

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ION NITRATO EN PULPA DE *Crataegus spp* (TEJOCOTE), CULTIVADO EN LA SIERRA NEVADA DE PUEBLA

DETERMINATION OF NITRATE ION CONCENTRATION IN THE PULP OF *Crataegus spp.* (TEJOCOTE), CULTIVATED IN THE SIERRA NEVADA OF PUEBLA

Papasetzi-Sánchez A.¹, Castillo-Martínez P.¹, Santos-Gómez A¹., Sandoval-Lira J.^{1,2,*}, Reyes-Cesar A.^{1,*}

¹Instituto Tecnológico Superior de San Martín. Cuerpo Académico de Ciencias Básicas,
Camino a Barranca de Pesos s/n. San Lucas Atoyatenco. C.P.74120 San Martín Texmelucan
de Labastida, Puebla. México. Tel. +52 248 688 6461

²Universidad Tecnológica de Huejotzingo. Camino Real San Mateo s/n. C.P. 74169 Santa Ana
Xalmimilulco, Puebla. México. Tel +52 227 275 9300

*Autores de correspondencia: jsandovalira@gmail.com, acesar727@gmail.com

Recibido: 30/septiembre/2024

Aceptado: 10/diciembre/2024

RESUMEN

Los nitratos están presentes de forma natural en diversas partes de las plantas, incluidos los frutos. Su análisis en productos agrícolas frescos, como el tejocote, es fundamental para optimizar la fertilización del cultivo y garantizar un producto de calidad apto para la comercialización en mercados internacionales, como el de Estados Unidos. En este estudio, se evaluó el contenido de nitratos en la pulpa de tejocote recolectado en dos huertos de la Sierra Nevada, Puebla, mediante la técnica de electrodo de ion selectivo, durante los meses de julio a diciembre, con el propósito de establecer si su concentración se encuentra dentro de los límites permitidos para otros productos agrícolas frescos de la misma familia taxonómica. Los resultados mostraron que, entre agosto y noviembre, las concentraciones oscilaron entre 32 y 60 mg/kg de fruta fresca, mientras que en diciembre disminuyeron a un rango de 32 a 39 mg/kg. Aunque no existen límites específicos establecidos para el tejocote, al compararse con valores reportados

para productos de la misma familia taxonómica, como la manzana (60-100 mg/kg), se concluyó que el tejocote es apto para el consumo y satisface los requisitos de calidad del mercado internacional.

Palabras clave: Calidad, Electrodo de ion selectivo, Nitratos, Productos agrícolas frescos, Tejocote

ABSTRACT

Nitrates naturally occur in various parts of plants, including fruits. Analysis of fresh agricultural products, such as Mexican hawthorn, is essential for optimizing crop fertilization and ensuring a high-quality product suitable for international markets, including the United States. This study evaluated the nitrate content in Mexican hawthorn pulp collected from two orchards in the Sierra Nevada region of Puebla State using the selective ion electrode technique from July to December. The purpose was to determine whether nitrate concentrations fall within the permissible limits established for other fresh agricultural products of the same taxonomic family. Results showed that from August to November, nitrate concentrations ranged between 32 and 60 mg/kg of fresh fruit, decreasing to a range of 32 to 39 mg/kg in December. Although specific limits for Mexican hawthorn are not currently established, comparison with the concentration values for related products, such as apples (60-100 mg/kg), indicates that Mexican hawthorn meets is deemed safe for consumption and complies with the quality requirements of the international market.

Keywords: Electrolyte ion-selective, Fresh agricultural products, Nitrates, Quality, Tejocote

INTRODUCCIÓN

La Sierra Nevada del Estado de Puebla, México, es una zona frutícola altamente rentable, principalmente por la producción de tejocote. Desde la apertura comercial a Estados Unidos en el 2015, el cultivo de tejocote ha tenido una mayor demanda, pasando de 143.15 toneladas exportadas en ese año a 1,357.24 toneladas en el 2022 (DGSV, 2023). La demanda de producción de tejocote por parte del mercado de Estados Unidos sigue en aumento, sin embargo, se acompaña de mayores exigencias de calidad. En este contexto, los productores buscan implementar mejoras en la forma de producir con mayor calidad, su enfoque es mejorar la

fertilización del cultivo a base de nitrato de potasio y calcio. El ion nitrato (NO_3^-) se encuentra en las plantas de forma natural gracias al ciclo del nitrógeno, el cual es mediado por la actividad de las enzimas producidas por los microorganismos procariontes del suelo (Baca B. *et al.*, 2000). La acumulación de altas concentraciones de nitratos en las plantas es provocada por diversos factores, principalmente el riego con agua contaminada con nitratos y el uso excesivo de fertilizantes químicos nitrogenados. Otros factores, como la aplicación de estiércol, la descomposición en el suelo de materia orgánica rica en nitrógeno, riego excesivo, tipo de suelo y factores como la temperatura y la luz solar también pueden influir en la tasa de absorción y acumulación de nitratos en las plantas (Briones-García, J. *et al.* 2023; Hosseini M-J. *et al.*, 2023). No menos importante, es la acumulación del ion nitrato dependiente del tipo de especie vegetal. Diversas especies de hortalizas son acumuladores de nitrato, por ejemplo: la espinaca (*Spinacea oleracea* L.) y la acelga (*Beta vulgaris* L.) (Consejo Europeo, 2006). Las plantas de la familia *Amaranthaceae* también acumulan altas concentraciones de nitrato (Dharmendranaik E., *et al.*, 2023). Los sistemas de cultivo como la hidroponía dan como resultado la acumulación del contenido de nitratos en productos agrícolas frescos (Raihan A. *et al.*, 2023). La importancia del ion nitrato en frutas y verduras es que puede sufrir reacciones de reducción en el organismo formando iones nitrito, los cuales pertenecen al grupo 2A de los agentes químicos clasificados por la Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC, 2010). La clasificación 2A incluye agentes probablemente cancerígenos para el ser humano. Una vez formados, los nitritos pueden reaccionar con aminos o amidas por actividad enzimática de la microflora en el tracto intestinal. Esta reacción permite la formación endógena de N-nitrosocompuestos (Padmanaban R., *et al.*, 2024). No obstante, a todos los riesgos a la salud que representa la acumulación de nitratos en los productos agrícolas frescos, tener un equilibrio de nitratos en el fruto de tejocote es importante porque mejorará significativamente la calidad de los frutos (Shi, H. *et al.*, 2023). La forma tradicional de evaluar los contenidos de nitratos en productos agrícolas frescos es por medio de técnicas especializadas como el método Kjeldahl (Harris, 1992), las cuales requieren de tener un laboratorio especializado. En la actualidad, existen técnicas *in situ*, como la de electrodo de ion selectivo, las cuales permiten evaluar iones de interés en tiempo real y a un menor costo (Rouessac y Rouessac, 2000; Valdés A., 2004). En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de nitratos en la pulpa de tejocote recolectado en dos

huertos de la Sierra Nevada, Puebla, mediante la técnica de electrodo de ion selectivo, durante los meses de julio a diciembre, con el propósito de establecer si su concentración se encuentra dentro de los valores reportados para otros productos agrícolas frescos de la misma familia taxonómica.

Figura 1. *Frutos de tejocote.*



Fuente: elaboración propia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Huertos muestreados

En los cuadros 1 y 2, se muestran algunos datos del huerto 1 (H1) y del huerto 2 (H2).

Cuadro 1. Datos del Huerto 1

Características de H1	Descripción
Nombre o razón social	El capulín
Propietario o representante legal	Lázaro Pérez Mogollan
Número de registro	HUE10/21/180/0455
Dirección	Aquiles Serdán #12, Tlahuapan, Puebla.
Teléfono	24 81 08 56 52
Especie Frutal	<i>Crataegus spp.</i> (tejocote)

Altura promedio	4 metros
Área o superficie de producción	1 hectárea
Rendimiento estimado	8 toneladas

Fuente: (DGSV, 2024)

Cuadro 2. Datos del Huerto 2

Características de H2	Descripción
Nombre o razón social	La Loma 1-Molotla
Propietario o representante legal	María Concepción Gregoria Mateo Morales
Número de registro	HUE10/21/026/0853
Dirección	Hidalgo #50, San Lucas Atzala, Calpan, Puebla.
Teléfono	22 23 73 65 92
Especie Frutal	<i>Crataegus spp.</i> (tejocote)
Altura promedio	4 metros
Área o superficie de producción	0.5 hectárea
Rendimiento estimado	4 toneladas

Fuente: (DGSV, 2024)

Recolección de la muestra

El muestreo inició en julio y se realizó lo largo de 6 meses para dos huertos de la Sociedad de Productores Xopallican S. P. R. de R. L., denominados en esta investigación como Huerto 1 (H1) y Huerto 2 (H2). En cada huerto se escogieron 20 árboles en zigzag (Centeno, 2022), evitando aquellos localizados en las tres hileras de los bordes en los 4 puntos cardinales. También se evitaron árboles enfermos, con problemas nutricionales y más pequeños que los característicos del huerto. Los árboles para el muestreo de frutos se eligieron por su homogeneidad en vigor, carga y comportamiento de la fruta postcosecha, los cuales también presentaban condiciones similares de suelo, manejo y portainjerto. Una vez seleccionados, los árboles candidatos a muestreo se marcaron para obtener muestras mensuales del mismo árbol desde el mes de julio hasta diciembre. Posteriormente, se seleccionó una rama a la altura media del árbol. Se tomó un fruto por árbol, desde su parte central hasta una altura media de 2 m aproximadamente. Los frutos recolectados presentaban el calibre más frecuente del huerto y no mostraban alteraciones superficiales. Los frutos fueron recolectados en bolsa de papel, rotuladas (huerto, variedad, fecha)

y se enviaron al laboratorio dentro de un periodo no mayor a 24 horas.

Preparación de la muestra

Se obtuvieron fragmentos cúbicos de 2-3 mm de lado y se tomó una muestra de 25 g, los cuales fueron colocados en un tubo falcón de 50 mL de capacidad. Se vertió 25 mL de agua destilada a la fruta fragmentada y se dejó macerar por 8 h o toda la noche (Castillo-Martínez P. *et al.*, 2023).

Determinación de la concentración de ion nitrato

El sobrenadante obtenido directamente de la maceración en los meses de julio a noviembre se utilizó para la cuantificación de nitratos. Solo en el mes de diciembre se requirió filtrar el sobrenadante antes de ser analizado para la concentración de nitratos. El sensor de la marca Horiba modelo LaQUAtwin-NO₃-11 se calibró para la determinación de iones NO₃⁻ con sus respectivas soluciones patrón, siguiendo las instrucciones del fabricante.

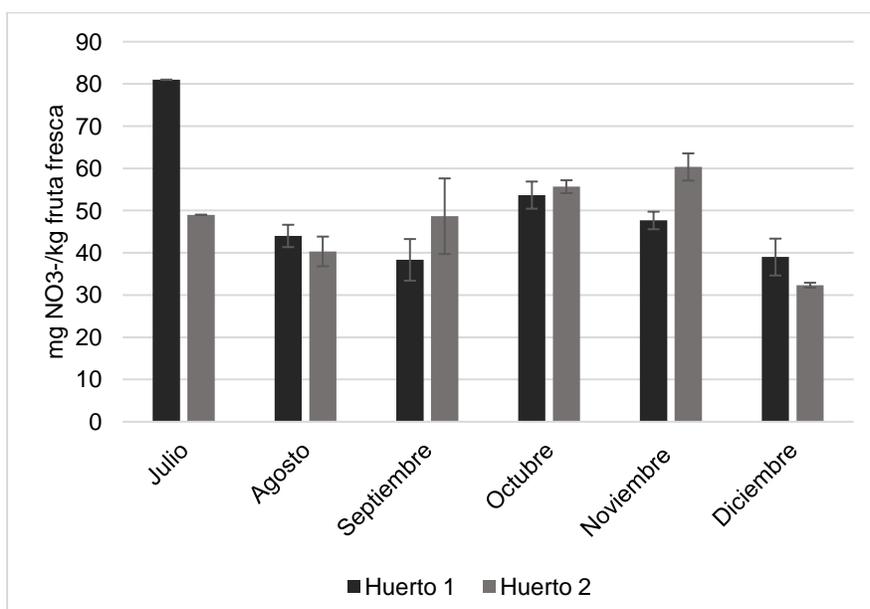
Una vez calibrado se eliminó la solución estándar con agua destilada, se eliminó el exceso de agua con papel absorbente, pero sin tocar el sensor. Se tomó una alícuota de 700 µl del sobrenadante del proceso de maceración de la pulpa de tejocote, se colocó en el puerto de medición y se registró la concentración mostrada en la pantalla del dispositivo. La cuantificación se realizó por triplicado para cada huerto. Para continuar con una segunda muestra, se limpió el sensor con agua destilada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se muestran los promedios y desviación estándar de la concentración de nitratos a lo largo de 6 meses para dos huertos de la Sociedad de Productores Xopallican S. P. R. de R. L. Se observa que en el H1 la concentración de nitratos alcanzó un valor de 80 mg/kg fruta fresca en el mes de julio. El tener niveles de nitratos superiores a 60 mg/kg, en el mes de julio, es debido a que este mes el cultivo de tejocote se encuentra en etapa 2, la cual es una etapa de desarrollo vegetativo y de endurecimiento de hueso del fruto, en esta etapa la demanda de nitratos en el fruto es alta, por lo que los productores realizan aplicaciones foliares de nitrato de potasio en dosis de 2 kg/200 L agua cada 20 días. El volumen aplicado fue de 400 L de solución por Hectárea. En los meses de agosto a noviembre la concentración de nitratos, en ambos huertos H1

y H2, osciló entre 32 y 60 mg/kg de fruta fresca. En diciembre se observó la concentración más baja, 39 mg/kg de fruta fresca para el huerto H1 y 32 mg/kg de fruta fresca para el huerto H2. La disminución del contenido de nitratos y el avance en las etapas del desarrollo del fruto coincide con lo observado en cultivos de manzana, donde se encontró que el contenido de nitrógeno se reduce conforme avanza el tiempo (Casierra-Posada *et al.*, 2003).

Figura 2. Concentración de nitratos en pulpa de tejocote.



Fuente: elaboración propia.

Aunque no se ha reportado una concentración límite de nitratos para tejocote, se puede establecer una base sobre las concentraciones reportadas para otras frutas como manzana (60 mg/kg), mango (30 mg/kg) y pitahayas (30 mg/kg) (Bahadoran, Z. *et al.*, 2016; Briones-García, J. *et al* 2023; Ziarati P. *et al* 2017). Otros productos frescos presentan concentraciones de nitratos mucho más altos, como la cebolla (80 mg/kg), el plátano (200 mg/kg), el brócoli (200 mg/kg), la papa (250 mg/kg), el pimiento (250 mg/kg), los tomates (300 mg/kg) y la zanahoria (400 mg/kg) (Bahadoran, Z. *et al.*, 2016; Briones-García, J. *et al.*, 2023; Salehzadeh H. *et al.*, 2020).

El Reglamento No 1881/2006 del Consejo Europeo (CE) (2006) en su anexo de Contenidos

Máximos de Determinados Contaminantes en los Productos Alimenticios, sección 1, indica que las hojas verdes tienen límites máximos permitidos de nitratos más altos que cualquier fruta o producto fresco (EFSA, 2008).

CONCLUSIONES

Se determinó la concentración de iones nitrato en dos huertos de Sociedad de Productores Xopallican en la Sierra Nevada del Estado de Puebla. En ambos huertos la concentración de nitratos osciló entre 30 y 60 mg/kg de fruta fresca en los meses que inicia la cosecha (septiembre, octubre y noviembre). En diciembre se observó la concentración más baja para ambos huertos (32 y 39 mg/kg de fruta fresca). Los resultados obtenidos del contenido de nitratos en tejocote son consistentes con los reportados para el cultivo de manzana, por lo que se concluye que el contenido de nitratos en tejocote puede determinarse como seguro para su consumo como producto agrícola fresco. Finalmente, la determinación periódica de la concentración de nitratos permitirá a los productores tomar decisiones informadas para ajustar las prácticas de fertilización según las necesidades específicas del cultivo para obtener un producto de calidad.

AGRADECIMIENTOS

A. R.-C. Agradece al TecNM por el financiamiento del proyecto 18262.23-PD, y a la Subdirección de Posgrado e Investigación del TecNM campus ITSSMT, por las horas asignadas de investigación.

Todos los autores agradecemos a PRODEP por el apoyo al fortalecimiento del cuerpo académico ITESSMT-CA-7 en el periodo 2021-2023, con el cual se adquirió el kit de monitoreo nutrimental y al TecNM por el financiamiento del proyecto 17859.23-PD.

REFERENCIAS

AESAN (2011) Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición en relación a la evaluación del riesgo de la exposición de lactantes y niños de corta edad a nitratos por consumo de acelgas en España. Revista del Comité Científico 14:65-88

- Baca, B., Soto, L. & Pardo, M. (2000) Fijación Biológica de Nitrógeno. *Elementos: Ciencia y cultura* 7(38) pp. 43-49
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of food composition and analysis*, 1, 93-105.
- Briones-García, J., Morillo-Robles, C. & Toledo-Castillo, N. (2023) Contaminación por nitratos en verduras y frutas del mercado. *Polo del Conocimiento* 85(8):1754-1765.
- Casierra-Posada, F., Cortés, L. F., Ramírez, J., & Castro-Franco, H. (2003). Estado nutricional de árboles de manzano 'anna' durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos. I Contenido de elementos minerales *en Agronomía Colombiana*, 21(1 y 2), 75-82.
- Castillo-Martínez, P., Reyes-Cesar, A., Santos-Gómez, A. & Sandoval-Lira, J. (2023) Electrodo de ion selectivo Ca^{2+} : Determinación de calcio en frutos de tejocote. *LASIRC Investigaciones Científicas*.7(2)
- Centeno, M. (2022). *Laboratorio fertilab* [Archivo PDF]. <https://www.fertilab.com.mx/>
- Consejo Europeo (2006) Reglamento (CE) No 1881/2006.
- Dharmendranai, E., Durga-Devi, K., Beena, V. & Geetha, P. (2023) Effect of nutrient management practices on nitrate and oxalate content in cooked and raw amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) *The Pharma Innovation Journal*. 12(7): 3452-3455.
- Dirección General de Sanidad Vegetal [DGSV]. (2023). *Evaluación del programa de exportación de tejocote a Estados Unidos de América. Temporada 2022*. https://smartintex-my.sharepoint.com/:p/g/person/arturo_santos_smartintecnm_mx/EQCZti4-xplIp_ehMRXPHFoBbq-9vFwowUfforautemyNw?e=5ZCV3E
- Dirección General de Sanidad Vegetal [DGSV]. (2024). *Huertos de Tejocote Registrados para Exportación del Estado de Puebla a los Estados Unidos de América*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/960077/Huertos_de_Tejocote_14-19-2024_2.pdf
- EFSA (2008). European Food Safety Authority. Nitrate in vegetables. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *The EFSA Journal*, 689, pp: 1-79. Question N° EFSA-Q-2006-071.
- Harris, D. (1992). Análisis de nitrógeno por el método Kjeldahl. *Análisis Químico Cuantitativo*.

Grupo Editorial Iberoamericana. ISBN 970-625-003-4.

Hosseini, M-J., Dezhangah, S., Esmi F., Gharavi-Nakhjavani, M., Hashempour-Baltork, F., Alizadeh, A. (2023) A worldwide systematic review, meta-analysis and meta-regression of nitrate and nitrite in vegetables and fruits. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 257, 114934

IARC (2010) Agents Classified by the IARC Monographs <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>

Padmanaban, R., Ramadoss, R., & Krishnan, R. (2024). Endogenous nitroso compounds (NOC) from dietary source: Plausible promoters of oral carcinogenesis in non-smokers and non-alcoholics. *Oral Oncology Reports*, 10, 100366.

Raihan, A., Rahman, M., Chandni, C., Yasmin, S. & Ali, M. (2023) Nitrate control and quality in hydroponic lettuce by using cow dung extract and nutrient solution. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 96, 88-93.

Rouessac, F.; Rouessac, A. (2000). *Chemical analysis: modern instrumental methods and techniques*. Wiley. ISBN 978-0-471-97261-7.

Salehzadeh, H, Maleki, A, Rezaee, R, Shahmoradi, B, Ponnet, K (2020) The nitrate content of fresh and cooked vegetables and their health related risks. *PLoS ONE* 15(1): e0227551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227551>

Shi, H., Hou, L., Xu, X., Zhu, Y., Zhai, B., & Liu, Z. (2023). Effects of different rates of nitrogen fertilizer on apple yield, fruit quality, and dynamics of soil moisture and nitrate in soil of rainfed apple orchards on the Loess Plateau, China. *European Journal of Agronomy*, 150, 126950.

Valdés, A., Marti, L., Filippini, M., & Salcedo, C. (2004) Determinación de nitratos en vegetales: comparación de cuatro métodos analíticos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*. XXXVI (1): 21-28.

Ziarati, P, Sepehr, E, Heidari, S. (2017) Histamine, Nitrate, and Nitrite Content in Canned and Fresh Apple Products. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 14(2).