de las variedades, Iskenderum presenta la menor de las precipitaciones, con una diferencia de 150 mm a la siguiente más seca, que vendría siendo Anamur.

Adicionalmente, Adana presentó una concentración de ácido palmítico de 11.69 mg/ml, mientras que Alanya mostró una cantidad ligeramente inferior, con 11.22 mg/ml.

Según Juhaimi *et al.* (2020), las semillas de *Opuntia ficus barbárica* extraídas mostraron contenidos de ácido palmítico (12.09 mg/ml) y ácido oleico (28.51 mg/ml), así como una cantidad importante de aceites totales (3.09 mg/ml). Datos no muy lejanos a los que ofrece *Opuntia ficus-indica* (OFI).

3.4. Características de los frutos en el grupo 2

En el Grupo 2 existen 4 autores distintos que trabajaron bajo caracteres climáticos similares, los cuales son Amaya-Cruz *et al.* 2019), Zegbe & Serna-Pérez (2018), Dehbi *et al.* (2014) y De Wit *et al.* (2020). Sin embargo, no es posible comparar directamente sus datos debido a que cada estudio reporta diferentes aspectos químicos y/o físicos de los frutos. Aun así, se reportan los datos disponibles de cada estudio, a pesar de la falta de uniformidad.

3.4.1. Características extraídas de la cáscara Tamaño, peso, grosor y firmeza

La variedad nombrada Khouribga amarilla presentó un peso de 41.3 g siendo esta ligeramente menor que su contraparte Khouribga roja con 41.7 g (siendo el lugar de origen del material vegetal lo que las empareja con el mismo nombre). La variedad Ras Elain mostró un peso de cáscara de 37 g, siendo la más ligera en este aspecto (Dehbi *et al.*, 2014). Por otro lado, de las Smooth red reportadas por Zegbe & Serna-Pérez (2018) aquella recolectada en 2005 tuvo un peso de cáscara de 44.2 g, mientras que Smooth red del 2006 mostró un incremento significativo alcanzando los 61.9 g, lo que indica una considerable variabilidad en esta característica entre los años de recolección que pudieron señalar los autores (Dehbi *et al.*, 2014). En relación con el espesor de la cáscara y firmeza, Amaya-Cruz *et al.* (2019), destaca que Roja Lisa presenta la cáscara más gruesa, con 0.72 mm y la mayor firmeza registrada de 3.2 kg-fuerza. En contraste, Amarillo-Naranja muestra un espesor de cáscara ligeramente inferior, con 0.66 mm y una firmeza intermedia de 2.51 kg-fuerza y finalmente, la variedad Cristalina exhibe el espesor de cáscara más delgado, con solo 0.65 mm, y la menor firmeza medida de 1.55 kg-fuerza manteniendo su forma.

3.4.2. Contenido de azúcares

En lo referente a la composición química de las cáscaras de las variedades, el contenido de azúcares únicamente reportado en el artículo de Dehbi *et al.* (2014) reporta que las variedades Khouribga amarilla, Khouribga roja y la Ras Elain contienen 154.16 mg/ml, 113.33 mg/ml y 125.13 mg/ml respectivamente de Sacarosa.

3.4.3. Contenido de antioxidantes y ácidos orgánicos

Los contenidos de ácidos orgánicos de la investigación de Amaya-Cruz *et al.* (2019) se basan en ácido gálico, ácido 2,3-hidroxibenzoico y Betacianinas para todas las variedades a excepción de la variedad Cristalina donde existe una ausencia de Betacianinas. En lo que respecta al contenido de vitamina C, la variedad Cristalina lidera con 3530 mg/100g, seguida por la Roja Lisa con 3155 mg/100g, y la Amarillo-Naranja muestra un contenido bajo respecto a las demás de esta vitamina, con 890 mg/100g.

En la comparación de las variedades de la especie OFI investigada por De Wit *et al.* (2020), se observan diferencias significativas en varios parámetros bioquímicos de relevancia. El porcentaje de inhibición de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), utilizado como indicador de la capacidad antioxidante, muestra variaciones notables entre las distintas variedades frescas. El Gmino C fresco presenta una capacidad antioxidante del 91,18%, mientras que las variedades Meyers y Nepgen frescas exhiben valores superiores, alcanzando el 96,25% y el 91,67%, respectivamente. En contraste, la variedad Robusta fresca muestra un valor considerablemente menor, con un 7,44%.

En la comparación de las variedades de la especie OFI, se observan diferencias significativas en varios parámetros bioquímicos relevantes. El Gmino C fresco presenta un porcentaje de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) que funciona como medidor de capacidad antioxidante de 91.18%, mientras que Meyers fresco y el Nepgen fresco exhiben valores superiores, alcanzando un 96.25% y un 91.67%, respectivamente. Por otro lado, el Robusta fresco muestra un valor relativamente bajo de 7.44%. Para la actividad quelante, el Robusta lidera con 97.32%, seguido de cerca por Meyers con un 95.2%. En contraste, el Gmino C presenta el valor más bajo en esta medida, con un 72.5%

3.4.4. Polifenoles hidrolizables

La concentración de polifenoles hidrolizables varía entre las variedades, siendo Robusta la que muestra el valor más alto de 126.82%, seguido por Meyers con 100.96%. En contraste, Gmino C y Robusta exhiben las concentraciones

más bajas de polifenoles hidrolizables, con 14.04% y 7.44%, respectivamente. Para los ácidos hidroxibenzoicos, Meyers tiene el valor más alto de 6.87%, seguido por el Robusta con 42.62%. Por otro lado, el Nepgen presenta el valor más bajo de 0.33%.

3.4.1.5. Pigmentos, Betacianinas, Betaxantinas y Caroteno

Respecto a las betacianinas y betaxantinas, el Robusta lidera en ambos compuestos, con 29.73 y 72.78 mg/kg o mg/L, respectivamente esto se puede deber a que el contenido de betacianina del zumo de fruta es el responsable del color rojo y morado (Kyriacou *et al.*, 2016), y Robusta es el único fruto de tal color, mientras que el Gmino C (cuyo color de cascara es anaranjada) muestra las concentraciones más bajas de estos compuestos. En lo que respecta al α -caroteno, el Robusta también muestra el valor más alto, con 109.46, mientras que el Gmino C presenta el valor más bajo, con 68.04, nuevamente siendo este pigmento responsable de colores rojizos en las plantas y frutos.

3.4.5. Características extraídas de los frutos en general

Los autores que pudieron reportar características generales dentro de los rangos climatológicos del grupo 2, fueron Dehbi *et al.* (2014) con 9 variedades extraídas de distintas partes de Marruecos de las cuales haremos mención de las frutas extraídas y nombradas como su lugar de Origen “Khouribga amarilla”, “Khouribga roja” y “Ras Elain” mientras que Bourhia *et al.* (2020), igualmente en Marruecos nos proporcionó datos de su estudio de dos resultados de una misma variedad nombrada a partir de ahora como “Smooth red” con distintos años de recolección (2005 y 2006).

3.4.6. Dimensiones y peso

Khouribga amarilla y la Ras Elain presentaron el mismo diámetro de 4.8 cm. Khouribga roja tuvo un mayor diámetro de 5.5 cm. No se disponen datos del diámetro del fruto para las variedades Smooth red recolectadas en 2005 y 2006. La longitud del fruto de Khouribga amarilla fue de 7.5 cm, Khouribga roja 8 cm, y la Ras Elain 7.2 cm.

El peso de fruta fresca varió considerablemente entre las variedades. Khouribga amarilla tuvo un peso de 97.4 g, mientras que Khouribga roja alcanzó los 112 g, siendo la más pesada entre las variedades estudiadas. La Ras Elain mostró un peso de 95 g cercano al de Khouribga amarilla (Dehbi *et al.*, 2014). La Smooth red recolectada en 2005 y 2006 presentó pesos de 95.7 g y 91.4 g, respectivamente, lo que sugiere una ligera disminución en el peso de fruta fresca en el año 2006 (Bourhia *et al.*, 2020).

3.4.7. Composición de la pulpa y semillas

El porcentaje de pulpa/gross fue más alto en Khouribga roja con 57.14%, seguido de cerca por la Ras Elain con 52.63% y Khouribga amarilla con 52.36%. Para el porcentaje de semilla/pulpa, Khouribga roja presentó el mayor valor con 64%, seguida de Khouribga amarilla con 51% y la Ras Elain con 50% (Dehbi *et al.*, 2014).

3.4.8. Firmeza y humedad

La firmeza del fruto mostró valores similares entre las variedades Khouribga amarilla y Khouribga roja, con 89.18 kg-fuerza y 89.13 kg-fuerza, respectivamente. La Ras Elain tuvo una firmeza ligeramente mayor de 90.81 kg-fuerza. El porcentaje de humedad varió ampliamente, con Khouribga amarilla mostrando un valor extremadamente alto de 154.16%, lo que sugiere una posible anomalía o error de medición (Dehbi *et al.*, 2014). Khouribga roja tuvo un 113.33%, la Ras Elain 125.13%, mientras que la Smooth red reportada y recolectada por Bourhia *et al.* (2020) en 2005 y 2006 presentaron valores significativamente menores de 24.7% y 32%, respectivamente.

3.4.9. Contenido de sacarosa

El contenido de sacarosa varió notablemente entre las distintas variedades. La Khouribga amarilla presentó el nivel más alto, con 154.16 mg/ml, superando a las otras dos variedades evaluadas. La Ras Elain, con 125.13 mg/ml, mostró un contenido de sacarosa menor que la Khouribga amarilla pero aún considerable. En contraste, la Khouribga roja presentó el nivel más bajo de sacarosa, con 113.33 mg/ml (Dehbi *et al.*, 2014).

3.4.10. pH

El rango de pH observado entre las muestras varía de 5.27 a 5.95, lo que indica una ligera acidez en todas las muestras evaluadas. La muestra con el pH más bajo es Ait Baamrane, con un pH de 5.27, mientras que la muestra con el pH más alto es Khouribga Amarilla, con un pH de 5.95 (Dehbi *et al.*, 2014).

3.5. Características de los frutos en el grupo 3

3.5.1. Características de los frutos

Las variedades de cáscara amarilla exhibieron diferencias significativas según los datos proporcionados por Dehbi *et al.* (2014). En cuanto al peso de la cáscara, la variedad Alkalaa presentó el peso más alto (43 g), seguida por la variedad Dukkala (47 g), mientras que Tamallalet mostró el peso de cáscara más bajo (32 g). En términos de tamaño del fruto, Ben Guerin se destacó con el mayor diámetro y longitud del fruto (5 cm y 8.1 cm, respectivamente), mientras que Alkalaa mostró el menor diámetro del fruto (4.6 cm) y Ait Baamrane la menor longitud del fruto (7 cm). Para el peso de la fruta fresca, Dukkala registró el mayor peso (109 g), mientras que Tamallalet tuvo el peso más bajo (76 g). Además, Ben Guerin [A1][NR2] mostró el mayor porcentaje de pulpa (59.22%), seguido por Ait Baamrane (54.55%), mientras que Alkalaa tuvo el menor porcentaje de pulpa (45.16%) (Dehbi *et al.*, 2014). En cuanto a la firmeza, Ben Guerin exhibió la mayor firmeza (91.18 kg-fuerza), mientras que Tamallalet mostró la menor firmeza (90.41 kg-fuerza).

3.5.2. Composición química

En lo que respecta a las características químicas, se observaron variaciones significativas entre las variedades. En los contenidos de sacarosa, Tamallalet registró el valor más alto (5.64 mg/ml), seguido por Alkalaa (5.63 mg/ml), mientras que Ait Baamrane presentó el contenido más bajo (5.27 mg/ml). En pH, Ait Baamrane exhibió el valor más alto (0.098), seguido por Dukkala (0.081), mientras que Alkalaa mostró el valor más bajo (0.049). Respecto al contenido de polifenoles hidrolizables, Ait Baamrane mostró el valor más alto (643.66 mg), seguido por Alkalaa (632.11 mg), mientras que Dukkala presentó el valor más bajo (394.9 mg) (Dehbi *et al.*, 2014).

3.5.3. Ácidos grasos en pulpa

El análisis de los ácidos grasos presentes en las variedades de pulpa de OFI analizada por Andreu *et al.* (2019) revela diferencias en su composición, por ejemplo, las frutas de pulpa naranja variedad nombrada como NT exhibieron un equilibrio entre ácidos grasos saturados y poliinsaturados, con un 39.4% y 39.3%, respectivamente. Con el ácido palmítico como el más abundante, representando un 23.5%. Por otro lado, la pulpa verde de la variedad NO se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados (34.8%), principalmente ácido oleico. En contraste, la pulpa violeta/azul de OFI NE presenta una proporción más alta de ácidos grasos poliinsaturados (36%), con el ácido linoleico destacando en un 25.2%. La pulpa verde/naranja variedad NA muestra una alta proporción de ácidos grasos saturados (40.1%), mientras que la pulpa roja OFI FR se distingue por su contenido significativo de ácidos grasos poliinsaturados (46%). Por último, la pulpa amarilla o NJ resalta por porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (53.9%), especialmente el ácido linoleico, con los niveles más bajos de ácidos grasos saturados entre las variedades comparadas (20.7%).

3.5.4. Ácidos grasos en cáscara

La comparación de las características de los aceites extraídos de las cáscaras de las diferentes variedades de frutos varían como en el caso de la cáscara naranja de NT la cual exhibe una proporción equilibrada de ácidos grasos, con un 52% de poliinsaturados y una distribución cercana entre ácidos grasos saturados (25.5%) y monoinsaturados (22.5%); la cáscara verde o también nombrada NO que se caracteriza por su elevada concentración de ácidos grasos poliinsaturados (63.2%), con el ácido linoleico (42.4%) y el linolénico (20.8%) (Andreu *et al.*, 2019).

En contraste, la cáscara violeta/amarilla de NE presenta un equilibrio entre ácidos grasos saturados (32.1%) y poliinsaturados (37%), con una notable cantidad de ácido oleico (31%). La cáscara verde/naranja en OFI NA muestra una marcada predominancia de ácidos grasos poliinsaturados (61.1%), con significativas cantidades de ácido linoleico (39.2%) y linolénico (21.9%). Asimismo, la cáscara roja (FR) exhibe un perfil compuesto principalmente por ácidos grasos poliinsaturados (55.7%), como ácido linoleico (37%). Y finalmente, la cáscara amarilla de NJ presenta un contenido elevado de ácidos grasos poliinsaturados (61.5%), con el ácido linoleico (39.6%) y el linolénico (21.9%) como componentes principales (Andreu *et al.*, 2019).

3.5.5. Ácidos grasos en semilla

Las semillas del fruto de las variedades estudiadas por Andrew *et al.*, (2019) presentan un perfil de ácidos grasos particularmente rico en linoleico (59.9%), acompañado de una proporción de ácidos grasos monoinsaturados (20.1%) y saturados (15.8%).

3.6. Composición del fruto de *Opuntia* según la precipitación

La composición de los frutos de nopal varía significativamente según su color, influenciada principalmente por factores genéticos, pero también por factores ambientales y el tiempo de cosecha. Estudios han demostrado que la lluvia y la temperatura afectan el contenido de azúcares, el porcentaje de pulpa y el color del fruto (Coetzer *et al.*, 2019). En particular, la lluvia parece tener un efecto sobre los azúcares y el color del fruto, mientras que las unidades de calor acumuladas también influyen en la acidez y el pH (Coetzer *et al.*, 2019).

La caracterización de los genotipos de nopal cultivado ha revelado una amplia variación en importantes rasgos de composición, como el contenido de compuestos fenólicos, carbohidratos, pigmentos y fibra soluble/insoluble (Kyriacou *et al.*, 2016). La composición de los frutos de nopal está estrechamente relacionada con factores ambientales como la lluvia y la temperatura, así como con factores genéticos y culturales (Edvan *et al.*, 2020).

3.7 Prácticas culturales que mejoran la calidad del fruto

3.7.1. Raleo de frutos

El éxito de la producción vegetal es producir altos rendimientos de fruta de buena calidad. El parámetro de calidad del fruto más importante es el tamaño del fruto (Coetzer *et al.*, 2019). Los cultivares difieren en el tamaño del fruto, pero el entorno también puede influir en el tamaño del fruto y puede estar relacionado con la temperatura, las precipitaciones y la duración del día y la noche (Coetzer *et al.*, 2019).

El aclareo de frutos garantiza una distribución y asignación más efectiva de nutrientes entre las distintas partes de la planta, priorizando especialmente al fruto (Zegbe y Mena-Covarrubias, 2010; Coetzer *et al.*, 2019)). Cuando no se realiza el aclareo de frutos, se evidencia una competencia entre los cladodios y los frutos, así como entre los propios frutos. Una carga completa de frutos afecta negativamente la producción de cladodios, y la carga de frutos no puede compensar la disminución en la producción de cladodios (Fouché y Coetzer, 2015; Coetzer *et al.*, 2019).

Según la investigación de Arba *et al.* (2022), el raleo de frutos tuvo un efecto significativo sobre el contenido de azúcar en los frutos. Así como Varios autores también reportaron que la reducción en el número de frutos en cladodios cargados mejora la calidad de los frutos.

3.7.2. Fertilización

Al comparar los datos de la investigación de Arba *et al.* (2022), los datos del cultivar Aissa bajo diferentes tratamientos de fertilizante, específicamente los tratamientos de T2 (225-45 kg NP2O5 ha⁻¹) y T1 (150-30 kg N- P2O5 ha⁻¹) y T0 (Sin fertilización), se observan variaciones significativas en varias características de los frutos.

En primer lugar, al analizar el peso de la cáscara, evidenciaron un incremento gradual a medida que se aumenta la dosis de fertilizante. Con diferencias de pesos entre T2 (68.87 g), seguido por T1 (62.94 g), y finalmente T0 (60.89 g) de la misma forma en que aumenta el peso fresco del fruto; el número de semillas por cada 10g de pulpa se mantiene constante entre los tratamientos, con un valor de 44.18 g en todos los casos, pero; para el espesor de la cáscara, se observa un ligero aumento en los tratamientos fertilizados en comparación con el tratamiento sin fertilización, dentro de unos cuantos micrómetros. Esto nos indica que hay parámetros que la fertilización no controla como por ejemplo el número de semillas, firmeza e incluso el grosor de la cáscara significativamente.

3.7.3. Aplicación de riego

Opuntia no es una planta que requiera volúmenes de agua altos para sobrevivir, sin embargo se han estudiado su rendimiento bajo riego y sin riego, donde se pueden observar diferencias significativas en varias características de los frutos (Arba *et al.*, 2023).

El peso de la cáscara se evidencia que las plantas que fueron sometidas a riego presentan un peso de cáscara ligeramente mayor en comparación con aquellas que no recibieron riego. Por ejemplo, en la condición bajo riego se registró un peso de cáscara de 52.33 g, mientras que en la condición sin riego fue de 47.38 g. En cuanto al número de semillas por cada 10g de pulpa, la tendencia es que aquellas plantas que recibieron riego mostraron un menor número de semillas en comparación con aquellas que no fueron regadas. Por ejemplo, bajo la condición de riego se registró un número de semillas de 45.79 por cada 10g de pulpa, mientras que en la condición sin riego fue de 47.41 (Arba *et al.*, 2023). En

relación con el espesor de la cáscara, se observa que las plantas que recibieron riego tienden a presentar una cáscara ligeramente más gruesa en comparación con las que no fueron regadas. Por ejemplo, bajo riego se registró un espesor de cáscara de 4.86 mm, mientras que en la condición sin riego fue de 4.1 mm. Para el peso se observa que las plantas que fueron sometidas a riego muestran un mayor peso en comparación con aquellas que no recibieron riego. Por ello bajo riego se registró un peso de fruta fresca de 120.9 g, mientras que en la condición sin riego con de 103.4 g (Arba *et al.*, 2023).

4. Conclusiones

El cultivo del nopal exhibe una considerable variación en la composición de sus frutos, influenciada por factores genotípicos, ambientales y culturales. Factores ambientales, como la lluvia y las unidades de calor acumuladas, tienen un impacto significativo en la composición del fruto, afectando parámetros como azúcares, acidez y color. Específicamente, las precipitaciones y las temperaturas máximas antes de la cosecha son determinantes en la calidad del fruto, sugiriendo que condiciones climáticas específicas pueden mejorar la producción de frutos de mejor calidad en *Opuntia ficus*. Altas precipitaciones, por ejemplo, pueden incrementar los sólidos solubles totales, la fructosa y la acidez titulable del fruto, aunque también pueden disminuir el contenido de glucosa. En épocas de lluvias intensas, se observa un aumento en la masa del fruto y el contenido de pulpa, lo que resulta en una disminución de los sólidos solubles totales. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar tanto los factores genéticos como los ambientales en el manejo y mejora del cultivo de nopal.

5. Agradecimientos

Extiendo mis agradecimientos a la Subdirección de Posgrado de la FA por abrirme sus puertas y siempre ser cordiales conmigo. A mi director de tesis el Dr. Rigoberto E. Vázquez Alvarado por el apoyo brindado en todo momento, por alentarme y guiarme en este camino de preparación. Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONACYT) por el apoyo correspondiente a la beca de maestría otorgada a N.S.R.-T. CVU: 1315830

6. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Referencias

1. Amaya-Cruz, D.M., Pérez-Ramírez, I.F., Delgado-García, J., Mondragón-Jacobo, C., Dector-Espinoza, A. y Reynoso-Camacho, R. (2019). An integral profile of bioactive compounds and functional properties of prickly pear (*Opuntia ficus indica* L.) peel with different tonalities. *Food Chemistry*. 278, pp. 568-578. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.031.
2. Arba, M., Farhat, S. y Arba, M. (2022). Effect of fruit thinning on fruit yield and quality of cactus pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. in a semi-arid area. *International Journal of Science and Research Archive*. 6(1), Article 1. doi: 10.30574/ijrsra.2022.6.1.0122.
3. Arba, M., Rmili, A., Arba, M. y Rmili, A. (2023). Effect of removing the spring flush and phosphor-nitrogenous fertilizing on fruit yield and quality of the late fruiting of cactus pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *International Journal of Science and Research Archive*. 10(2), Article 2. doi: 10.30574/ijrsra.2023.10.2.0876.
4. Belviranlı, B., Al-Juhaimi, F., Özcan, M.M., Ghafoor, K., Babiker, E.E. y Alsawmahi, O.N. (2019). Effect of location on some physico-chemical properties of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) fruit and seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*. 43(3), e13896. doi: 10.1111/jfpp.13896.
5. Bourhia, M., Elmahdaoui, H., Moussa, S.I., Ullah, R. y Bari, A. (2020). Potential natural dyes food from the powder of prickly pear fruit peels (*Opuntia* spp.) growing in the Mediterranean Basin under climate stress. *BioMed Research International*. 2020, 7579430. doi: 10.1155/2020/7579430.
6. Coetzer, G.M., Fouché, H.J. y Smith, M.F. (2019). Genotype × environmental interactions of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in the semi-arid regions of South Africa: Fruit production. *Acta Horticulturae*. 1247, pp. 31-40. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1247.5.
7. De Wit, M., Du Toit, A., Osthoff, G. y Hugo, A. (2020). Antioxidant content, capacity and retention in fresh and processed cactus pear (*Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*) fruit peels from different fruit-colored cultivars. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 4. doi: 10.3389/fsufs.2020.00133.
8. Dehbi, F., Hasib, A., Ouattmane, A. y Elbatal, H. (2014). Physicochemical characteristics of Moroccan prickly pear juice (*Opuntia ficus indica* L.). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 4, pp. 300-306.
9. Edvan, R.L., Mota, R.R.M., Dias-Silva, T.P., do Nascimento, R.R., de Sousa, S.V., da Silva, A.L., Araújo, M.J. de y Araújo, J.S. (2020). Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. *Scientific Reports*. 10(1), p. 10040. doi: 10.1038/s41598-020-66972-0.

10. Juhaimi, F.A., Ghafoor, K., Uslu, N., Mohamed Ahmed, I.A., Babiker, E.E., Özcan, M.M. y Fadimu, G.J. (2020). The effect of harvest times on bioactive properties and fatty acid compositions of prickly pear (*Opuntia ficus-barbarica* A. Berger) fruits. Food Chemistry. 303, p. 125387. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125387.
11. Kyriacou, M.C., Emmanouilidou, M.G. y Soteriou, G.A. (2016). Asynchronous ripening behavior of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) cultivars with respect to physicochemical and physiological attributes. Food Chemistry. 211, pp. 598-607. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.05.113.
12. López-Zúñiga, R.S. (2022). Evaluación del efecto de materia orgánica en cultivares tuneros tolerantes a bajas temperaturas de las zonas altas del estado de Nuevo León. International Journal of Science and Research Archive.
13. Manzur-Valdespino, S., Arias-Rico, J., Ramírez-Moreno, E., Sánchez-Mata, M.D.C., Jaramillo-Morales, O.A., Angel-García, J., Zafra-Rojas, Q.Y., Barrera-Gálvez, R. y Cruz-Cansino, N.D.S. (2022). Applications and pharmacological properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) peel: A review. Life. 12(11), p. 1903. doi: 10.3390/life12111903.
14. Rodrigues, C., Paula, C.D. de, Lahbouki, S., Meddich, A., Outzourhit, A., Rashad, M., Pari, L., Coelho, I., Fernando, A.L. y Souza, V.G.L. (2023). *Opuntia* spp.: An overview of the bioactive profile and food applications of this versatile crop adapted to arid lands. Foods. 12(7), p. 1465. doi: 10.3390/foods12071465.
15. Zegbe, J.A. y Serna-Pérez, A. (2018). Irrigation options to save water while enhancing export-size fruit and storability of 'Smooth IORed' cactus pear. Journal of the Science of Food and Agriculture. 98(14), pp. 5503-5508. doi: 10.1002/jsfa.9096.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

Cita: Vázquez-Alvarado, R. E., Olivares-Sáenz, E., Ojeda-Zacarías, M. del C., Aguirre-Arzola, V. E., Elizondo-Luévano, J. H. y Ramírez, N. (2024) «Impacto de los Factores Abióticos en las Propiedades Físico-químicas del Fruto de *Opuntia* spp.», *Scientia Agricolis Vita*, 1(3):15-25. <https://agricolis.uanl.mx/index.php/revista/article/view/13> (Accedido: 13 septiembre 2024).

Editor Académico: Iosvany López-Sandin

Recibido: 12-06-2024

Revisado: 24-06-2024

Aceptado: 03-09-2024

Publicado: 17-09-2024



Copyright: © 2023 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Artículo

Elaboración de una mantecada reducido en grasa utilizando la pasta estabilizada obtenida a partir de la extracción de aceite de nuez pecanera

Preparation of a reduced-fat muffin using the stabilized paste obtained from the extraction of pecan nut oil.

Aguirre-Villanueva Myriam J. ¹, Morales-Landa Juan L. ², Reyes-Vázquez Nohemí del C. ^{2*}

¹ Universidad Tecnológica Cadereyta. Carretera a Chihuahua Km 4.1. C.P. 67450. Cadereyta Jiménez, N.L. myriaguiv93@gmail.com

² Subsede Noreste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Vía de la Innovación 404. Autopista Mty-Aeropuerto Km 10, Parque PIIT. C.P. 66629. Apodaca, Nuevo León, México

* Correspondencia: nreyes@ciatej.mx; Tel.: +52 3333455200 ext 3020

Resumen: El objetivo de esta investigación fue elaborar una mantecada reducida en grasa utilizando una pasta estabilizada obtenida a partir de la extracción de aceite de nuez pecanera. Se logró obtener pasta parcialmente desgrasada como subproducto de la extracción del aceite de la nuez pecanera de la variedad Bustamante, obtenido mediante extracción por prensado en frío y estabilizada. Las pastas así obtenidas presentaron un nivel de grasa de 52.5%, siendo añadidas al producto, sustituyendo a la mantequilla, para obtener un contenido graso final de 17% (T₁) y 12% (T₂) con respecto a un producto tipo mantecada control que contenía 22% de grasa de origen animal. Las mantecadas T₁ y T₂ presentaron pérdidas por cocción y rendimientos similares al control ($P>0.05$) logrando mantener con excepción del diámetro sus características físicas, con cambios en el color tanto de la miga como costra particularmente en L* y b*. La aceptación sensorial por consumidores indicó que los productos T₁ y T₂ tuvieron similar nivel de agrado y aceptación que Tc. Este ingrediente puede utilizarse en productos de pastelería que puedan beneficiar a personas que requieran dietas especiales en su alimentación.

Palabras clave: pasta de nuez estabilizada, mantecada, reducción de grasa, panificación.

Abstract: The objective of this research was to elaborate on a reduced-fat muffin using a stabilized paste obtained from the extraction of pecan nut oil. Partially defatted paste was obtained as a by-product of the extraction of pecan nut oil from the Bustamante variety, obtained by cold-pressed extraction and stabilized. The pastes thus obtained had a fat level of 52.5%, being added to the product, replacing butter, to obtain a final fat content of 17% (T₁) and 12% (T₂) with respect to a control butter-type product containing 22% animal fat. The T₁ and T₂ shortbreads showed cooking losses and yields similar to the control ($P>0.05$), maintaining their physical characteristics except for the diameter, with changes in the color of both the crumb and crust, particularly in L* and b*. Sensory acceptance by consumers indicated that products T₁ and T₂ had a similar level of liking and acceptance to Tc. This ingredient can be used in bakery products that can benefit people who require special diets in their diet.

Key words: stabilized walnut paste, shortening, fat reduction, baking.

1. Introducción

La nuez pecanera (*Carya illinoensis*) es una oleaginosa de gran importancia comercial y nutricional. En los últimos años, junto con los Estados Unidos de Norteamérica, México se ha posicionado como uno de los principales productores de nuez pecanera a nivel mundial con 171,368 t producidas en el 2019. El estado de Nuevo León figura entre los primeros

10 productores de este fruto oleaginoso, Chihuahua se encuentra como líder productor con 59.8% de la producción nacional. Los principales estados productores son Chihuahua 102,538 t, Sonora 31,061 t, Coahuila 18,446 t, Durango 9,528 t, Hidalgo 3,074 t y Nuevo Leon 2,953 (SIAP, 2019). En el estado existen alrededor de 27 municipios productores de nuez, entre los cuales destacan Rayones, Bustamante y General Terán.

La demanda de consumo de las nueces pecanas se debe a su alto valor nutritivo, ya que contienen lípidos, carbohidratos, fibras y proteínas. También es una fuente natural de vitaminas y minerales, consideradas primordiales para la alimentación humana y entre los cuales destacan el Potasio, el Fósforo y el Magnesio (Reyes y Morales 2019). Estos frutos son ricos en ácidos grasos mono y poliinsaturados, tocoferoles, esteroides y fenólicos; que están relacionados con su actividad antioxidante (Atanasov *et al.*, 2018; Ros, 2010; Alasalvar y Shahidi, 2009).

El aprovechamiento integral de la nuez pecanera es un tema aun en desarrollo y la obtención de aceite ha sido poco explorada (Ojeda-Barrios *et al.*, 2019); como subproducto de la extracción de estos se obtienen las pastas o tortas parcialmente agotadas. Sin embargo, hasta el momento este subproducto de gran potencial como ingrediente en la elaboración de productos alimenticios se ha evaluado escasamente.

Algunos estudios con la nuez pecanera reportaron que la torta resultante de la obtención de aceite presentó una elevada cantidad de proteínas y fibra, además de aceite residual, por lo que presentan bajo valor energético en comparación con el fruto con toda su grasa. Asimismo, se reportó en estas tortas agotadas una elevada cantidad de micronutrientes como Mg, Mn y Co, presentando habilidad de absorber aceite y retener humedad y una elevada cantidad de fitocompuestos como polifenoles y taninos condensados, por lo que estas cualidades nutritivas demuestran que estas pastas agotadas representan un ingrediente potencial como aditivo en alimentos (Maciel *et al.*, 2020).

Un análisis sobre la harina de nuez pecanera concluyó que la nuez al ser sometida a un proceso de prensado en frío para la obtención de aceite, tanto este como la torta mantienen la calidad biológica de sus nutrientes. Lo anterior puede ser considerado positivo desde el punto de vista nutricional ya que las tortas agotadas contienen una elevada cantidad de proteína y fibra que puede ser utilizado en productos de panificación, como panes y galletas. (Cockerham, *et al.*, 2012).

Debido a que actualmente los consumidores demandan productos de panificación con modificación en su composición como un menor contenido de grasa, es importante el desarrollo tecnológico de los mismos. Un alimento bajo en grasa se define con base a la NOM -086-SSA1-1994 como un producto que contiene 25% menos de grasa o 25% menos calorías que un alimento de referencia.

Cuadro 1. Aplicación de imitadores de grasa en productos de panificación.

Imitador de grasa	Alimento	Nivel de sustitución (%)	Cambios en la calidad	Referencia
Inulina	Pasteles	70	↑Elasticidad, ↑Adhesividad y ↑Cohesividad. Aceptación entre el 50 y 70% de sustitución.	Rodriguez, 2012
Oatrim (dextrina y β glucanos)	Pasteles	20-60	↑Dureza, ↑Cohesividad y ↑Elasticidad. SDS color, apariencia, dulzor y aceptación.	Lee, 2005
Almidón resistente	Galletas	30	↑Dureza, cambios en color instrumental, sin cambios nivel de agrado.	Ozboy, 2010
Goma Xantana	Pasteles	50	SDS en Firmeza y Elasticidad.	Zambrano, 2004
Pasta de Agua-cate	Muffins	50	↑MUFA, sabor indeseable mayor sustitución.	Othman, 2018

Existen numerosos materiales para reemplazar la grasa en diversos alimentos, entre ellos los productos de panificación. Los reemplazadores de grasa se dividen en dos grandes grupos, que son sustitutos e imitadores. Los sustitutos están basados en lípidos como la Olestra^{MR} y Saltrim^{MR} que sustituyen a la grasa 1:1, presentando características en física y química similar, estables al freído y horneado. Los imitadores son a base de proteínas y carbohidratos ya que imitan sus propiedades físicas y organolépticas; como, por ejemplo, proteína microparticulada, carbohidratos complejos (maltodextrina, inulina y fibra), gomas, geles y alimentos completos o fraccionados (pasta de aguacate, plátano, leguminosas, etc.) (Colla, *et al.*, 2018; Chavan, *et al.*, 2016).

En productos horneados se han empleado un número importante particularmente imitadores como lo muestra el Cuadro 1. Por ejemplo, Othman, *et al.*, (2018) reportaron el uso de la pasta de aguacate como imitador de grasa en la elaboración de muffins, evaluando el efecto de diferentes porcentajes de sustitución de grasa vegetal por pasta de aguacate. De esta manera, se elaboró un producto control (M0) que no contenía la pasta, y cuatro formulaciones con 25% (M1), 50% (M2), 75% (M3) y 100% (M4) de pasta. El efecto de la sustitución de la pasta fue evaluado sobre el perfil nutricional y aceptabilidad sensorial. Entre los resultados destaca que el contenido graso de los muffins disminuyó significativamente ($p < 0.05$) con el incremento en la incorporación de puré de aguacate, fue de 14.85, 12.12, 9.18, 6.10 y 2.41% para M0, M1, M2, M3 y M4 respectivamente, sin presentar cambios significativos en el contenido de proteína y fibra dietética. La evaluación sensorial indicó que los muffins tienen aceptación con un nivel de sustitución de puré de aguacate hasta el 50%.

Otros reportes indican el uso de la sustitución de aceite de girasol por inulina en pasteles a niveles de 0, 35, 50, 70 y 100%, evaluando las pérdidas por cocción, la altura de los pasteles, estructura de la miga, así como el color, tanto de la miga como de la costra y la aceptación por consumidores. De esta manera las pérdidas por cocción fluctuaron desde 19.24% para el producto control sin inulina hasta 18.23% para el que tenía 100% de sustitución, sin presentar diferencia estadística significativa ($P > 0.05$). Desde el punto de vista de la estructura de la miga se observó que con altas cantidades de inulina la densidad de los poros disminuyó presentando una estructura más compacta y un pastel con menor altura. Desde el punto de vista sensorial las sustituciones arriba del 70% tuvieron una menor aceptación ligados a cambios en color, textura y sabor (Rodríguez, *et al.*, 2012).

Los productos horneados son adecuados para alimentos funcionales, como es el caso de las pastas agotadas de aceite que son convenientes para panificación, principalmente en sustitución de las harinas de trigo. El desarrollo de nuevos productos alimenticios a base de subproductos agroindustriales es una iniciativa para las condiciones actuales de las políticas públicas del gobierno federal en nuestro país, quien ha declarado emergencias en combate a la desnutrición en la población infantil, diabetes, sobrepeso y obesidad. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue elaborar una mantecada reducida en grasa utilizando una pasta estabilizada obtenida a partir de la extracción de aceite de nuez pecanera.

2. Materiales y Métodos

2.1 Material.

Se trabajó con un lote de 20 kg de nuez Bustamante 1, de la región de Bustamante N.L. de la cosecha 2020 de la huerta La Jarillosa. El lote fue descascarado con ayuda de una descascaradora manual de fabricación nacional.

2.2 Obtención de la pasta.

La pasta desgrasada se obtuvo como subproducto de la extracción de aceite mediante el prensado en frío de la nuez descascarada mediante una prensa de tornillo M70 Oil Press. El equipo tuvo un calentamiento previo a 50 °C por un periodo de 20 min, después de esto, se procedió a la extracción del aceite, operando el equipo a 70 °C y 60 rpm. La temperatura del aceite y la pasta obtenidos fue monitoreada durante el proceso. Los rendimientos de extracción de aceite y pasta desgrasada fueron calculados; asimismo, la cantidad de aceite en la almendra antes de la extracción, de la pasta parcialmente desgrasada y de la pasta desgrasada-estabilizada.

2.3 Estabilización de la pasta.

La pasta desgrasada se homogenizó mediante un procesador de alimentos marca Osterizer, y posteriormente se tamizó a través de un cedazo metálico de malla de aproximadamente 5mm. Lotes de 1kg de pasta fueron estabilizados adicionando anti aglomerantes, conservadores y antioxidantes con la ayuda de una mezcladora marca Kitchen Aid, mezclando en cuatro periodos, dos a velocidad media y otros dos a velocidad alta por 20 min cada uno. La determinación de humedad y aceite tanto de la almendra como de la pasta desgrasada y estabilizada se realizó de acuerdo con los métodos de la (AOAC, 2012).

2.4 Desarrollo del producto de panificación.

Se elaboraron en total tres productos de panificación, el control que contenía 22 % de grasa y dos formulaciones reducidas en grasa con 17 y 12% respectivamente. Se realizaron dos réplicas de cada formulación. Las formulaciones se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Formulaciones control y reducidas en grasa de mantecadas elaborados con pasta de nuez parcialmente agotada de aceite.

Formulación	Grasa (%)		
	22 (Tc)	17 (T ₁)	12 (T ₂)
	Ingredientes (g)		
Harina de trigo	390.3	390.3	390.3
Pasta desgrasada	0	100	100
Polvo para hornear	13.2	13.2	13.2
Mantequilla	270	126	61
Sal	3.6	3.6	3.6
Yemas de huevo	2	2	2
Huevo	3	3	3
Leche	16	16	16
Vainilla	33.5	33.5	33.5
Azúcar Refinada	297	297	297
Agua	125	169	234

2.5 El procedimiento de elaboración fue el siguiente:

Para la preparación de las tres formulaciones, los ingredientes que se presentan en el cuadro 2 con excepción del huevo fueron pesados en forma separada. En un tazón se colocaron los ingredientes sólidos como harina, polvo para hornear, sal y leche en polvo previamente tamizados. En un recipiente separado se cremó la mantequilla con azúcar, para el tratamiento con 22% de grasa (Tc), o bien la mantequilla adicionada con la torta desgrasada de nuez para obtener las formulaciones con 17% (T₁) y 12% (T₂) de grasa con ayuda de la mezcladora marca kitchen Aid por 5 minutos utilizando la paleta de globo. El cremado se realizó por 15 minutos más hasta que la mezcla se incorporó, suavizó y esponjó. Enseguida se incorporan una a una las yemas, con una diferencia de 20 segundos entre cada una. Después se vertieron los huevos y se continuó mezclando por 5 minutos más. Posteriormente se incorporaron la mitad de los sólidos y el agua, mezclando con una paleta plana revestida con rascador por 3 minutos y finalmente se añadió la vainilla y los sólidos restantes, batiendo por 5 minutos. Inmediatamente el peso de la masa de cada formulación fue determinado, con el fin de determinar las pérdidas por cocción. 34 g de masa fueron colocados en cada capacillo y horneados por 30 minutos a 175 °C en un horno de gas para pan fabricación Nacional previamente precalentado. Después de 5 minutos las mantecadas fueron removidas de los moldes, permitiendo su enfriamiento a temperatura ambiente por una hora hasta su almacenamiento. El peso total del pan una vez horneado y frío fue anotado. Triplicados de producto para cada formulación fueron seleccionados al azar para determinar propiedades físicas como altura, diámetro y peso, y realizar las pruebas de color por quintuplicado. Las muestras fueron conservadas en bolsas de polietileno marca Ziploc cuidando que contuvieran la mínima cantidad de aire, y almacenadas a temperatura ambiente para las pruebas sensoriales, cuidando de realizarlas dentro del primer día después de la elaboración del producto. En todos los tratamientos se corrieron réplicas por formulación.

2.6 Evaluación sensorial

Para el análisis sensorial se evaluaron tres tipos de mantecada: control con 22% de grasa Tc y dos que contenían pasta de nuez, y una cantidad reducida de mantequilla para un total de 17 y 12% de grasa T₁ y T₂ respectivamente.

La evaluación sensorial se realizó con un panel de jueces no entrenados consumidores habituales de mantecadas, que comprendía 30 jueces en el panel en un rango de edad de (18-560). Las pruebas se llevaron a cabo en forma individual. Antes de empezar la prueba, los jueces fueron orientados en los detalles de la prueba a realizar, y se les dieron instrucciones para el llenado adecuado de la hoja de respuestas. Las tres galletas fueron puestas en un plato identificándolas cada una con un código correspondiente. Cada juez tenía además del plato con galletas, hoja de respuestas, lápiz y vaso con agua para enjuagarse entre cada muestra en caso de así requerirlo.

Prueba de aceptación.

La prueba de aceptación consistió en proporcionar a cada juez un plato con tres mantecadas, y se les pidió que degustaran las mantecadas, y que indicaran de acuerdo con el código si la galleta era de su agrado o no.

Prueba de agrado.

Se le pidió al panel de jueces que marcaran con una x, en una recta por muestra de mantecada si la mantecada gustaba, era indiferente o le disgustaba, teniendo en cuenta que la recta tenía una longitud de 0 a 10 cm.

Prueba de preferencia.

En esta última prueba se le indicó al juez que indicara con una escala

Teniendo en cuenta que 1 = baja preferencia, 2= media presencia, 3= alta preferencia.

2.7 Análisis estadístico.

Se realizó un diseño experimental de una vía, con el fin de evaluar el efecto de estas tres formulaciones sobre la aceptación, preferencia y nivel de agrado. Para verificar la diferencia entre tratamientos, la base de datos se analizó estadísticamente utilizando el paquete estadístico STATISTICA Versión 8.0. Adicionalmente para evaluar el efecto de las formulaciones en las características fisicoquímicas de los productos obtenidos, se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurion 18-X64.

3. Resultados y Discusión**3.1 Rendimientos y contenido graso de la pasta desgrasada-estabilizada.**

La pasta desgrasada-estabilizada de nuez presentó rendimiento elevados con respecto al rendimiento obtenido de la pasta desgrasada, lo anterior se debe a la adición de los estabilizantes a la misma, lo que provocó una disminución de aceite hasta de 20.58% ya que la reducción inicial con relación a la pasta desgrasada fue de 8.52%.

Cuadro 3. Rendimientos y contenido de aceite de la nuez, y pasta desgrasada-estabilizada.

Material	Rendimiento (%)	Aceite (%)
Nuez Bustamente	---	73.08 ± 0.03
Pasta desgrasada	56.8 ± 11.2	61.02 ± 0.24
Pasta desgrasada-estabilizada	125 ± 0.00	52.50 ± 0.5

De esta manera se cuenta con una pasta estabilizada con rendimientos elevados, y apenas 52.50 % de aceite residual que la hace adecuada como un ingrediente capaz de reducir la grasa en productos de panificación, particularmente de pastelería.

3.2. Algunas características fisicoquímicas de las mantecadas elaboradas.

Las mantecadas elaboradas con reducción de grasa con 17.10 y 12.48 % y el control con 21.20% no mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en cuanto a rendimientos y pérdidas por cocción (Cuadro 4). Las pérdidas por cocción obtenidas reemplazando mantequilla por pasta de nuez estabilizada son similares a lo reportado por Rodríguez-García, *et al.*, (2012) en donde las formulaciones de pasteles esponjosos que contenían como sustituto de grasa inulina a niveles de 0, 35, 50, 70 y 100% respectivamente fueron similares con 19% para el control y 18 % aproximadamente.

Adicionalmente, se puede observar que la disminución significativa de grasa ($P < 0.05$) del control con 22 % a 17.10 y 12.48 % para T₁ y T₂ respectivamente fue acompañada con un incremento significativo en la cantidad de humedad de producto. Entre menos grasa, más humedad presentó la mantecada, lo que nos indica que la pasta estabilizada de nuez tiene una adecuada retención de agua, característica muy importante en los imitadores de grasa pues el reemplazar grasa para disminuir aporte calórico en productos alimenticios debe de ser sustituida por agua (Ju y Mittal, 1995).

Cuadro 4. Contenido graso y pérdidas por cocción de las mantecadas elaboradas.

Tratamiento	Rendimiento (%)	Perdida por cocción (%)	Grasa (%)	Humedad (%)
Tc	80.26 ± 2.46 a	19.74 ± 2.46 a	22.20 ± 0.02 c	9.57 ± 0.55 a
T1	81.03 ± 3.18 a	18.97 ± 3.18 a	17.10 ± 0.14 b	14.50 ± 0.7 b
T2	80.67 ± 2.61 a	19.33 ± 2.61 a	12.48 ± 0.01 a	20.44 ± 0.78 c

Tc=Tratamiento control con 22% de grasa; y tratamientos T1 y T2 conteniendo pasta de nuez estabilizada con, 17 y 12 % de grasa respectivamente. Letras diferentes en la misma columna para cada parámetro denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Con respecto a las dimensiones y peso de las mantecadas, se puede observar en el Cuadro 5 que no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en el diámetro de los panecillos, disminuyendo conforme decremento el contenido de grasa. Sin embargo, ni la altura ni el peso presentaron cambios importantes.

El aspecto de las mantecadas control con 22%, y con 17 y 12% de grasa respectivamente se presentan en la Figura 1 en donde se puede apreciar una ligera reducción de diámetro de estas con la disminución del contenido graso.

Cuadro 5. Dimensiones y peso de las mantecadas elaboradas.

Tratamiento	Dimensiones y peso		
	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso (g)
Tc	41.00 ± 5.52 a	64.60 ± 0.55 a	44.72 ± 6.17 a
T1	42.20 ± 5.26 a	60.20 ± 2.59 b	44.10 ± 2.18 a
T2	42.80 ± 2.59 a	59.80 ± 3.63 b	49.35 ± 2.83 a

Tc=Tratamiento control con 22% de grasa; y tratamientos T1 y T2 conteniendo pasta de nuez estabilizada con, 17 y 12 % de grasa respectivamente. Letras diferentes en la misma columna para cada parámetro denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).



Figura 1. Aspecto de las mantecadas control y bajas en grasa. De izquierda a derecha Tc=Tratamiento control con 22% de grasa; y tratamientos T1 y T2 conteniendo pasta de nuez estabilizada con, 17 y 12 % de grasa respectivamente.

El color exterior de la costra de la mantecada en cuanto a los parámetros L^* , a^* , b^* indicó que tanto el parámetro L^* y b^* asociado a la luminosidad y color amarillo respectivamente disminuyeron ($P < 0.05$) conforme disminuyó la cantidad de mantequilla del producto, y se añadió la pasta desgrasada estabilizada en la misma proporción para ambos tratamientos (Figura 2).

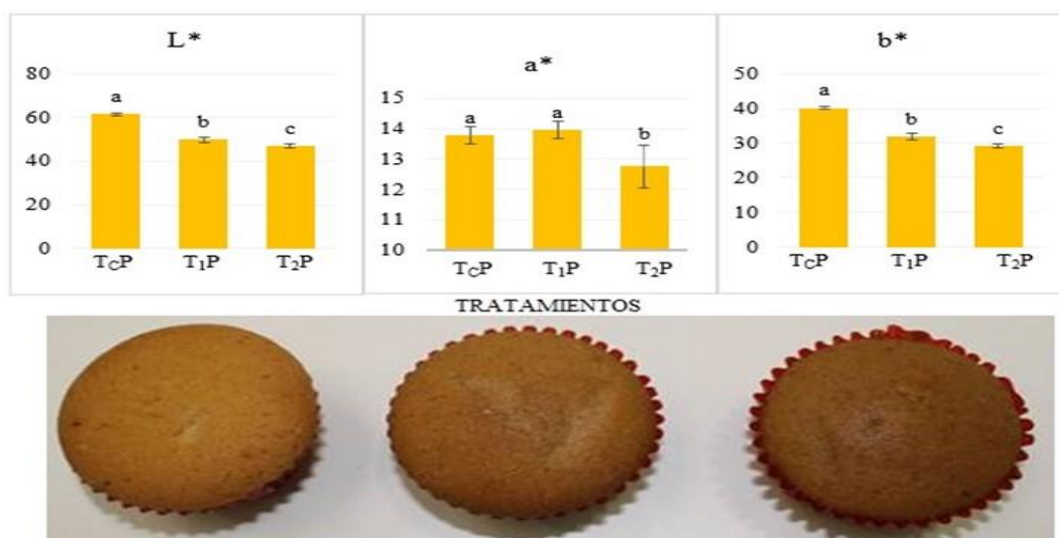


Figura 2. Parámetros de color L*, a* y b* y aspecto exterior (costra) de las mantecadas elaboradas. Para parámetros de color valor L* expresa luminosidad, a* rojo y b* amarillo. De izquierda a derecha T_c=Tratamiento control con 22% de grasa; y tratamientos T₁ y T₂ conteniendo pasta de nuez estabilizada con, 17 y 12 % de grasa respectivamente.

Con respecto al parámetro a* los resultados indican que T₁ con una reducción moderada de mantequilla y adición de la pasta estabilizada, no afectó el color asociado el rojo, mientras que T₂ tratamiento que redujo la cantidad de grasa de origen animal aún más suplementado con pasta estabilizada para dar un total de 12% de grasa disminuyó significativamente ($P < 0.05$) el parámetro a* asociado al rojo. Rodríguez-García *et al.*, 2012, también han reportado un comportamiento similar con la adición de inulina en diferentes proporciones a pasteles esponjosos bajos en grasa, indicando que este oscurecimiento no enzimático podría estar relacionado con la reacción de Maillard. Este oscurecimiento no enzimático también se observó en las mantecadas con pasta de nuez estabilizada (Fig. 2), pudiendo estar asociado además de la reacción de Maillard, también al color inherente a la pasta la cual es de color café oscuro, sin embargo, para poder proponer si la reacción de Maillard podría estar influyendo en el oscurecimiento de las mantecadas, se tendría que realizar los análisis proximales nutrimentales en cuanto a proteína y carbohidratos, que por el momento no se tienen.

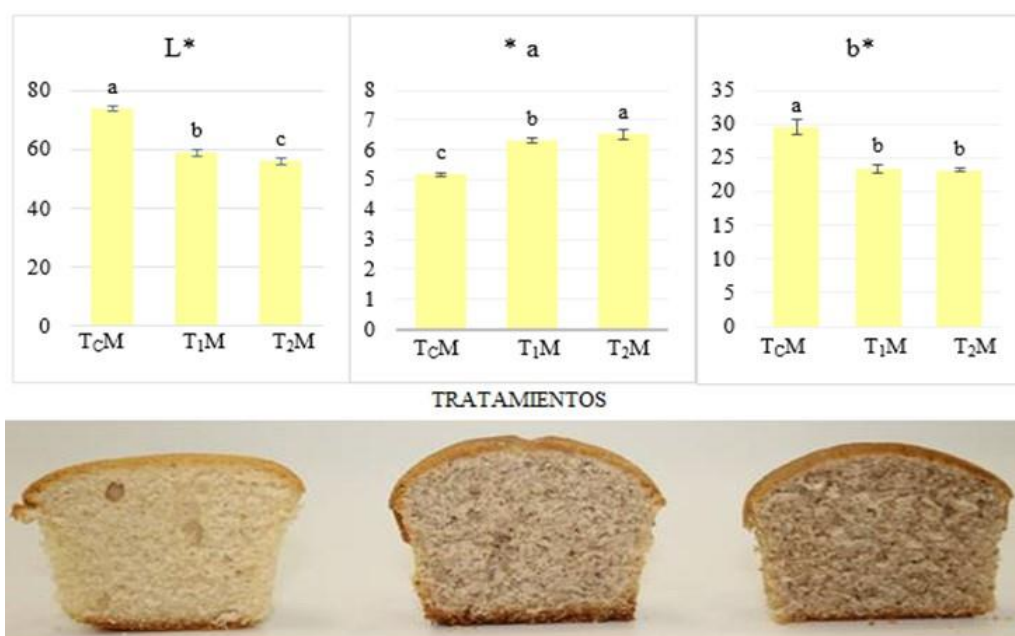


Figura 3. Parámetros de color L*, a* y b* y aspecto de la miga de las mantecadas elaboradas. Para parámetros de color valor L* expresa luminosidad, a* rojo y b* amarillo. De izquierda a derecha T_c=Tratamiento control con 22% de grasa; y tratamientos T₁ y T₂ conteniendo pasta de nuez estabilizada con, 17 y 12 % de grasa respectivamente.

Con respecto al color de la miga (Fig. 3) hubo un cambio significativo de color ($P < 0.05$) de los tres parámetros L^* , a^* y b^* , observándose una disminución de la luminosidad L^* , y color asociado al amarillo, b^* particularmente entre Tc y T₁; mientras que para el parámetro a^* asociado al rojo se incrementó ($P < 0.05$) con la adición de la pasta de nuez estabilizada. Este cambio de color se puede apreciar visualmente en el aspecto del color de la miga en donde se aprecia un producto menos luminoso y un tono más café, particularmente con la disminución del contenido de mantequilla y la presencia de la pasta de nuez estabilizada. Estos resultados son similares a los reportados por Premi y Sharma en 2017 al adicionar polvo de moringa a pasteles esponjosos y atribuyen los cambios de luminosidad y del color amarillo a los ingredientes incluidos en la formulación más que a las condiciones de procesamiento. De la misma manera, es posible que la disminución de la mantequilla e inclusión de la pasta estabilizada de nuez esté influyendo en el cambio de la luminosidad y de los tonos café del ingrediente añadido como imitador de mantequilla.

Análisis Sensorial.

La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo). Durante esta prueba, se contó con la participación de 30 jueces no entrenados, de los cuales, el 27% fueron evaluadores hombres y el 73% mujeres. Los resultados se muestran en la Figura 4, los cuales indicaron que las formulaciones mayormente preferidas fueron los tratamientos T₁ y T₂, con un 95 y 100 % de aceptación esto es, los tratamientos con reducción de grasa, siendo el tratamiento T₂ con 12% de grasa, que equivale a una reducción de 45% de grasa respecto al control, el más preferido.

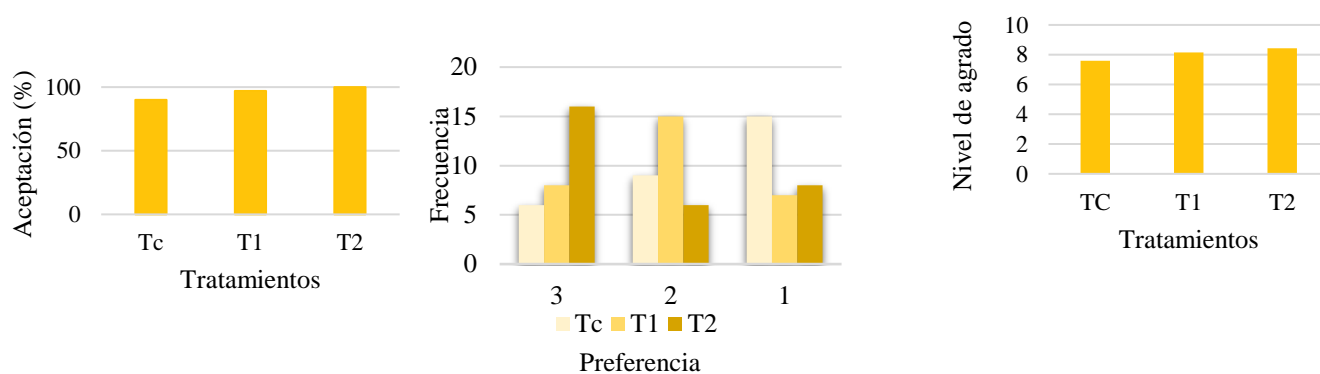


Figura 4. Evaluación sensorial de las mantecadas reducidas en grasa con pasta reducida en grasa-estabilizada en sustitución de mantequilla en cuanto a su aceptación, preferencia (1= menor, 2=intermedio y 3= mayor) y nivel de agrado. El nivel de agrado se evaluó en escala hedónica estructurada. Tc=mantecada control con 22% de grasa; T1 =mantecada con 17% de grasa, T2 =mantecada con 12% de grasa.

Con relación al nivel de preferencia y agrado (Fig. 4) entre los dos tratamientos reducidos en grasa y el control no existió diferencia estadística significativa ($P < 0.05$). Para el caso de la preferencia se observó que T₂, es decir, el producto con 12% de grasa obtuvo la mayor preferencia, seguido del tratamiento T₁ con 17% de grasa, y finalmente el tratamiento Tc con 22%. Lo que significa en estos ensayos que la disminución de mantequilla y adición de pasta parcialmente desgrasada- estabilizada que contenía 52.5 % de aceite de nuez logró probablemente imitar ciertas características organolépticas como sabor, lubricidad, y textura en las mantecadas sin afectar en el gusto del consumidor el cambio de color apreciado.

4. Conclusiones

Se obtuvo una pasta de nuez reducida en grasa y estabilizada, logrando sustituir con ella a la mantequilla para obtener mantecadas con 12 y 17% de grasa, lo que significa una reducción de hasta 45% de grasa respecto a un producto control. Las mantecadas reducidas en grasa no presentaron pérdidas por cocción, logrando mantener con excepción del diámetro sus características físicas, con cambios en el color tanto de la miga como costra particularmente en un menor luminosidad y color amarillo. La aceptación sensorial por consumidores indicó que los productos con menos grasa láctea con pasta de nuez estabilizada tuvieron similar nivel de agrado y aceptación que el producto que contenía elevada cantidad mantequilla. Este ingrediente puede utilizarse en productos de pastelería que puedan beneficiar a personas que requieran dietas especiales en su alimentación.

5. Agradecimientos

Al CONAHCYT por el Financiamiento del proyecto: “Curso especializado en el aprovechamiento integral, alternativo e innovador de la nuez pecanera orientado a estudiantes con vocación emprendedora”. Programa Apoyos para Actividades Científicas, Tecnológicas y de Innovación con clave 1239 de la Convocatoria 2020.

Al CONAHCYT-CIATEJ. Proyectos internos transdisciplinarios PITs 2022. “Validación de concepto de un ingrediente funcional a base de nuez pecanera en productos de panificación y cárnicos bajos en grasa”.

6. Conflictos de intereses

Los autores indican no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

1. Alasalvar, C. and Shahidi, F. 2009. Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects. CRC Press. [Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects - Google Libros](#)
2. Andresen, Mette S., Bjørn S. Dissing, and Hanne Løje. 2013. “Quality Assessment of Butter Cookies Applying Multispectral Imaging.” *Food Science & Nutrition* 1 (4), 315–23. <https://doi.org/10.1002/fsn3.46>.
3. AOAC International. 2012. Official methods of analysis. 19th ed Official methods of Analysis. Latimer, G. W. (ed). Maryland, USA.
4. Atanasov, A. G., Sabharanjak, S. M., Zengin, G., Mollica, A., Szostak, A., Simirgiotis, M., Mocan, A. 2018. Pecan nuts: A review of reported bioactivities and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 246–257. <https://doi.org/10.1016/j.TIFS.2017.10.019>
5. Chavan, R. S., Khedkar, C. D. and Bhatt, S. 2016. Fat Replacer. *Encyclopedia of Food and Health*, 589–595. doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00271-3
6. Cockerham S, Gorman W, Maness N, Lillywhite J. 2012. Feasibility assessment of investing in a pecan oil and flour processing facility using new extraction technology. Available at: <http://aces.nmsu.edu/pubs/research/economics/RR778.pdf> (Accessed 19-06-2017).
7. Colla, K., Costanzo, A. and Gamlath, S. 2018. Fat Replacers in Baked Food Products. *Foods*, 7(12), 192. doi:10.3390/foods7120192
8. Ju, J. and Mittal, G. 1995. Physical properties of various starch based fat-substitutes. *Journal of Food Processing and Preservation*. 19 (5), 361-383.
9. Maciel, Laércio Galvão, Flávia Letícia Ribeiro, Gerson Lopes Teixeira, Luciano Molognoni, Jacson Nascimento dos Santos, Itaciara Larroza Nunes, and Jane Mara Block. 2020. “The Potential of the Pecan Nut Cake as an Ingredient for the Food Industry.” *Food Research International* 127: 108718. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108718>.
10. Nurul Ain Othman, Marina Abdul Manaf, Sakinah Harith and Wan Rosli Wan Ishak 2018. Influence of Avocado Purée as a Fat Replacer on Nutritional, Fatty Acid, and Organoleptic Properties of Low-Fat Muffins. *Journal of the American College of Nutrition*. DOI: [10.1080/07315724.2018.1451408](https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1451408)
11. Othman, N. A., Abdul Manaf, M., Harith, S. and Wan Ishak, W. R. 2018. Influence of Avocado Purée as a Fat Replacer on Nutritional, Fatty Acid, and Organoleptic Properties of Low-Fat Muffins. *Journal of the American College of Nutrition* 1–6. doi:10.1080/07315724.2018.1451408
12. Premi, M. and Sharma, H. K. 2017. Effect of drumstick leaves powder on the rheological, micro-structural and physico-functional properties of sponge cake and batter. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 11–21. doi:10.1007/s11694-017-9612-4
13. Reyes Vázquez, N. y Morales Landa, J.L., 2019. *Agronomía sustentable y aprovechamiento alternativo de la nuez*. Primera edición. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Guadalajara, Jalisco, México.
14. Rodríguez-García, J., Puig, A., Salvador, A. and Hernando, I. 2012. Optimization of a Sponge Cake Formulation with Inulin as Fat Replacer: Structure, Physicochemical, and Sensory Properties. *Journal of Food Science*, 77(2), C189–C197. doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02546.x
15. Ros, E. 2010. Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*, 2(7), 652–682. <https://doi.org/10.3390/nu2070652>
16. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. “Producción Agrícola.” México: Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

Cita: A añadir por la redacción de la producción.

Editor Académico: Guadalupe Gutiérrez Soto

Recibido: 11-09-2024

Revisado: 20-09-2024

Aceptado: 22-09-2024

Publicado: 23-09-2024



Copyright: © 2023 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Artículo de Revisión

Cannabis y Enfermedad Inflamatoria Intestinal: Una Exploración del Potencial Medicinal

Kevin Antonio Cárdenas-Noriega¹, Jessica Torres Covarrubias¹, Adolfo Soto-Domínguez², Raymundo A. Pérez-Hernández³, Miguel A. Flores Villalobos⁴, Gustavo Hernandez Vidal¹, Aimé Jazmín Garza Arredondo^{1*}, Uziel Castillo-Velázquez^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León. Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria PCAV.

² Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Medicina

³ Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

⁴ Universidad Autónoma de Chihuahua, UACH. Facultad Ciencias Químicas,

*Autor para correspondencia: E-Mail uziel.castillovl@uanl.edu.mx y aimé.jazmin@hotmail.com

Abstract: Enfermedad inflamatoria intestinal (EII) engloba afecciones de inflamación crónica del tracto gastrointestinal. Éstas se ocurren tanto en humanos como en otros animales y su prevalencia varía globalmente. Aunque su etiología exacta permanece incierta, se acepta que resultan de una interacción compleja entre el sistema inmunológico, microbiota intestinal, susceptibilidad genética y factores ambientales. El tratamiento farmacológico convencional no asegura beneficios a largo plazo. Recientemente, se ha investigado el uso de compuestos naturales de plantas, como los cannabinoides del cannabis (*Cannabis sativa* L.), como potenciales agentes terapéuticos para EII. Los fitocannabinoides interactúan con la endocannabinoidoma, que desempeña un papel crucial en la salud gastrointestinal y en la modulación de los procesos patológicos como la inflamación crónica. En el presente trabajo abordaremos las características de la EII, la planta de cannabis, su potencial terapéutico y su historia de uso medicinal por la humanidad.

Keywords: colitis; gastrointestinal; cannabinoides; endocannabinoidoma; sistema endocannabinoido;

1. Introducción

El término enfermedad inflamatoria intestinal agrupa enfermedades diferentes pero que comparten características en común. Principalmente distinguidas como colitis ulcerativa (CU) y enfermedad de Crohn (EC), son procesos de inflamación crónica que afectan a diferentes partes del tracto gastrointestinal (Saez et al., 2023). Estas enteropatías han sido descritas tanto en humanos como en animales (Jergens and Simpson, 2012) y están presentes en diferentes proporciones en todo el mundo (Malik, 2015). Su etiología permanece incierta pero se sugiere que es debido a una interacción errónea entre el sistema inmune, el microbioma intestinal y la susceptibilidad genética de los individuos, así como detonantes ambientales (Lu et al., 2022; Malik, 2015). El tratamiento farmacológico convencional implica el uso de inmunosupresores, principalmente. Sin embargo, su uso no ha logrado mantener un beneficio a largo plazo o evitar el requerimiento de cirugía (Malik, 2015; Seyedian et al., 2019). Se ha investigado el uso de compuestos naturales provenientes de plantas como agentes potencialmente benéficos para el tratamiento de los signos de estas enfermedades. La planta de cannabis, más específicamente los cannabinoides, se han propuesto como elementos terapéuticos con considerable potencial para este objetivo (Nduma et al., 2023). Su uso por el ser humano data de milenios atrás en donde diferentes partes de la planta fueron utilizadas por civilizaciones en todo el mundo para usos diversos, entre los que destacan los usos medicinales (Russo, 2015). Avances científicos han elucidado parte de los complejos mecanismos bajo los cuales los compuestos de la planta de cannabis, como los fitocannabinoides, interactúan con la fisiología animal y muestran efectos medicinales. Esto ocurre a través de la recientemente denominada "Endocannabinoidoma" (eCBoma) (Ishiguro, 2023). Sus componentes se encuentran distribuidos en todo el tracto gastrointestinal y tienen actividades importantes en la salud y durante eventos patológicos como la inflamación crónica. Con base en esto se han postulado a los fitocannabinoides, y otros agentes que modulen la actividad de la eCBoma, como potencialmente benéficos para el tratamiento de la EII (Couch et al., 2018). En la presente revisión literaria se exponen los principales puntos entorno a la enfermedad inflamatoria intestinal y el potencial de la planta de cannabis de contrarrestarla, así como la historia de esta planta junto al ser humano.

2. Enfermedad Inflamatoria Intestinal

Enfermedad inflamatoria intestinal (EII) o *Inflammatory Bowel Disease (IBD)* es un término que engloba un grupo de enfermedades heterogéneas que implican cronicidad e inflamación recurrente del tracto gastrointestinal de etiología y patogénesis exactas desconocidas. Clínicamente se clasifica como enfermedad de Crohn (EC) o colitis ulcerativa (CU), basado en los síntomas, localización de la enfermedad y sus características histopatológicas. La CU causa inflamación de larga duración y afección ulcerativa superficial en el colon; mientras que la EC es transmural y se asocia a la formación de granulomas, además de poderse presentar en cualquier parte del tracto gastrointestinal (Saez et al., 2023). Las enteropatías englobadas en la EII tienen características en común y han sido descritas en animales y humanos (Jergens and Simpson, 2012). Ambas clasificaciones bien establecidas de la enfermedad (CU y EC) se caracterizan por remisiones y recaídas con complejas interacciones genéticas, medio ambientales y de la respuesta inmune (Eltantawy et al., 2023). Su presencia es en todo el mundo (Figura 1) (Malik, 2015) y se acepta que es una enfermedad mediada por una respuesta inmune anormal contra la microbioma en individuos genéticamente susceptibles (Figura 2) (Lu et al., 2022).



Figura 1: Tendencias de la incidencia de EII en el mundo. Traducido de (Malik, 2015).

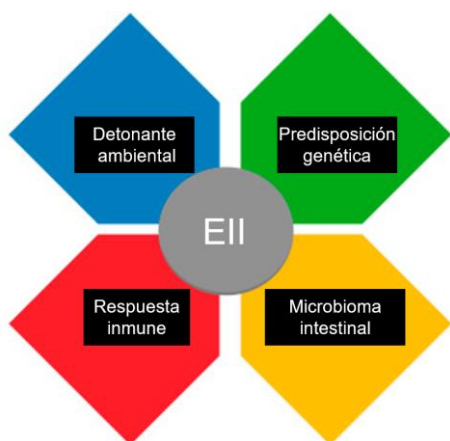


Figura 2: Mecanismo de EII. Traducido de (Malik, 2015).

2.1. Factores de riesgo

Numerosos factores de riesgo han sido asociados a la incidencia de la EII. Algunas de estas asociaciones parecen ser causales mientras que otras tienen una relación más directa. Los detonantes ambientales juegan un papel importante,

tales como antígenos externos, virus, bacterias, componentes de la dieta, autoantígenos, predisposición genética, microbiota intestinal y sus alteraciones (como por antibióticos), dieta, obesidad, fármacos, infecciones, higiene, estrés, entre otros (Eltantawy et al., 2023; Malik, 2015).

2.2. Pato-fisiología

En el tracto gastrointestinal existe un ecosistema de entre 300 a 500 especies de bacterias que ahí habitan. El sistema inmune desempeña una tarea crucial al mantener un equilibrio entre su propia actividad y este ecosistema, de manera que no se desencadene una respuesta inmune específica en contra de esta vasta población de bacterias comensales. En la EII se ha asociado la desregulación de este delicado balance (de Mattos et al., 2015). Tras los daños ocurridos en la EII, que pueden ser provocados por agentes infecciosos, compuestos químicos o alteraciones metabólicas ocasionadas por la dieta, su consiguiente resolución es aspecto fundamental. La incapacidad para resolver este daño es característica de la enfermedad, donde tanto el daño como la reacción de respuesta inflamatoria, que resulta ser deficiente, se perpetúan. Esto se ve respaldado por fallas en los mecanismos de tolerancia hacia los microorganismos comensales o señales propias del tejido dañado. No obstante, es incierto si las alteraciones en la barrera epitelial ocurren antes o después del proceso inflamatorio (Saez et al., 2023). Existen sistemas que clasifican las presentaciones de la enfermedad en función de su estadio y su localización. Sin embargo, la amplia variedad de presentaciones clínicas limita la confiabilidad de estos sistemas, a pesar de su uso común (de Mattos et al., 2015). Los signos clínicos pueden variar en severidad y no se restringen necesariamente al tracto gastrointestinal. Los principales, aunque no únicos, signos clínicos incluyen dolor de intensidad variable, diarrea, fiebre, malnutrición, debilidad, fatiga, cambios de peso, heces o diarrea con sangre, hemorragias, desórdenes del crecimiento pediátrico, daños a otros órganos, siendo más severos en la enfermedad de Crohn (Seyedian et al., 2019). Finalmente, se ha asociado a la inflamación crónica del colon el desarrollo de cáncer colorrectal (CCR) inducido por inflamación (Shah and Itzkowitz, 2022).

2.3. Diagnóstico y tratamiento

El diagnóstico debe estar basado en evidencia clínica, endoscópica, de laboratorio y de imagen. La prueba de referencia actual es por endoscopia, en donde se detecta y mide el grado de inflamación. No obstante, es una opción costosa e incómoda para el paciente. Otras pruebas de apoyo pueden ser rutinarios como el examen físico, pruebas de laboratorio como conteo sanguíneo completo, ritmo de sedimentación eritrocitaria, proteína C-reactiva, albumina, hierro, ferritina y examen de heces; ultrasonido abdominal, resonancia magnética, exámenes radiológicos y capsula endoscópica (Yamamoto-Furusho et al., 2017). El tratamiento tiene como objetivo principal eliminar o detener los síntomas o el progreso de la enfermedad, así como mejorar la salud del paciente y evitar el tratamiento quirúrgico, reducir los efectos secundarios y el envenenamiento por medicamentos y proveer apoyo nutricional (Seyedian et al., 2019). Las principales estrategias farmacológicas se basan en el uso de aminosalicilatos, corticoesteroides o ciclosporinas e incluso la manipulación del microbioma (de Mattos et al., 2015). Si los pacientes no son responsivos se puede optar por inhibidores de la calcineurina, tracolimus, inhibidores de TNF α o anticuerpos, entre otros, con resultados útiles pero generalmente poco efectivos (Seyedian et al., 2019). Sin embargo, la terapia convencional no ha logrado eliminar la necesidad de intervención quirúrgica del todo (Malik, 2015). Además, los efectos secundarios como la inmunosupresión y vulnerabilidad a infecciones, daño a órganos, altos costos o requerimiento de tecnología más avanzadas son de considerarse (de Mattos et al., 2015). Se ha probado el uso de diferentes plantas que han mostrado potencial para el tratamiento de la EII como baicaleína, berberina, indigo naturalis, andrografólido, curcumina, bromeliana, entre otros, con resultados variables e interesantes (Guo et al., 2017). Se ha estudiado a la planta de marihuana (*Cannabis sativa* L.) como posible candidato en el tratamiento de la EII. Las propiedades antiinflamatorias y antioxidantes de sus compuestos, como cannabinoides y terpenos, se han catalogado con potencial benéfico como elemento terapéutico en enfermedades como cáncer e inflamación crónica, entre otras. Aunque, debido a su potencial abuso y los problemas a la salud que esto conlleva, su uso es tema de controversia (Nduma et al., 2023).

3. La planta de cannabis

La planta marihuana, (*Cannabis sativa* L.) ha tenido presencia junto al ser humano durante milenios. Dos lugares parecen ser la cuna de los orígenes de la planta: las laderas de los Himalayas y las llanuras de Pamir y se cree que fue la primera planta domesticada por la humanidad. La evidencia más antigua de su cultivo data de una sogá de cáñamo

de hace 26,000 años a.C en la Republica Checa (Hourfane et al., 2023). Otro hallazgo más reciente la sitúa hace alrededor de 10,000 años atrás en China en donde, de acuerdo con evidencia arqueológica, se utilizaba para obtención de alimento y fibras. Evidencia de su uso como elemento medicinal o alimenticio se ha encontrado presente en civilizaciones antiguas como Egipto, en momias; por los antiguos griegos y los escitas. Entre un gran número de otras civilizaciones. Sus propiedades psicoactivas no se conocían aún en el mundo occidental, sus principales usos eran para la obtención de fibras y alimento. Fue hasta 1840 cuando se introdujo su uso medicinal en Europa. Su popularidad aumentó considerablemente en Europa y Estados Unidos, encontrándose en formulaciones medicinales diversas como calambres menstruales, asma, insomnio, como apoyo en la labor de parto, migrañas, infecciones de garganta y abstinencia del uso de opio (Klumpers and Thacker, 2019). La planta para sus diversos usos hizo su primera aparición en el continente Americano a través de Chile, en 1545; y Canadá, en 1606 (ElSohly et al., 2017). Su adaptabilidad a diferentes climas la ha llevado a una distribución mundial. Los registros históricos revelan que la planta ha sido utilizada como fuente de fibra, alimento, aceites, elemento recreativo, religioso, alimento para ganado y para el cuidado de piel y cabello. Además de su uso como elemento medicinal, en donde se ha destacado su uso terapéutico para el tratamiento de dolor crónico, depresión e inflamación (Hourfane et al., 2023). El contexto en el que el cannabis apareció por primera vez permanece incierto y se ha mencionado que posiblemente ocurrió simultáneamente en numerosas ocasiones y lugares (Russo, 2015). En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestran apariciones remarcables de la planta de cannabis en la historia de la humanidad, así como los descubrimientos más importantes a raíz de ella.

Tabla 1: Cronología del cannabis.

2700 a. C.	La tradición oral en Shen Nong Ben Cao Jing señala efectos alucinatorios, estimulación del apetito, efectos tónicos y antisenilidad.	
2000 a. C.	Semillas de cannabis en Margiana, sitio proto-zoroástrico, parte de ritos religiosos.	
1800a. C.	30 citas de la antigua Sumeria y Akkadia por dolor, epilepsia, neuralgia y pediculicida.	
1534 a. C.	Papiro de Ebers, Egipto, para contracciones vaginales, condiciones oftalmológicas, etc.	
1500 a. C.	Atharva Veda señala que bhangha "nos libera de la ansiedad".	
750 a.C.	Kaneh bosem (caña aromática) es parte del aceite de santa unción de los Hebreos (Exodus 30:22-25)	(Russo, 2015)
700 a.C.	Alijo de cannabis de las tumbas de Yanghai, Xinjiang; los análisis bioquímicos y genómicos demuestran el quimiotipo THC	
600 a.C.	Persia: Avesta señala el uso ritual y en combinación para producir abortos espontáneos	
450 a.C.	Intoxicación en sitios funerarios en Asia Central, subsecuentemente documentado en tumbas congeladas en Siberia.	
214 a. C.	Erh-Ya, China describe el estatus dioico, la superioridad de machos para fibra, hembras por la intoxicación.	

Primer siglo de nuestra era	El jugo extraído de él cuando está verde e instilado es apropiado para los dolores de oído.
Primer siglo de nuestra era	Plinio el Viejo señala gelotofilia ("Hojas de risa" de Bactria) que produce alucinaciones; también infusión de cáñamo para aflojamiento en bestias de carga, raíz para contracturas articulares y gota, hierba para quemaduras.
Segundo siglo de nuestra era	Gales señala a las hojas para flatos y jugo de semillas para otalgia, dolor crónico.
Segundo siglo de nuestra era	Hua-Tho en China señala su uso en el vino como anestésico / analgésico quirúrgico.
Finales del segundo siglo	Libro médico egipcio Fayyum para tumores.
350 d.C.	Cannabis carbonizado encontrado en una cueva en Israel junto a los restos de una mujer muerta durante parto.
550 d.C.	El Libro de las Medicinas (siriaco), para el exceso de saliva, tapón de cáñamo para las fisuras anales.
570 d.C.	Incienso taoísta.
Siglo VIII	Se observó psicoactividad, Jabir ibn Hayyan en Persia / Irak.
850	En Persia, ibn Sahl usa un medicamento compuesto con jugo de flores por vía intranasal para la migraña y en dolores uterinos para prevenir el aborto espontáneo.
875	En Irak, relajante muscular.
Siglo IX	El Old English Herbarium recomienda cáñamo en polvo o su savia para hermidas o para el "dolor de las entrañas".
Siglo IX	Ibn al-Baytar, Egipto, vermicida, para neuralgia.
900	Al-Razi, Persia, para estimular el crecimiento del cabello.
Siglo X	El cáñamo es parte del "santo ungüento" en Lacnunga anglosajona.
1000	al-Mayusi lo menciona por primera vez para epilepsia, jugo de hojas por vía intranasal.
Siglo XI	Raíces para la fiebre, tumores, jugo de hierbas para las orejas y hojas para la caspa.
Siglo XI	Old English Herbarium, cáñamo y grasa aplicada en pechos para dispersar hinchazón y purgar la materia de la enfermedad; hierba en la ebriedad para aliviar el dolor de las entrañas

Siglo XII	En España, Sheshet Benveniste recomienda teriaca con cannabis como tónico, curando la esterilidad, reparando el útero, el estómago y la cabeza.
1158	Hildegard von Bingen, para dolor de cabeza, baba de estómago y compresa para llagas y heridas.
1200	Anandakanda, India, aumentar longevidad
Siglo XIII	Italia, Codex Vindobonensis 93, unguento para la hinchazón de los senos, dolor
1542	Binomio latino: Cannabis sativa; raíz hervida para la gota, cruda para las quemaduras, cáñamo silvestre hervido envuelto para los tumores.
1546	Raíz hervida para dolores musculares, articulaciones rígidas, gota, reumatismo, jugo de hierbas para caballos con cólicos, crudo en quemaduras.
1563	Cáñamo indio engendra la risa, alivia la ansiedad, aumenta apetito, mejora el trabajo.
1570	Feckenham cita "hemmp" como parte de mezclas miel/vino para heridas y fistulas.
1596	Li Shi-Chen: flores para trastornos menstruales, jugo de raíz para placenta retenida, hemorragia posparto.
1597	Cáñamo para ictericia y cólicos
Siglo XVII	En el Lejano Oriente, beneficios sobre el estado de ánimo, gonorrea, pleuresía, hernia.
1621	El cáñamo indio produce éxtasis, risa.
Siglo XVIII	En la india, Makhzan al-adwiya, hoja de snuff para "desinfectar el cerebro", para eliminar la caspa y las alimañas, tratar la diarrea, la gonorrea, el polvo para las heridas, las llagas, la hierba para prolongar la vida.
1712	Efectos psicotrópicos en Persia, India.
1751	Medicina Britannica, el cáñamo precipita la menstruación, "contra orinar en la cama".
1772	Linneaus resume el cannabis: "narcotica, phantastica, dementans, repellens"
1784	En Escocia, aceite de cáñamo para el ardor urinario, la incontinencia y "contener los apetitos venéreos".
1830	Extracto en vino para el nerviosismo.
1839	O'Shaughnessy estudia la farmacopea india, prueba en perros y luego pacientes para detectar tétanos, rabia, epilepsia, enfermedad reumatoide.

1843	El cáñamo indio trata la tos en la tuberculosis, tos ferina, migraña, dolor articular reumático, gota, abstinencia de morfina.
1843	El tratamiento tiene éxito en las convulsiones.
1843	El hachís trata la peste bubónica.
1843	Pruebas en psiquiatría
1848	Para la neuralgia y el sueño.
1849	Hemorragia uterina
1851	Mejora las contracciones uterinas durante el trabajo de parto.
1857	Tolerancia y tolerancia inversa descritas.
1860	Restaura el sueño natural en 1000 pacientes.
1862	Salvavidas en hyperemesis gravidarum.
1860's	Guerra Civil americana, empleada para heridas de guerra, con opio para la disentería.
1867	Delirium tremens tratado con tintura.
1870	Melancolía, obsesión y ansiedad.
1883	Depresión mental con insomnio.
1886	Ringer la respalda para profilaxis en migraña, para disuria, retención urinaria y dismenorrea.
1887	Ventajas sobre los opiáceos, distanciamiento del dolor.
1887	Para el dolor de cabeza crónico diario.
1888	Superioridad en migraña, temblor de parkinsonismo.
1889	Supositorios para menopausia.
1890	Recomendado para migraña, senilidad, dismenorrea, convulsiones infantiles, dentición.
1890	Dolor gastrointestinal.
1890	Delirium tremens y vómito cíclico.

-
- 1891 Adicción a la cocaína, hidrato de cloral y opiáceos y "calma el dolor de la palmada".
- 1894 Migraña, dolor gastrointestinal sifilítico y funcional.
- 1897 Actividad oromucosa.
- 1899 Dolor, incluye herpes zoster.
- 1900 Dismenorrea, síntomas de la malaria.
- 1915 Remedio más satisfactorio para la migraña
- 1934 Se revisaron las secuelas psiquiátricas, encontrando poco daño duradero
- 1942 Migraña menstrual.
- 1944 Loewe hace una revisión de la farmacología cannabinoide, relaciones estructura-actividad.
- 1947 Úlceras duodenales
- 1964 Aislamiento, síntesis de tetrahidrocannabinol
- 1971 El cannabis disminuye la presión intraocular
- 1975 THC antineoplásico en adenocarcinoma de pulmón
- 1975 THC antiemético, quimioterapia contra el cáncer
- 1975 THC equianalgésico a la codeína
- 1976 El THC iguala al salbutamol como broncodilatador
- 1981 CBD anticonvulsivo en humanos.
- 1981 THC reduce espasticidad.
- 1982 CBD reduce la ansiedad después del THC.
- 1985 Componente antiinflamatorio, cannaflavina A, descubierto.
- 1985 Marinol®, THC sintético, aprobado para náuseas por quimioterapia, EE.UU.
- 1988 Descubrimiento de un receptor cannabinoide, CB1
- 1989 CB1 es un receptor acoplado a proteína G
-

-
- 1991 El cannabis mejora la visión nocturna Jamaica y Moroco, subsecuentemente demostrado experimentalmente.
- 1991 El THC tiene un poder antiinflamatorio 20 veces superior al de la aspirina, el doble que el de la hidrocortisona
- 1992 Descubrimiento del cannabinoide endógeno, araquidonoiletanolamida (anandamida, AEA)
- 1993 Receptor CB2 identificado
- 1993 El CBD reduce la ansiedad.
- 1993 Anandamida activa en la tétada de cannabinoide.
- 1994 Desarrollo supranormal en bebés nacidos de madres que fuman durante el embarazo.
- 1995 Cannabinoide endógeno, 2-araquidonilglicerol
- 1995 Δ 8-THC seguro, eficaz en náuseas y vómitos en niños en quimioterapia
- 1995 CBD mejora la psicosis
- 1997 THC reduce agitación en demencia
- 1998 GW Pharmaceuticals comienza a cultivar
- 1998 "Endocannabinoides" descritos: "relajarse, comer, dormir, olvidar y proteger"
- 1998 "Efecto séquito" endocannabinoide
- 1998 THC, CBD, antioxidantes neuroprotectores
- 1998 El THC induce apoptosis en el glioma
- 2000 El CBD antagoniza el factor de necrosis tumoral alfa en un modelo reumatoide
- 2001 El CBD es un agonista de TRPV1, inhibidor de amida hidrolasa de ácidos grasos, estimulador de la síntesis de AEA
- 2001 Se hipotetiza el síndrome de deficiencia clínica de endocannabinoides
- 2002 Efectos anti-náusea del CBD
- 2003 Primer ensayo de Sativex® en síntomas de esclerosis múltiple
- 2003 Cannabis fumado en VIH / SIDA inmunológicamente seguro
-

-
- 2003 THC, extracto de cannabis beneficia la movilidad, espasticidad subjetiva en la EM
- 2003 El THC mejora los síntomas de Tourette sin secuelas neuropsicológicas
- 2004 Sativex® mejora el dolor
- 2004 Extractos de cannabis reducen síntomas urológicos en EM
- 2004 Sativex®, extractos con alto contenido de THC eficaces en el dolor por avulsión del plexo braquial
- 2004 THC reduce dolor en EM
- 2004 El CBD aumenta la vigilia, contrarresta la sedación por THC
- 2005 Sativex® aprobado en Canadá para dolor neuropático en EM
- 2005 THCV antagonista de CB1
- 2005 CBD agonista de receptores serotonina-1A
- 2006 CBD y otros fitocannabinoides citotóxicos en el cáncer de mama
- 2006 Sativex® reduce el dolor y la actividad de la enfermedad en artritis reumatoide
- 2006 El CBD mejora la señalización del receptor de adenosina A2A
- 2006 Eficacia en náuseas matutinas
- 2006 Pacientes con hepatitis C que usan cannabis se adhieren mejor al tratamiento
- 2006 El cannabis reduce el riesgo de cáncer de pulmón
- 2007 Sativex® en dolor neuropático periférico
- 2007 Sativex® es aprobado en Canadá en dolor por cáncer resistente a opioides
- 2007 Cannabis fumado en ensayos a corto plazo de neuropatía sensorial en VIH/SIDA
- 2007 La farmacocinética/farmacodinámica al vaporizar es comparable que al fumar.
- 2007 El CBD antagoniza a CB1 en presencia de THC
- 2007 El CBD reduce priones y toxicidad
- 2008 Beneficio en estudio a corto plazo en neuropatía por VIH
-

2008	β -cariofileno, sesquiterpenoide, potente agonista CB2	
2008	CBD, antibiótico CBG para <i>Staphylococcus aureus</i> resistente a la metilina	
2008	β -cariofileno, sesquiterpenoide, potente agonista de CB2	
2008	Cannabis efectivo en ensayo corto de dolor neuropático	
2009	Planta predominante en Cannabicromeno; concentrado en un producto enriquecido en tricomas	
2010	Sativex® aprobado en R.U. y España para espasticidad intratable en EM	
2010	Sativex® reduce el dolor en el cáncer resistente a los opioides	
2010	THCV anticonvulsivo	
2010	Las inhalaciones únicas reducen el dolor neuropático	
2010	Sativex® beneficia síntomas urológicos en EM	
2010	Cannabigerol es un antagonista potente de TRPM8 en cáncer de próstata	
2010	THCV reduce hiperalgesia en animales	
2010	CBDV y THCV anticonvulsivos	
2010	Sativex® mejora náusea intratable por quimioterapia	
2010	El THC atenúa el cáncer de mama	
2010	Publicación del genoma del cannabis	
2011	El THC y el CBD sinergizan con la temozolomida reduciendo el crecimiento del glioma	
2012	CBD es igual a antipsicótico estándar	
2012	Receptores CB1 en mitocondria	(Busquets-García et al., 2022)
2013	Introducción de endocannabinoidoma	

La clasificación de la planta ha presentado un reto. Ésta se ha clasificado por su taxonomía botánica, quimiotaxonomía, taxonomía vernacular y secuenciación genética (Klumpers and Thacker, 2019). Aun así, se acepta la presencia de un género único (*Cannabis*) y una especie (*sativa*) y se ha sugerido que existen 2 o 3 variedades de esta especie. No

obstante se ha sugerido que el género debe ser preferentemente dividido en variedades botánicas en lugar de subespecies (Barcaccia et al., 2020; Ramos-Guerrero et al., 2022). Su rica diversidad fenotípica es el resultado de la selección y cruza que ha sufrido por cientos de años (Frag and Kayser, 2017). Es una planta anual, dioica y floreciente, que presenta dimorfismo sexual. En las inflorescencias producidas por la planta se encuentran microestructuras denominadas tricomas glandulares, las cuales poseen concentraciones significativas de cannabinoides y otros compuestos de importancia biológica (Frag and Kayser, 2017). De la planta de cannabis se han identificado más de 500 compuestos (ElSohly et al., 2017). Los más destacables por mostrar actividad biológica potencialmente terapéutica se encuentran los fitocannabinoides, los terpenos y los flavonoides (Hartsel et al., 2019). Se han identificado alrededor de 150 fitocannabinoides (Citti et al., 2019) que se han agrupado en 11 clases químicas diferentes (Tabla 2).

Tabla 2: Clases químicas de fitocannabinoides.

Clase química
Tipo Δ^9 -trans-Tetrahidrocannabinol (Δ^9 -THC)
Tipo Δ^8 -Tetrahidrocannabinol (Δ^8 -THC)
Tipo Cannabinol (CBN)
Tipo Cannabidiol (CBD)
Tipo Cannabicromeno (CBC)
Tipo Cannabigerol (CBG)
Tipo Cannabinodiol (CBND)
Tipo Cannabielsoino (CBE)
Tipo Cannabiciclol (CBL)
Tipo Cannabitriol (CBT)
Tipo misceláneo

Obtenido de (Turner et al., 2017).

3.1. Cannabinoides y endocannabinoidoma

El tetrahidrocannabinol (THC) es el principal componente del uso de la marihuana como droga ilícita debido a su actividad intoxicante (Kicman and Toczek, 2020). También se ha enfocado el interés a cannabinoides "no psicoactivos" como el cannabidiol (CBD), cannabigerol (CBG), cannabicromeno (CBC) y cannabidivarin (CBDV) por la ausencia de estos efectos (Martínez et al., 2020) y sus perfiles de seguridad amplios y baja toxicidad (Brierley et al., 2016; Iffland and Grotenhermen, 2017). Éstos se encuentran en diferentes cantidades en la planta y son objeto de estudio por actividad biológica en animales. Los efectos fisiológicos de los cannabinoides están mediados por numerosos y diversos blancos moleculares. Además de los receptores cannabinoides acoplados a proteína G (CB1/CB2), se encuentran otros

receptores de esta superfamilia, receptores de serotonina 5-HT, receptores activados por proliferador del peroxisoma (PPARs), receptores de potencial transitorio (TRPs), entre otros (Turner et al., 2017). Además, al ser degradado por la enzima FAAH (*fatty acid amide hydrolase*; amida hidrolasa de ácidos grasos), principal enzima que degrada cannabinoides endógenos, cannabinoides como el CBD pueden inhibir su actividad, estimulando el tono de cannabinoides endógenos y su señalización (Fernández-Ruiz et al., 2015; Toczek and Malinowska, 2018). A este extenso y complejo conjunto de mediadores moleculares en animales de los compuestos del cannabis y otras plantas se le ha denominado recientemente como "Endocannabinoidoma (eCBoma)". Inicialmente conocido como Sistema Endocannabinoidoide (SEC), el cuál incluía a receptores cannabinoides, CB1/CB2; endocannabinoides AEA y 2-AG; y 5 enzimas que se creía en ese momento eran las únicas responsables de la síntesis y degradación de endocannabinoides; el posterior descubrimiento del resto de los mediadores moleculares trajo consigo la introducción del término eCBoma, en un esfuerzo por abarcar al resto de estos mediadores que no se encuentran clásicamente incluidos en el SEC (Di Marzo and Piscitelli, 2015).

3.2. Potencial terapéutico en colitis

Numerosos de los receptores diana de cannabinoides endógenos, exógenos o sintéticos se encuentran expresados en el tracto gastrointestinal, mediando con sus actividades biológicas y terapéuticas. Se ha reportado que, durante la inflamación intestinal, componentes de la endocannabinoidoma se alteran. Durante un proceso inflamatorio los receptores CB1, CB2, PPAR γ y PPAR α aumentan su expresión en la submucosa pero aumentan en el sistema nervioso entérico (Couch et al., 2018). Por ejemplo, aumentos en la expresión de receptores CB1 y CB2 o disminuciones en la expresión de enzimas metabólicas de endocannabinoides (Sařaga et al., 2017). En la búsqueda de elucidar el papel de la eCBoma y el efecto de cannabinoides en la EII se han realizado estudios en modelos de colitis y evaluado la administración de cannabinoides o la manipulación de la actividad de los receptores, observando el desarrollo de la enfermedad (Tabla 3).

Tabla 3: Cannabinoides en varios modelos murinos de colitis experimental.

Modelo	Tratamiento	Resultados
Diarrea inducida por toxina del cólera en ratones	Anandamida	Inhibición de la acumulación de líquido en el intestino delgado.
Colitis en ratón por DNBS	Ratones con inactivación de CB1	Colitis más severa y extensa
Colitis en ratón por DNBS	Bloqueo farmacológico del receptor CB1	Colitis más severa y extensa
Colitis en ratón por DNBS	Agonista del receptor CB HU-210	Colitis mejorada
Colitis por TNBS	Delección genética de CB1, CB2 o ambos receptores CB	Colitis más severa y extensa
Colitis en ratón por DNBS	Inyección de cannabidiol (5 - 10 mg/kg i.p.)	Reducción de la inflamación del colon y la pérdida de peso.
Colitis en ratón por TNBS	Cannabidiol (10 mg/kg i.p.)	Mejora significativa en la colitis.
Colitis en ratas por TNBS	Cannabidiol intrarrectal (20 mg/kg)	Mejora significativa en la colitis.

Colitis en ratas por TNBS	Cannabidiol (20 mg/kg p.o.)	Sin mejoría en la colitis
Colitis en ratas por TNBS	CBD, THC o THC y CBD frente a sulfasalazina	Disminución de la colitis macroscópica y la actividad de la mieloperoxidasa.
Colitis por DSS y aceite de mostaza	ACEA (agonista del receptor CB1) y JWH-133 (agonista del receptor CB2)	Mejora significativa en la colitis.
Colitis por TNBS	Inhibición de la enzima MAGL degradante de 2-AG	Reducción de la inflamación tanto microscópica como histológica.
Colitis por TNBS e inhibidor de MAGL	Antagonistas de los receptores CB1 o CB2	Efecto de la inhibición de MAGL abolido

DNBS = ácido dinitrobenzenosulfónico; TNBS = ácido trinitrobenzenosulfónico; DSS = dextrano sulfato sódico; MAGL = monoacilglicerol lipasa. Obtenido de (Naftali et al., 2014).

En la literatura se han realizado numerosos estudios en modelos de colitis en donde se ha probado el efecto de cannabinoides naturales, sintéticos o fitogénicos (y otros compuestos de la planta de cannabis) para evaluar su efecto en diversos aspectos de la colitis, resumido en la revisión y meta-análisis de (Couch et al., 2018). En algunos de estos estudios, los cannabinoides mostraron reducir el Índice de Actividad de la Enfermedad (Disease Activity Index; DAI) y la actividad de la enzima mieloperoxidasa (MPO) a comparación de los animales tratados con vehículo. En otros, los cannabinoides mostraron efectos dosis-respuesta, pero sin llegar a la significancia en cuanto al efecto en DAI. El uso de un inhibidor de FAAH (URB597) mostró mejorar la puntuación DAI. Los hallazgos en cada grupo de estudios se han revisado en la literatura (Couch et al., 2018).

4. Conclusiones

Las EII representan un problema de salud en humanos y animales. La falta de tratamientos que logren beneficios a mediano y largo plazo ha llevado a proponer el uso de compuestos naturales con efectos antiinflamatorios, antioxidantes e incluso analgésicos. Los cannabinoides se han propuesto como agentes con potencial para mejorar los signos de la colitis gracias a su capacidad de interactuar con numerosos receptores ampliamente distribuidos en el tracto gastrointestinal en un sistema conocido como endocannabinoidoma. La información disponible en la literatura indica que el uso de cannabinoides de diferente naturaleza e inhibidores de la degradación de cannabinoides podrían tener potencial terapéutico. Sin embargo, la controversia en torno al uso del cannabis y los resultados con en diferentes estudios limitan su uso terapéutico. Elucidar la actividad de la endocannabinoidoma en el tracto gastrointestinal sano y enfermo, así como el efecto de moduladores de su actividad puede resultar clave para su tratamiento.

5. Agradecimientos

Se agradece al CONAHCYT por la beca otorgada al primer autor. Se agradece al Programa de Doctorado en Ciencia Animal del Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria de la UANL, por las facilidades brindadas para la realización del presente estudio.

6. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

7. Referencias

- Barcaccia, G., Palumbo, F., Scariolo, F., Vannozzi, A., Borin, M., Bona, S., 2020. Potentials and Challenges of Genomics for Breeding Cannabis Cultivars. *Front. Plant Sci.* 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573299>
- Brierley, D.I., Samuels, J., Duncan, M., Whalley, B.J., Williams, C.M., 2016. Cannabigerol is a novel, well-tolerated appetite stimulant in pre-satiated rats. *Psychopharmacology (Berl)*. 233, 3603–3613. <https://doi.org/10.1007/s00213-016-4397-4>
- Busquets-García, A., Bolaños, J.P., Marsicano, G., 2022. Metabolic Messengers: endocannabinoids. *Nat. Metab.* 4, 848–855. <https://doi.org/10.1038/s42255-022-00600-1>
- Citti, C., Linciano, P., Russo, F., Luongo, L., Iannotta, M., Maione, S., Laganà, A., Capriotti, A.L., Forni, F., Vandelli, M.A., Gigli, G., Cannazza, G., 2019. A novel phytocannabinoid isolated from Cannabis sativa L. with an in vivo cannabimimetic activity higher than Δ^9 -tetrahydrocannabinol: Δ^9 -Tetrahydrocannabiphorol. *Sci. Rep.* 9, 20335. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56785-1>
- Couch, D.G., Maudslay, H., Doleman, B., Lund, J.N., O'Sullivan, S.E., 2018. The Use of Cannabinoids in Colitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Inflamm. Bowel Dis.* 24, 680–697. <https://doi.org/10.1093/ibd/izy014>
- de Mattos, B.R.R., Garcia, M.P.G., Nogueira, J.B., Paiatto, L.N., Albuquerque, C.G., Souza, C.L., Fernandes, L.G.R., Tamashiro, W.M.D.S.C., Simioni, P.U., 2015. Inflammatory Bowel Disease: An Overview of Immune Mechanisms and Biological Treatments. *Mediators Inflamm.* 2015, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2015/493012>
- Di Marzo, V., Piscitelli, F., 2015. The Endocannabinoid System and its Modulation by Phytocannabinoids. *Neurotherapeutics* 12, 692–698. <https://doi.org/10.1007/s13311-015-0374-6>
- ElSohly, M.A., Radwan, M.M., Gul, W., Chandra, S., Galal, A., 2017. Phytochemistry of Cannabis sativa L., in: *Phytocannabinoids: Unraveling the Complex Chemistry and Pharmacology of Cannabis Sativa*. Progress in the Chemistry of Organic Natural Products, Cham, pp. 1–36. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45541-9_1
- Eltantawy, N., El-Zayyadi, I.A.E.H., Elberry, A.A., Salah, L.M., Abdelrahim, M.E.A., Kassem, A.B., 2023. A review article of inflammatory bowel disease treatment and pharmacogenomics. *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.* 12. <https://doi.org/10.1186/s43088-023-00361-0>
- Farag, S., Kayser, O., 2017. The Cannabis Plant: Botanical Aspects, in: Press, A. (Ed.), *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment*. Elsevier, London, pp. 3–12. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800756-3.00001-6>
- Fernández-Ruiz, J., Romero, J., Ramos, J.A., 2015. Endocannabinoids and Neurodegenerative Disorders: Parkinson's Disease, Huntington's Chorea, Alzheimer's Disease, and Others, in: Pertwee, R.G. (Ed.), *Endocannabinoids, Handbook of Experimental Pharmacology*. Springer International Publishing, Cham, pp. 233–259. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20825-1_8
- Guo, B., Bian, Z., Qiu, H., Wang, Yi-tao, Wang, Ying, 2017. Biological and clinical implications of herbal medicine and natural products for the treatment of inflammatory bowel disease 37–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nyas.13414>
- Hartsel, J.A., Boyar, K., Pham, A., Silver, R.J., Makriyannis, A., 2019. Cannabis in Veterinary Medicine: Cannabinoid Therapies for Animals, in: *Nutraceuticals in Veterinary Medicine*. Springer International Publishing, Cham, pp. 121–155. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_10
- Hourfane, S., Mechqoq, H., Bekkali, A.Y., Rocha, J.M., El Aouad, N., 2023. A Comprehensive Review on Cannabis sativa Ethnobotany, Phytochemistry, Molecular Docking and Biological Activities. *Plants* 12, 1–43. <https://doi.org/10.3390/plants12061245>

Iffland, K., Grotenhermen, F., 2017. An Update on Safety and Side Effects of Cannabidiol: A Review of Clinical Data and Relevant Animal Studies. *Cannabis Cannabinoid Res.* 2, 139–154. <https://doi.org/10.1089/can.2016.0034>

Ishiguro, H., 2023. Editorial: Targeting the endocannabinoidome in neurodegenerative disorders. *Front. Aging Neurosci.* 14. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2022.1116635>

Jergens, A.E., Simpson, K.W., 2012. Inflammatory bowel disease in veterinary medicine. *Front. Biosci. - Elit.* 4 E, 1404–1419. <https://doi.org/10.2741/e470>

Kicman, A., Toczek, M., 2020. The effects of cannabidiol, a non-intoxicating compound of cannabis, on the cardiovascular system in health and disease, *International Journal of Molecular Sciences.* <https://doi.org/10.3390/ijms21186740>

Klumpers, L.E., Thacker, D.L., 2019. A brief background on cannabis: From plant to medical indications. *J. AOAC Int.* 102, 412–420. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0208>

Lu, Q., Yang, M.F., Liang, Y.J., Xu, J., Xu, H.M., Nie, Y.Q., Wang, L.S., Yao, J., Li, D.F., 2022. Immunology of Inflammatory Bowel Disease: Molecular Mechanisms and Therapeutics. *J. Inflamm. Res.* 15, 1825–1844. <https://doi.org/10.2147/JIR.S353038>

Malik, T.A., 2015. Inflammatory Bowel Disease. Historical Perspective, Epidemiology, and Risk Factors. *Surg. Clin. North Am.* <https://doi.org/10.1016/j.suc.2015.07.006>

Martínez, V., Iriondo De-Hond, A., Borrelli, F., Capasso, R., Del Castillo, M.D., Abalo, R., 2020. Cannabidiol and other non-psychoactive cannabinoids for prevention and treatment of gastrointestinal disorders: Useful nutraceuticals? *Int. J. Mol. Sci.* 21. <https://doi.org/10.3390/ijms21093067>

Naftali, T., Mechulam, R., Lev, L.B., Konikoff, F.M., 2014. Cannabis for Inflammatory Bowel Disease. *Dig. Dis.* 32, 468–474. <https://doi.org/10.1159/000358155>

Nduma, B.N., Mofor, K.A., Tatang, J., Ekhatior, C., Ambe, S., Fonkem, E., 2023. The Use of Cannabinoids in the Treatment of Inflammatory Bowel Disease (IBD): A Review of the Literature. *Cureus* 15. <https://doi.org/10.7759/cureus.36148>

Ramos-Guerrero, L., Montalvo, G., Cosmi, M., García-Ruiz, C., Ortega-Ojeda, F.E., 2022. Classification of Various Marijuana Varieties by Raman Microscopy and Chemometrics. *Toxics* 10, 115. <https://doi.org/10.3390/toxics10030115>

Russo, E.B., 2015. The Pharmacological History of Cannabis, in: *Handbook of Cannabis.* <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199662685.003.0002>

Saez, A., Herrero-Fernandez, B., Gomez-Bris, R., Sánchez-Martinez, H., Gonzalez-Granado, J.M., 2023. Pathophysiology of Inflammatory Bowel Disease: Innate Immune System. *Int. J. Mol. Sci.* 24. <https://doi.org/10.3390/ijms24021526>

Sařaga, M., Abalo, R., Fichna, J., 2017. Chapter 49. the Effects on Gastrointestinal Function : An Overview, *Handbook of Cannabis and Related Pathologies.* Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800756-3/00056-9>

Seyedian, S.S., Nokhostin, F., Malamir, M.D., 2019. A review of the diagnosis, prevention, and treatment methods of inflammatory bowel disease. *J. Med. Life* 12, 113–122. <https://doi.org/10.25122/jml-2018-0075>

Shah, S.C., Itzkowitz, S.H., 2022. Colorectal Cancer in Inflammatory Bowel Disease: Mechanisms and Management. *Gastroenterology* 162, 715-730.e3. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2021.10.035>

Toczek, M., Malinowska, B., 2018. Enhanced endocannabinoid tone as a potential target of pharmacotherapy. *Life Sci.* 204, 20–45. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.04.054>

Turner, S.E., Williams, C.M., Iversen, L., Whalley, B.J., 2017. Molecular Pharmacology of Phytocannabinoids, Spanier. ed, Progress in the chemistry of organic natural products. Progress in the Chemistry of Organic Natural Products, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45541-9_3

Yamamoto-Furusho, J.K., Bosques-Padilla, F., de-Paula, J., Galiano, M.T., Ibañez, P., Juliao, F., Kotze, P.G., Rocha, J.L., Steinwurz, F., Veitia, G., Zaltman, C., 2017. Diagnosis and treatment of inflammatory bowel disease: First Latin American Consensus of the Pan American Crohn's and Colitis Organisation. Rev. Gastroenterol. México (English Ed. 82, 46–84. <https://doi.org/10.1016/j.rgmxen.2016.07.003>

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

Cita: Cárdenas Noriega, K. A., Torres Covarrubias, J., Soto Domínguez, A., PEREZ HERNANDEZ, R. A., Flores Villalobos, M. Ángel, Hernandez Vidal, G., GARZA-ARREDONDO, A. J. y Castillo, U. (2024) «Cannabis y Enfermedad Inflamatoria Intestinal: Una Exploración del Potencial Medicinal», *Scientia Agricolis Vita*, 1(3), pp. 36–52. doi: 10.29105/agricolis.v1i3.23..

Editor Académico: Iosvany López Sandin

Recibido: 15-07-2024

Revisado: 20-09-2024

Aceptado: 26-09-2024

Publicado: 27-09-2024



Copyright: © 2024 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Artículo

EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE *Moringa oleifera* Lam. EN DIETAS DE CODORNIZ, SOBRE POSTURA, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, PROTEÍNA METABOLIZABLE Y CALIDAD DE HUEVO

Kenia Mariela Degollado Aguayo^{1*}, Hugo Bernal Barragán^{1*}, Emilio Olivares Sáenz¹, Nydia Corina Vásquez Aguilar¹, Miguel Cervantes Ramírez², Adriana Morales Trejo², Carlos Alfredo Gaona Rodríguez¹, Fernando Sánchez Dávila¹.

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria.

² Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. México.

* Correspondencia: hugobernalbr@uanl.edu.mx

Resumen: El presente estudio se realizó para evaluar el efecto de la adición de hojas de harina de moringa (0, 5 y 10%) en la dieta de codorniz sobre la utilización de nutrientes, postura y calidad de huevo. Codornices de postura de 7 semanas de edad, con un peso vivo inicial de 140 ± 5 g, se alojaron individualmente y asignaron a tres niveles de inclusión de hojas de moringa (T1 0%, T2 5% y T3 10%) en la dieta ($n = 6$ repeticiones por dieta). Durante las primeras 8 semanas del ciclo de postura, semanalmente se registró peso de la codorniz y consumo de alimento. Se seleccionaron 59 huevos de cada tratamiento para análisis de calidad y contenido nutricional del huevo. En la cuarta semana se colectaron excretas durante un periodo de 48 horas, para determinar la utilización de energía y proteína. El experimento fue un diseño completamente al azar, y se compararon medias por el método de Tukey. Consumo de alimento, GDP, peso final y producción de huevo fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$). La utilización (%) de proteína y energía de la dieta fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso del huevo y el grosor del cascarón fueron mayores para T1 ($P < 0.05$) comparado con T2 y T3. El índice de forma de huevo y la proporción de cáscara de huevo, fueron mayores en T3 ($P < 0.05$). El contenido de nutrientes en huevo, así como la proporción de yema (34.5%) y albúmina (49.8%) fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$). Los huevos de T2 y T3 tuvieron valores de color a^* y b^* más altos ($P < 0.001$). El parámetro L^* fue más alto ($P < 0.001$) para T1. En conclusión, la adición de harina de hojas de moringa hasta en un 10% en la dieta de codorniz al inicio del ciclo de postura tuvo efectos positivos en la pigmentación de la yema de huevo de codorniz, sin afectar la producción de huevo, la utilización de energía y proteína de las dietas, ni la calidad de huevo.

Palabras clave: codorniz; harina de moringa; utilización energía y proteína; calidad de huevo.

1. Introducción

La demanda de alimentos de origen animal para consumo humano es impulsada por el crecimiento de la población, por mayor ingreso económico y por la urbanización, y se estima que continuará en las próximas décadas (OECD/FAO, 2023). El huevo representa una fuente principal de proteína para el consumo humano, siendo su producción una importante función socioeconómica (SADER, 2023).

Aunque la industria del huevo está dominada por la producción de huevos de gallina, una pequeña proporción de los huevos producidos de otras especies avícolas se comercializan como tipo gourmet, como son los huevos de pato, de ganso y de codorniz (Saad et al., 2022) de características organolépticas distintivas de cada tipo de huevo de diferentes especies (Sun et al. 2019).

La codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), es utilizada en la producción de huevos principalmente en los países asiáticos y Brasil, así como en otros países de Europa y Latinoamérica (Lukanov, 2019). También es apreciada por poseer características importantes de rápido crecimiento, madurez sexual temprana, alta tasa de producción, intervalo corto entre generaciones y un menor periodo de incubación de huevo. Además, posee resistencia a enfermedades, y por su talla y menor peso, requiere menos espacio, alimento y por lo tanto menor inversión para su producción (Kaur et al.,

2008; Reda et al., 2015). De acuerdo con Lukanov (2019) la producción de huevo de codorniz contribuye al 10% de la producción mundial de huevo.

Para la producción de huevo de codorniz, la alimentación y específicamente una fuente de proteína de buena calidad son factores importantes en la formulación de la dieta (Alagawany et al., 2014). Dado que la demanda de productos para la alimentación animal y para el consumo humano se encuentran compitiendo, es necesario buscar alternativas para la nutrición animal, sin que se comprometa la eficiencia productiva, calidad fisicoquímica del huevo y la utilización de proteína cruda y energía. *Moringa oleifera* Lam (MOL) (Mahfuz y Piao, 2019) podría representar una de estas fuentes de proteína de calidad para la nutrición de codornices, ya que se han reportado contenidos de 30.3% de proteína cruda (PC), 0.30% de metionina, 1.64 % de lisina, 1.46% de treonina y 2.75% de tirosina (Moyo et al., 2011). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de hojas de moringa en la dieta de codornices de postura, sobre los índices de postura, la eficiencia de utilización de energía y proteína y la calidad del huevo.

2. Materiales y Métodos

La etapa experimental se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, el Centro de Exposiciones Agropecuarias y el Laboratorio de Ingeniería de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), en Gral. Escobedo, Nuevo León, México (25°48'30"N; 100°19'36"O).

El experimento de campo se llevó a cabo durante un periodo de ocho semanas, comprendido del 21 de julio al 14 de septiembre de 2016, precedido de dos semanas de adaptación de las codornices al medio ambiente y a las dietas experimentales. Durante el experimento, la temperatura promedio fue de 31° C y una humedad relativa promedio de 51%.

Todos los procedimientos para la toma de muestras y el mantenimiento de las codornices fueron aprobados por el Comité de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL.

2.1. Manejo de Animales

Codornices (*Coturnix japonica*) de siete semanas de edad con un peso inicial de 140 ± 5 g, fueron seleccionadas al inicio del primer ciclo de postura, siendo distribuidas aleatoriamente ($n = 6$ repeticiones por tratamiento) en una de las tres dietas experimentales (Cuadro 1). Las codornices fueron alojadas individualmente en jaulas tipo batería de 27×25 cm provistas de comedero y bebedero, y recibieron durante todo el experimento un régimen de 17 h de luz/día.

El peso vivo de cada codorniz se registró al inicio del experimento y semanalmente, utilizando una báscula electrónica (ESNOVA HS9120®, México), con capacidad de 5000 g y división mínima de 1 g.

Diariamente a las 7:30 h se suministraban aproximadamente 20 g de alimento por codorniz, cantidad que se ajustaba individualmente en función del consumo. El registro del alimento rechazado se realizó semanalmente utilizando la misma báscula electrónica descrita anteriormente.

2.2. Dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron isoproteicas e isoenergéticas, y se formularon utilizando sorgo molido y harina de soya como ingredientes mayoritarios (Cuadro 1), para cumplir los requerimientos de codornices de postura (NRC, 1994). La dieta testigo (T1) tuvo 0% de moringa, y dos dietas adicionales (T2 y T3) fueron formuladas reemplazando 5 y 10% de los ingredientes mayoritarios por harina de hojas de moringa.

2.3. Utilización de nutrientes

En la cuarta semana del experimento se determinó la tasa de utilización de nutrientes y energía. Para ello se colectaron cuantitativamente las excretas de cada codorniz durante 48 horas. Las muestras colectadas fueron refrigeradas (4°C) para analizarlas y determinar su contenido de energía y proteína cruda (Kaur et al., 2008; Khosravi et al., 2016). Los valores de utilización de la proteína y energía fueron calculados utilizando la fórmula como propuesta por Gaona Rodríguez et al., (2022):

$$\text{Utilización de nutrientes} = \frac{(\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado})}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

2.4. Calidad de huevo

Los huevos producidos por las codornices durante el periodo experimental fueron colectados, identificados y pesados individualmente, utilizando una balanza analítica con capacidad de 210 g y división mínima de 0.1 mg (A&D Weighing HR-200, Japón). Los resultados obtenidos se calcularon a partir de n = 180, 191 y 159 huevos para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente.

El índice de forma del huevo se obtuvo utilizando la fórmula: (longitud/ancho) x 100 con datos obtenidos mediante un vernier digital (STAINLESS HARDENED® Gns 150, China). Los resultados obtenidos se calcularon a partir de n = 140, 165 y 136 huevos para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente.

Las variables de calidad física y química se realizaron utilizando 59 huevos por tratamiento. Para medir las proporciones de yema, albumen y cascarón de huevo, se realizó un corte con bisturí en la parte superior del huevo, para separar la clara de la yema por gravedad. El peso de yema, clara y cascarón se registró utilizando una balanza con capacidad de 210 g y división mínima de 0.1 mg (A&D Weighing HR-200, Japón; El-Tarabany, 2016).

El grosor del cascarón fue medido mediante un micrómetro de tornillo (Mitutoyo® serie 103, USA; Saldaña *et al.*, 2016), utilizando 58, 60 y 60 huevos para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Para determinar el color de yema se obtuvieron los valores a*, b* y L, mediante un colorímetro digital (TCD100®, China).

Cuadro 1. Ingredientes de la dieta para alimentación de codornices en etapa de postura con la adición de tres niveles (0, 5 y 10%) de hojas de *Moringa oleífera*

Ingredientes	T 1 (0% MOL)	T2 (5% MOL)	T3 (10% MOL)
Sorgo	563.70	549.75	530.50
Harina de soya	285.00	255.00	227.00
Hoja de moringa (MOL)	00.00	50.00	100.00
Aceite vegetal	27.00	26.00	27.00
Fosfato monocálcico	16.00	16.00	17.00
Carbonato de calcio	100.00	95.00	90.30
Sal	2.50	2.50	2.50
Lisina HCl (78%)	1.30	1.30	1.30
Metionina (99%)	1.40	1.50	1.50
Treonina (99%)	1.10	0.95	0.90
Núcleo de vitaminas*	0.25	0.25	0.25
Premezcla de minerales**	0.50	0.50	0.50
Cloruro de colina 60%	1.25	1.25	1.25
	1000.00	1000.00	1000.00
Composición calculada			
MS %	89.97	89.99	90.04
PC %	18.93	18.9	18.9
EM (kcal EM/kg)	3176	3125	3082
Composición analizada			
PC %	16.07	15.66	15.93
EB kcal/kg)	3713	3813	3700

*Fueron adicionados por cada 1000 kg de alimento: Vitamina A 12;000,000 UI, D₃ 3;500,000 UI, E 20,000 UI, K₃ 5 g, B₁ 2 g, B₂ 6.50 g, B₆ 1 g, B₁₂ 20 mg, Biotina 100 mg, Nicotinamida 35 g, Ácido pantoténico 10 g, Ácido Fólico 1 g.

** Fueron adicionados por cada 1000 kg de alimento: Manganeso 37.5 g, Zinc 37.5 g, Hierro 20 g, Cobre 4 g, Yodo 0.50 g, Selenio 0.10 g.

2.4. Análisis proximal de dietas, huevo y excretas

Los análisis para determinar la composición química de las dietas, del huevo y de las excretas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos, de la Facultad de Agronomía (UANL).

El contenido de MS de las dietas, el huevo y las excretas colectadas durante el periodo experimental fue determinado usando el método 930.15 descrito en AOAC (2005). El contenido de proteína de alimento y excretas se determinó utilizando un analizador elemental por combustión TRUSPEC CHN (Leco Corp., St. Joseph, MI; Etheridge *et al.*, 1998). La determinación de energía de las muestras (huevo, alimento y excretas) se realizó mediante combustión de la muestra utilizando una bomba adiabática calorimétrica como lo describen Saldaña *et al.* (2016).

2.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el diseño completamente al azar, realizando un ANOVA con mediciones repetidas para cada variable. En las variables que presentaron diferencias significativas entre tratamientos se estableció una comparación de medias según el método de Tukey. Para el análisis estadístico de la frecuencia de postura de huevo se utilizó estadística no paramétrica y un ANOVA con mediciones repetidas. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico (SPSS®, versión 21). Las diferencias se consideraron significativas si $P < 0.05$.

3. Resultados y Discusión

3.1. Datos productivos de los animales

En el Cuadro 2 se presentan los datos productivos de las codornices durante el periodo experimental. Para las variables de producción no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, la hoja de moringa puede reemplazar hasta en un 10% de sorgo molido y harina de soya de la dieta, sin afectar el consumo de alimento (22.9 g/d) de las codornices durante las primeras ocho semanas de postura en el primer ciclo. El consumo de alimento obtenido en la presente investigación de las codornices que tuvieron inclusión de moringa en la dieta es similar al reportado por Suppadit *et al.* (2012) quienes incluyeron *W. arrhiza* hasta en un 20% en la dieta de codorniz de postura de cuatro semanas de edad teniendo un promedio de 22 g/d de consumo.

Cuadro 2. Datos productivos de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de *Moringa oleifera*

	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			SEM	Va lor P
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)		
Peso inicial (g)	145.17	137.50	137.33	3.444	18 0.2
Consumo de alimento (g/d)	23.60	22.99	22.17	1.239	19 0.7
Aumento de peso (g/d)	0.43	0.41	0.45	0.207	88 0.9
Peso final (g)	170.00	160.50	162.83	4.445	17 0.3
Postura (%)	48.64	60.73	51.21	7.964	24 0.5
Masa de huevo (g /codorniz)	265.70	319.51	268.09	41.152	64 0.5
Conversión alimenticia (g alim/g huevo)	4.77	3.72	4.62	0.714	21 0.5

Nkukwana *et al.* (2014) reportaron que la adición de hojas de moringa en la dieta de pollos de engorda desde el día 0 hasta el día 35 no afectó el consumo de alimento de las aves; resultados similares fueron reportados por Sebola *et al.* (2015), quienes tampoco obtuvieron diferencias entre el consumo de alimento en pollos de engorda de diferentes razas y con diferentes niveles de inclusión de hojas de moringa en la dieta (0, 2.5, 5 y 10%).

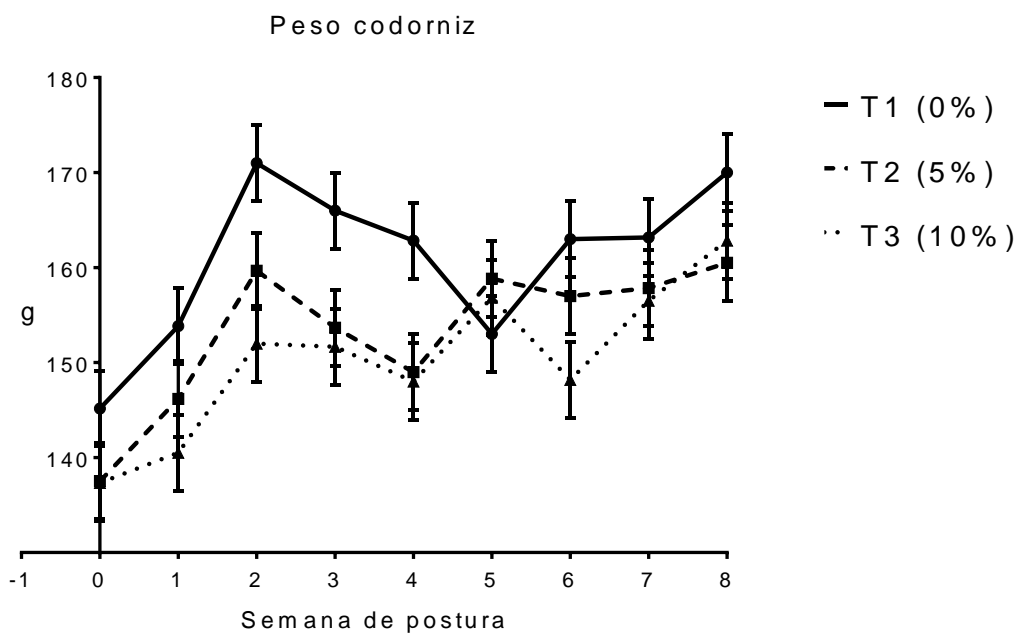


Figura 1. Peso vivo de codornices en etapa de postura alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante un periodo ocho semanas.

Sin embargo, en gallinas de postura, reportaron que el consumo de alimento se vio disminuido significativamente en las dietas adicionadas con hojas de moringa (Abou-Elezz *et al.*, 2012). Probablemente factores organolépticos (olor, sabor amargo) de las hojas de moringa, podrían estar involucrados en la disminución del consumo de alimento (Teixeira *et al.*, 2014), lo cual puede ser estudiado a detalle en trabajos posteriores.

La Figura 1 muestra el peso vivo promedio por tratamientos de las codornices durante las ocho semanas de estudio; las codornices del T1 (160.9 g) fueron más pesadas ($P < 0.05$) que las codornices de T2 (153.3 g) y T3 (150.4 g). Abou-Elezz *et al.* (2012) también reportaron que la adición de hojas de moringa en dietas ofrecidas de forma controlada y/o *ad libitum* resultaba en pesos menores de las aves, comparados con los obtenidos al alimentar una dieta sin adición de moringa.

Se registró una ganancia de peso (promedio de 0.434 g/día por codorniz), que no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$). De esta forma, se puede concluir que la adición de hojas de moringa no provoca un cambio de peso diferente al registrado en dietas sin adición de este ingrediente. Resultados similares fueron reportados por Supaddit *et al.* (2012) cuando reemplazaron harina de soya de la dieta por *W. arrhiza* hasta en un 16%. También Gayathri *et al.* (2020) obtuvieron resultados de producción de huevo de gallina adicionando harina de hojas de moringa hasta en 1% de la dieta.

La conversión alimenticia en el presente trabajo fue similar entre tratamientos (promedio general 4.37 g de alimento/g de huevo; $P > 0.05$). Esta conversión alimenticia es menos favorable a la reportada (3.16 g alim/g de huevo) por Güclu *et al.* (2004) y por Sahin *et al.* (2010; 3.23 g alimento/g huevo) en codornices de cinco semanas de edad. Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren de los obtenidos por Ashour *et al.* (2020) quienes reportaron que la adición de hojas y semillas de moringa en la dieta de codornices de postura favorecía una mejor salud y producción de huevo de las aves con respecto a las dietas convencionales.

El porcentaje de postura de huevo no se vio modificado con la adición de hojas de moringa en las dietas ($P > 0.05$), sin embargo, el porcentaje de postura obtenido con la adición del 5% de hojas de moringa (60.7%) fue superior a lo reportado por Attia *et al.* (2008; 56.3% de producción de huevo en codornices de 42 días de edad) alimentadas con dietas que contenían 33% de *Nigella sativa* L.

3.2. Utilización de energía y proteína

El porcentaje de la utilización de la proteína cruda en este estudio (promedio 47.3%) no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$). También Nkukwana *et al.* (2014) reportaron que la adición de hojas de moringa a la dieta de pollos de engorda de 0 a 35 días no afectó la utilización de proteína de la dieta.

Los índices de tasa de utilización de proteína obtenidos en el presente trabajo fueron superiores a los obtenidos por Fernandes *et al.* (2016), al reemplazar desde 5 hasta 25% de harina de nuez de cajú, reportando coeficientes de digestibilidad de proteína de 40 hasta 43%. Sin embargo, la adición de hojas de moringa en la dieta de codorniz hasta en un 10% mostró resultados de menor digestibilidad en comparación con otros ingredientes extruidos reportados por Narváez *et al.* (2012) como lo son almidón de maíz (86.37%), almidón de yuca (90.86%), sorgo (86.60%) y arroz quebrado (74.08%) en codornices macho de seis semanas de edad.

Quevedo *et al.* (2013) reportaron que la adición del 15% de salvado de arroz entero en la dieta de codornices tiene una utilización de la proteína (47.77%) lo cual es similar a lo obtenido con la adición de hasta el 10% de hoja de moringa en la dieta.

Los coeficientes de utilización de la energía (promedio = 74.4%) no fueron diferentes ($P > 0.05$) en las dietas para codorniz con 0, 5 y 10% de adición de MOL siendo 77.08, 73.72 y 72.38% respectivamente. Fernandes *et al.* (2016) reportaron una utilización de energía de 76 y 78% al sustituir 5 y 25% de la dieta por harina de nuez de cajú; Quevedo *et al.* (2013) reportó una utilización de la energía bruta de 80 – 82% con la inclusión de salvado de arroz entero, los cuales fueron superiores a los obtenidos en el presente trabajo al adicionar hojas de moringa en un 5 y 10% en las dietas de codorniz de postura.

Cuadro 3. Efectos de la inclusión de tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de *Moringa oleifera* en la dieta de codorniz sobre la calidad física de huevo (número de repeticiones, ver Materiales y Métodos).

	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			M	EE	Valor
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)			
Peso del huevo (g)	9.91 ^a	9.58 ^b	9.46 ^b	1	0.07	<0.001
Índice de forma (%)	77.00 ^c	78.81 ^b	80.75 ^a	1	0.34	<0.001
Grosor cascarón (μ)	311 ^a	288 ^{ab}	279 ^b	8	8.85	0.040
Proporciones (%)						
Yema	34.13	35.11	34.26	5	0.66	0.482
Clara	50.30	49.67	49.34	6	0.72	0.631
Cascarón	15.56 ^b	15.21 ^b	16.39 ^a	6	0.31	0.012

3.3. Características físicas del huevo

En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos de las características físicas de calidad del huevo. El promedio de peso del huevo durante las ocho semanas del periodo experimental (Figura 2), fue mayor ($P < 0.05$) en las codornices del T1 (9.87 g), y menor en las codornices que recibieron dieta con 10% de hoja de moringa ($P < 0.001$). Suppadit *et al.* (2012), suplementaron dietas con 16% de *W. arrhiza* y tuvieron huevos con peso de 10.2 g, mientras que al adicionar 20% del alga, el peso del huevo fue de 9.95 g. En cambio, Mahfuz y Piao (2019), en gallinas que recibieron dieta con hojas de moringa registraron peso del huevo similar al de las alimentadas sin hoja de moringa. Estos resultados difieren de los obtenidos por Güclu *et al.* (2004), quienes obtuvieron huevos de hasta 11.8 g, al reemplazar harina de alfalfa en un 9%, en la dieta de codornices de 10 semanas de edad, en postura. La presente investigación se realizó durante las primeras ocho semanas del primer ciclo de postura.

Los huevos de codornices en las primeras semanas de postura (de la semana 7 a la 15 de edad) obtenidos en el presente estudio tuvieron menores pesos a los reportados por Sahin *et al.* (2010; entre 11.7 y 12.1 g), al adicionar 400 mg de resveratrol a la dieta de codornices de nueve semanas de edad. Atakisi *et al.* (2009) reportaron pesos de huevo de entre 13.7 g con suplementación de zinc, y 12.9 g con suplementación de L-arginina, en codornices de 20 semanas de edad.

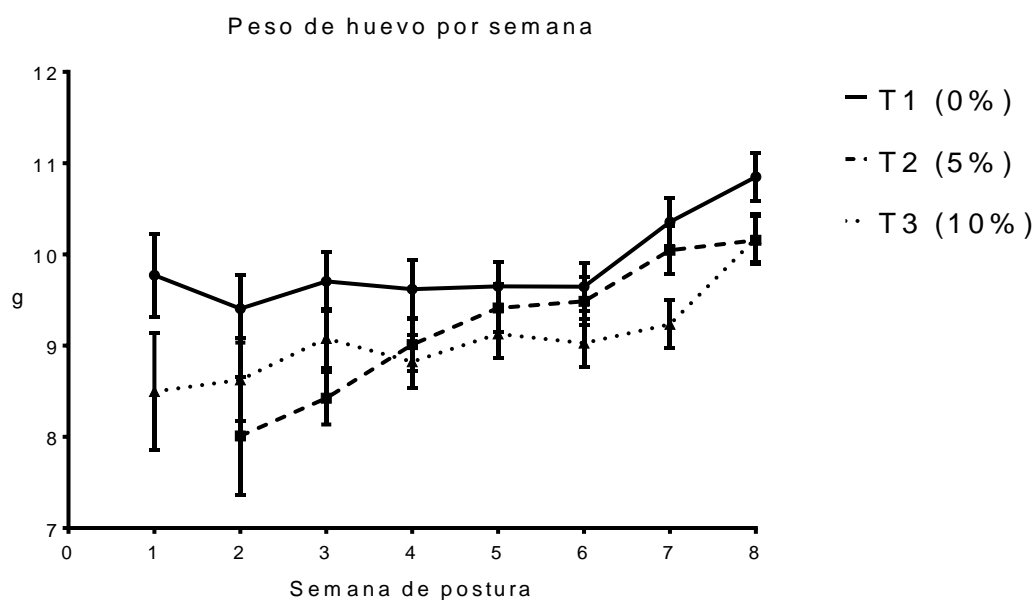


Figura 2. Peso promedio del huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante ocho semanas de periodo experimental.

Jukic-Stojcic *et al.*, (2012) reportaron pesos de huevo entre 11 y 12 g en codornices de 25 a 30 semanas de edad, alimentadas con dietas convencionales. Aún y cuando el peso del huevo del tratamiento 1 fue mayor (Cuadro 3), al considerar la correspondiente tasa de postura, los valores calculados de masa de huevo producida por semana fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos (Figura 3).

En el presente estudio, el índice de forma del huevo fue mayor ($P < 0.05$) al incrementar el nivel de hoja de moringa en la dieta. Jukic-Stojcic *et al.* (2012) reportaron índices de forma de 77% en huevo de codorniz de granjas comerciales. Los valores obtenidos con un nivel del 5% de hojas de moringa concuerdan con los reportados por Sahin *et al.* (2010) y por Sari *et al.* (2016).

Attia *et al.* (2008) reportaron índices de forma de 77 a 79% reemplazando hasta el 100% de harina de soya por harina de *Nigella sativa* L., en codornices de 42 días,

Estos valores son menores al índice de forma de 80.75% encontrado en el presente trabajo al adicionar 10% de hojas de moringa. Abou-Elezz *et al.* (2012), no encontraron diferencias del índice de forma del huevo asociadas a la inclusión de hojas de moringa en la dieta de gallinas de postura.

En el presente trabajo, la proporción de yema y clara fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$), en concordancia con lo reportado en gallinas de postura por Abou-Elezz *et al.* (2012). La proporción de yema (34.5%) fue similar a lo reportado por Attia *et al.* (2008) en dietas adicionadas con harina de *Nigella sativa* L. y, 15% superior a la reportada por Jukic-Stojcic *et al.* (2012; 30.0%) en codornices de mayor edad, alimentadas con una dieta comercial. La proporción de clara obtenida en la presente investigación (49.8%) fue menor a la reportada por Attia *et al.* (2008) y por Jukic-Stojcic *et al.* (2012).

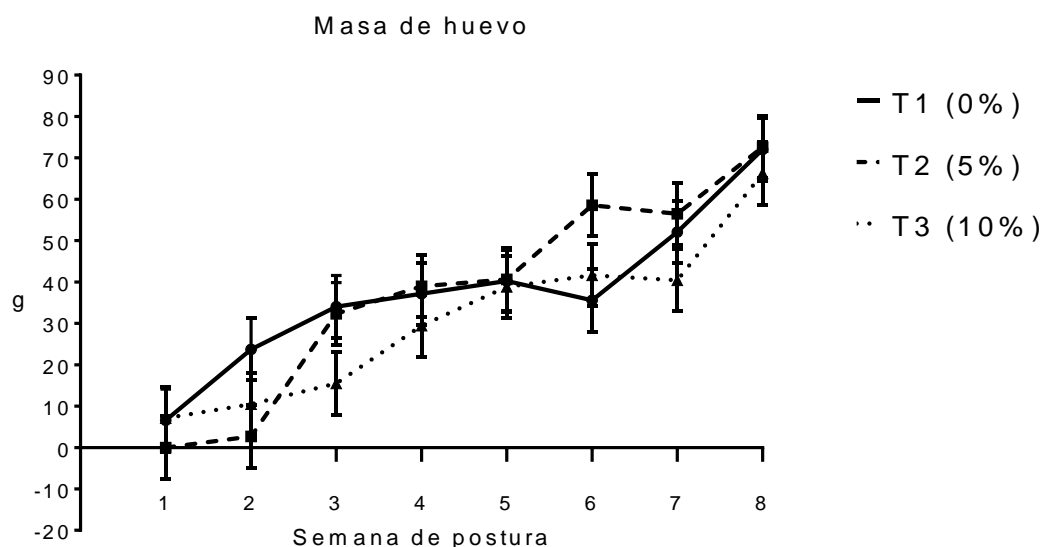


Figura 3. Producción de masa de huevo (g) semanal de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante ocho semanas de periodo experimental.

La proporción de cascarón de huevo fue mayor ($P < 0.05$) para el T3 (16.5%) respecto al T2 (15.4%) y el T1 (15.2). Mahfuz y Piao (2019) reportaron similar proporción de cascarón en el huevo de gallinas alimentadas con y sin adición de moringa. Jukic-Stojcic *et al.* (2012) reportaron 14.9% de proporción en cascarón en huevos de codornices alimentadas con dietas comerciales, valor menor a lo encontrado con la adición de 10% de hojas de moringa (16.4%). Sin embargo, el grosor de cascarón de huevo fue menor ($P < 0.005$) en huevos de animales alimentados con la dieta que contenía el 10% de moringa (278 vs 313 μm). Aun así, el grosor de cascarón de huevo de codornices alimentadas en el presente trabajo con 5 y 10% de hoja de moringa fue mayor a lo reportado por Güclu *et al.* (2004; 180 a 190 μm), Jukic-Stojcic *et al.* (2012; 194 μm), y Suppadit *et al.* (2012; 206 a 220 μm). Según Abou-Elezz *et al.* (2012) la inclusión de hojas de moringa a la dieta convencional de gallinas de postura no tiene efecto sobre el grosor del cascarón de huevo, lo que difiere de los resultados del presente trabajo, ya que con la adición del 10% de hojas de moringa en la dieta de codorniz se tuvo un menor grosor de cascarón.

Posiblemente el calcio contenido en la moringa tenga una menor biodisponibilidad. Teixeira *et al.* (2014), y Amalraj y Pius (2015) en estudios *in vitro*, encontraron una baja biodisponibilidad (19.4 %), del calcio contenido en la moringa, debido posiblemente al alto contenido total de oxalatos de calcio, de los cuales aproximadamente el 50 % son de baja solubilidad, lo que estaría impidiendo la correcta absorción del calcio disponible. Se recalca la importancia de evaluar la biodisponibilidad del calcio contenido en la moringa.

3.4. Contenido de proteína y energía del huevo

El contenido de humedad, materia seca, proteína cruda y energía bruta fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4). El contenido de proteína en huevo para los tres tratamientos tuvo un promedio de 12.3 %, lo cual es similar al 12.0 % reportado por Dudusola (2010) y por Gopinger *et al.* (2016).

Cuadro 4. Análisis proximal de huevos (n=59/tratamiento) de codornices alimentadas con dietas adicionadas con 0%, 5% y 10% de hojas de *Moringa oleifera*

	% de Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			SEM	Valor P
	T1 (0)	T2 (5)	T3 (10)		
Materia seca %	26.75	27.55	27.71	0.478	0.335
Humedad %	73.24	72.44	72.28	0.478	0.335
PC (% MS)	12.32	12.15	12.38	0.246	0.782
Energía (cal / g MS)	1592	1680	1706	49.8	0.296

La energía bruta obtenida en los huevos de codorniz alimentadas con dietas adicionadas con hojas de moringa (1680 y 1706 kcal/kg) es menor a lo reportado por Shibi *et al.* (2016).

3.5. Pigmentación de la yema de huevo

Los valores del sistema CIELAB de color de yema (a*, b* y L*) registrados en el presente trabajo en los huevos producidos por las codornices se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Valores de color (L*, a* y b*) de yema de huevos de codornices alimentadas con dietas adicionadas con 0%, 5% y 10% de hojas de *Moringa oleifera*

**	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			SEM	P
	T1 (0 %)	T2 (5%)	T3 (10%)		
a*	-1.35 ^c	5.56 ^a	7.50 ^a	0.560	<0.001
b*	25.50 ^b	49.94 ^a	49.71 ^a	1.800	<0.001
L*	61.32 ^a	56.08 ^b	54.39 ^b	0.878	<0.001

** Numero de huevos evaluados por tratamiento T1:58, T2:60, T3:60

Los valores para a* (indicativos de verde a rojo) y b* (indicativos de azul a amarillo) fueron mayores ($P < 0.001$) para los tratamientos T2 y T3, comparados con el T1. La luminosidad (L* indicativo de negro a blanco) fue estadísticamente mayor para T1 ($P < 0.05$) respecto al T2 y T3.

En la Figura 6 se puede apreciar la pigmentación con tendencia a anaranjado en la yema de los huevos de las codornices alimentadas en el presente trabajo con hasta 10% de hoja de moringa en la dieta.



Figura 6. Pigmentación de yema de huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera*.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo respecto a la pigmentación de la yema de huevo concuerdan con los de Abou-Elezz *et al.* (2012), quienes determinaron aumentos lineales en el color de la yema al incrementar el nivel de inclusión de hojas de *Moringa* en las dietas de las gallinas. Es probable que esto se deba a la cantidad de xantofilas, luteína y carotenos presentes en las hojas de moringa. Pasaporte *et al.* (2014) y Saini *et al.* (2014) reportaron niveles de 160 - 500 μg de luteína/g de manera fresca, además de los niveles relativamente altos (48 $\mu\text{g}/\text{g}$) de zeaxantina de moringa en su estado fresco.

Los resultados de este trabajo concuerdan con las observaciones de Suppadit *et al.* (2012) quienes al incluir hasta el 20% de la planta acuática conocida comúnmente como lenteja de agua (*Wolffia arrhiza*) registraron un aumento de la intensidad del color de yema de huevo de codorniz, destacando así su uso como un pigmento natural de la yema.

4. Conclusiones

La inclusión de hasta 10% de hojas de moringa en dietas para codornices de ocho semanas de edad en primer ciclo de postura, no compromete la producción de masa de huevo ni características de la calidad del huevo. La utilización de nutrientes de la dieta (proteína cruda y energía) no se ve disminuida con la adición de hojas de moringa en la dieta para codornices. El contenido de energía y proteína de huevo se mantiene constante al adicionar hojas de *Moringa oleifera* hasta en un 10% en la dieta de codorniz. La adición de hojas de moringa a la dieta se obtiene un efecto positivo sobre la pigmentación de la yema de huevo.

5. Agradecimientos

Se agradece al CONAHCYT por la beca otorgada a la primera autora. Se agradece a la Facultad de Agronomía UANL y al Posgrado Conjunto en Ciencia Animal de las Facultades de Agronomía y Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL, por las facilidades brindadas para la realización del presente estudio.

s.

6. Conflictos de intereses

Los autores manifiestan que no tienen conflictos de intereses.

Referencias

1. Abou-Elezz, K. F; Sarmiento-Franco, L; Santos-Ricalde, R. y Solorio-Sánchez, J. F. 2012. The nutritional effect of *Moringa oleifera* fresh leaves as feed supplement on Rhode Island Red hen egg production and quality. *Tropical Animal Health and Production*. 44:5,1035-1040.
2. Alagawany, M; El-Hack, M. E. A; Laudadio, V. y Tufarelli, V. 2014. Effect of low-protein diets with crystalline amino acid supplementation on egg production, blood parameters and nitrogen balance in laying Japanese quails. *Avian Biology Research*. 7:4, 235-243.
3. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A.

4. Ashour, E. A; El-Kholy, M. S; Alagawany, M; Abd El-Hack, M. E; Mohamed, L. A., Taha, A. E; El-Sheikh, A. I; Laudadio, V. y Tufarelli, V. 2020. Effect of dietary supplementation with *Moringa oleifera* leaves and/or seeds powder on production, egg characteristics, hatchability and blood chemistry of laying Japanese quails. Sustainability. 12:6, 2463, 9 pp.
5. Atakisi, O; Atakisi, E. y Kart, A. 2009. Effects of dietary zinc and L-arginine supplementation on total antioxidants capacity, lipid peroxidation, nitric oxide, egg weight, and blood biochemical values in Japanese quails. Biological Trace Element Research. 132:1-3, 136-143.
6. Attia Y. A; El-Din, A; Zeweil, H. S; Hussein, A. S; Qota, E. S. M. y Arafat, M. A. 2008. The effect of supplementation of enzyme on laying and reproductive performance in Japanese quail hens fed Nigella seed meal. Journal of Poultry Science. 45:2, 110-115.
7. Dudusola, I. O. 2010. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. Journal of Plant Science. 1:15, 112-115.
8. El-Tarabany, M. S. 2016. Effect of thermal stress on fertility and egg quality of Japanese quail. Journal of Thermal Biology. 61, 38-43.
9. Etheridge, R. D; Pesti, G. M. y Foster, E. H. 1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (LECO CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. Animal Feed Science and Technology. 73:1-2, 21-28.
10. Fernandes, D. R; Freitas, E. R; Watanabe, P. H; Filgueira, T. M. B; Cruz, C. E. B; do Nascimento, G. A. J. y Nascimento, E. R. M. 2016. Cashew nut meal in the feeding of meat quails. Tropical Animal Health and Production. 48:4, 711-717.
11. Gaona Rodríguez, C. A; Bernal Barragán, H; Vásquez Aguilar, N. C; Hernández Escareño, J. J; Garza Brenner, E; Sánchez Dávila, F. y Arce Vázquez, N. 2022. Efecto de la adición de harina de cascara de Naranja y cascarón de huevo a dietas de codornices japonesas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 30:Supl. 1, 151-155.
12. Gayathri, S. L; Babu, L. K. y Panda, A. K. 2020. Effect of dietary supplementation of *Moringa oleifera* leaf meal on production performance and egg quality of Vanaraja laying hens. Animal Nutrition and Feed Technology. 20, 279-287.
13. Gopinger, E; Bavaresco, C; Ziegler, V; Lemes, J. S; Lopes, D. C. N; Elias, M. C. y Xavier, E. G. 2016. Performance, egg quality, and sensory analysis of the eggs of quails fed whole rice bran stabilized with organic acids and stored for different amounts of time. Canadian Journal of Animal Science. 96:2, 128-134.
14. Güclu, B. K; Iscan, K. M; Uyanik, F; Eren, M. y Agca, A. C. 2004. Effect of alfalfa meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters. Archives of Animal Nutrition. 58:3, 255-263.
15. Jukic-Stojic, M; Milosevic, N; Peric, L; Jajic, I. y Tolimir, N. 2012. Egg quality of Japanese quail in Serbia (*Coturnix coturnix japonica*). Biotechnology in Animal Husbandry. 28:3, 425-431.
16. Kaur, S; Mandal, A. B; Singh, K. B. y Kadam, M. M. 2008. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels and graded essential amino acid levels on growth performance and immuno-competence. Livestock Science. 117:2-3, 255-262.
17. Khosravi, H; Mehri, M; Bagherzadeh-Kasmani, F. y Asghari-Moghadam, M. 2016. Methionine requirement of growing Japanese quails. Animal Feed Science and Technology. 212, 122-128.
18. Lukanov, H. 2019. Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such farm animal? World's Poultry Science Journal. 75, 547-558.
19. Mahfuz, S. y Piao, X. S. 2019. Application of moringa (*Moringa oleifera*) as natural feed supplement in poultry diets. Animals. 9:7, 431.
20. Minvielle, F. 2004. The future of Japanese quail for research and production. Worlds Poultry Science Journal. 60:4, 500-507.
21. Moyo, B; Masika, P. J; Hugo, A. y Muchenje, V. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. African Journal of Biotechnology. 10:60, 12925-12933.
22. Narváez-Solarte, W; Toro, J. P. y Giraldo, C. E. 2012. Digestibilidad de materias primas energéticas extrusadas en la alimentación de codornices (*Coturnix coturnix japonicus*). Biosalud. 11:2, 59-69.
23. Nation Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National Academies Press.
24. Nkukwana, T. T; Muchenje, V; Pieterse, E; Masika, P. J; Mabusela, T. P; Hoffman, L. C. y Dzama, K. 2014. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal on growth performance, apparent digestibility, digestive organ size and carcass yield in broiler chickens. Livestock Science. 161, 139-146.
25. OECD/FAO. 2023. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. OECD Publishing. Paris. 357 pp. FAO ISBN 978-92-5-137923-3. <https://doi.org/10.1787/08801ab7>
26. Pasaporte, M. S; Rabaya, F. J. R; Toleco, M. M. y Flores, D. M. 2014. Xanthophyll content of selected vegetables commonly consumed in the Philippines and the effect of boiling. Food Chemistry. 158, 35-40.
27. Quevedo, I. B; Freitas, E. R; Filgueira, T. M. B; do Nascimento, G. A. J; Braz, N. D; Fernandes, D. R. y Watanabe, P. H. 2013. Parboiled rice whole bran in laying diets for Japanese quails. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 48:6, 582-588.
28. Reda, F; Ashour, E; Alagawany, M. y Abd El-Hack, M. 2015. Effects of dietary protein, energy and lysine intake on growth performance and carcass characteristic of growing Japanese quails. Asian Journal of Poultry Science. 9:3, 155-164.

29. Saad, M. F; Fadel, M. A; Abd El-Hafeez, M. S. y Abdel-Salam, A. B. 2022. Assessment of safety and quality aspects avoiding treatment of quail eggs. *Letters in Applied Microbiology*. 75:2, 410-421.
30. SADER. 2023. Panorama Agroalimentario 2023. Agricultura regenerativa, la vía para un futuro sustentable. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México. 215 pp.
31. Sahin, K; Akdemir, F; Orhan, C; Tuzcu, M; Hayirli, A. y Sahin, N. 2010. Effects of dietary resveratrol supplementation on egg production and antioxidant status. *Poultry Science*. 89:6, 1190-1198.
32. Saini, R. K; Shetty, N. P. y Giridhar, P. 2014. Carotenoid content in vegetative and reproductive parts of commercially grown *Moringa oleifera* Lam. cultivars from India by LC-APCI-MS. *European Food Research and Technology*. 238:6, 971-978.
33. Saldaña, B; Gewehr, C. E; Guzman, P; Garcia, J. y Mateos, G. G. 2016. Influence of feed form and energy concentration of the rearing phase diets on productivity, digestive tract development and body measurements of brown-egg laying hens fed diets varying in energy concentration from 17 to 46 wk of age. *Animal Feed Science and Technology*. 221, 87-100.
34. Sari, M; Tilki, M. y Saatci, M. 2016. Genetic parameters of egg quality traits in long-term pedigree recorded Japanese quail. *Poultry Science*. 95:8, 1743-1749.
35. Sebola, N. A; Mlambo, V; Mokoboki, H. K. y Muchenje, V. 2015. Growth performance and carcass characteristics of three chicken strains in response to incremental levels of dietary *Moringa oleifera* leaf meal. *Livestock Science*. 178, 202-208.
36. Shibi, T. K; Richard, P. N; Lurthu, T. y Rajendran, D. 2016. Nutrient composition of Japanese quail eggs. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5:3,1293- 1295.
37. Sun, C; Liu, J; Yang, N. y Xu, G. 2019. Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon. *Poultry Science*. 98, 4516-4521.
38. Suppadit, T; Jaturasitha, S; Sunthorn, N. y Pongsuk, P. 2012. Dietary *Wolffia arrhiza* meal as a substitute for soybean meal: its effects on the productive performance and egg quality of laying Japanese quails. *Tropical Animal Health and Production*. 44:7, 1479-1486.
39. Teixeira, E. M. B; Carvalho, M. R. B; Neves, V. A; Silva, M. A. y Arantes-Pereira, L. 2014. Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Food Chemistry*. 147, 51-54.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

Cita: Bernal Barragán, H., Degollado Aguayo, K. M., Olivares Sáenz, E., Vásquez Aguilar, N. C., Cervantes Ramírez, M., Morales Trejo, A., Gaona Rodríguez, C. A. y Sánchez Dávila, F. (2024) «Dr. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE *Moringa oleifera* Lam. EN DIETAS DE CODORNIZ, SOBRE POSTURA, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, PROTEÍNA METABOLIZABLE Y CALIDAD DE HUEVO: NA», *Scientia Agricolis Vita*, 1(3), pp. 53-64. doi: 10.29105/agricolis.v1i3.21.

Editor Académico: Guadalupe Gutiérrez Soto

Recibido: 19-09-2024

Revisado: 27-09-30

Aceptado: 30-09-2024

Publicado: 03-10-2024



Copyright: © 2024 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



SCIENTIA AGRICOLIS VITA

Revista de Investigación Científica de la Facultad de Agronomía - UANL

Volumen 01 / Número 03 / Septiembre - Diciembre / 2024