

SEGURIDAD ALIMENTARIA

FACTORES MORFOLÓGICOS EN CONDICIONES LIMITANTES DE AGUA EN FRIJOL

Jenny Rodríguez-Rodríguez¹, Glenda M. Gutiérrez-Benicio^{2*}, Gabriela González-Gonzalez², Liliana Gasca-Valadez³, César L. Aguirre-Mancilla¹

Resumen

El frijol contiene alto valor nutritivo, en México se consume más de un millón de toneladas anualmente, la producción podría estar afectada, puesto que el frijol se considera uno de los cultivos más vulnerables al cambio climático. Comprender los mecanismos fisiológicos y morfológicos de este cultivo en condiciones de restricciones hídricas, es crucial para desarrollar estrategias para mejorar la resiliencia de cultivos y promover la nutrición humana. En este estudio se evaluaron parámetros morfológicos en frijol lima, bajo dos regímenes hídricos, 20% y 60% de capacidad de campo, en etapa vegetativa (V4) y reproductiva (R6). Los resultados muestran diferencias significativas en la condición limitante de agua (20%), tienden a acumular mayor cantidad de biomasa y reducción de altura respecto a las condiciones no limitantes, lo que podría indicar que esta especie de frijol posee mecanismos que le permiten adaptarse a bajos regímenes hídricos y realizar un uso eficiente del agua.

Palabras clave

Factores morfológicos, frijol, biomasa

Abstract.

Beans have a high nutritional value. In Mexico, more than one million tons are consumed annually. Production could be affected, since beans are considered one of the most vulnerable crops to climate change. Understanding the physiological and morphological mechanisms of this crop under water restriction conditions is crucial to develop strategies to improve crop resilience and promote human nutrition. In this study, morphological parameters were evaluated in lima beans under two water regimes, 20% and 60% of field capacity, in the vegetative (V4) and reproductive (R6) stages. The results show significant differences in the water-limiting condition (20%), they tend to accumulate a greater amount of biomass and a reduction in height compared to non-limiting conditions, which could indicate that this bean species has mechanisms that allow it to adapt to low water regimes and make efficient use of water.

Keywords

Morphological factors, bean, biomass

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., México C.P. 38110.

²Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., México C.P. 38110.

³CBTA 175, Apaseo el grande, Gto., México.

*Autor de correspondencia: glenda.gb@roque.tecnm.mx

1. Introducción

El frijol es considerado “un alimento casi perfecto” debido a su alto contenido en proteínas, cantidades sustanciales de fibra y carbohidratos complejos. El consumo de una porción de frijoles también contribuye a aproximadamente el 50% de los niveles diarios recomendados de ácido fólico, 25-30% de hierro, 25% de magnesio y cobre y 15% de potasio y zinc (Kimani y col., 2023). Anualmente se consumen alrededor de 25 millones de toneladas, en todo el mundo. En México, el frijol es el tercer cultivo de mayor importancia por la superficie sembrada, con 7.9% del total en el año agrícola, por su parte, el consumo de frijol en México durante el ciclo comercial oct-2020/sep-2021 se estimó en 1.061 millones de toneladas. El rendimiento promedio en riego se ubicó en 1.76 toneladas por hectárea y en temporal en 590 kg por hectárea (FIRA, 2022). La exposición del frijol a altas temperaturas y estrés hídrico afecta particularmente la producción del cultivo. Entre las limitaciones ambientales, el estrés hídrico es una amenaza importante para las plantas. Hoy en día, la escasez de agua figura como un grave problema mundial que pone en peligro el objetivo de lograr una agricultura sostenible. En las plantas, el estrés hídrico induce graves alteraciones en los procesos fisiológicos y morfológicos, lo que afecta las funciones vitales y, en última instancia, provoca una fuerte disminución de la producción agrícola. Lo más evidente es que el déficit de agua se acompaña de un retraso en el crecimiento y la inhibición de diversos procesos metabólicos, como la fotosíntesis, la respiración, la absorción/translocación de iones y asimilación de nutrientes (Taoufik y col., 2021). Por lo tanto, este estudio se realizó para evaluar los parámetros morfológicos en plantas de frijol lima en condiciones limitantes (20%) y no limitantes de agua (60%) de su capacidad de campo, en dos etapas fenológicas, vegetativa V4 y reproductiva R6.

2. Metodología

Se germinaron semillas de frijol lima (*Phaseolus lunatus*) en cámaras de germinación por 5 días a 28°C, posteriormente se trasplantaron en sustrato Peat Moss Sunshine mezcla #3 y se sometieron a dos tratamientos de régimen de riego constante al 20% y 60% respecto a su capacidad de campo, las plantas se desarrollaron en invernadero. Las mediciones de los parámetros morfológicos se tomaron en la etapa V4 y R6, los cuales fueron: Área foliar, la cual se obtuvo de un trifolio, usando la aplicación de Petiole pro. Altura de la planta, se siguió el procedimiento descrito por Ruiz-Nieto (2015), se midió considerándose la distancia expresada en cm desde la

base del tallo hasta el meristemo apical. Altura del dosel, se midió como la distancia expresada en cm, entre el meristemo apical y la base del último trifolio correspondiente a la mayor proporción del follaje total. Contenido Relativo de Agua (CRA), se siguió el procedimiento descrito por Gutierrez-Benicio, y col., (2016) se colectó en cada una de las unidades experimentales una muestra circular de 1.5 centímetros de diámetro, se registró el peso fresco, se saturaron con agua durante 18 h a temperatura ambiente y se registró el peso saturado, finalmente se secaron en un horno a 80 °C durante 24 h y se tomó el peso seco y se calculó el CRA. Número de entrenudos, se contabilizó el número de entrenudos considerando desde el nudo vital hasta el meristemo apical. Biomasa, se siguió el procedimiento descrito por Ruiz-Nieto (2015), se evaluó la biomasa total expresada en gramos y ésta se fraccionó en las correspondientes al follaje y a la raíz, para lo anterior se separó la planta en follaje y raíz a partir del nudo vital, cada sección se envolvió con papel aluminio, al cual se hicieron orificios para permitir la salida de agua en forma de vapor y se pesó cada parte en fresco. Posteriormente las muestras se secaron en una estufa a 90 °C durante toda la noche. Al día siguiente se pesó cada muestra y la biomasa se obtuvo de la diferencia entre el peso fresco y el seco.

3. Resultados

La mayor área foliar se produjo en los tratamientos que no se encontraban bajo condiciones limitantes de agua, es decir al 60%, con 625 cm² en la etapa vegetativa y 1351 cm² en la etapa reproductiva (Fig. 1). Sin embargo, en la etapa vegetativa no se observan cambios significativos en las plantas que fueron sometidas a condiciones limitantes de agua (20% respecto a CC) en comparación con las que no están en condiciones limitantes (60% respecto a CC), lo cual indica que en la etapa V4 las plantas tienen la misma capacidad fotosintética y por lo tanto un crecimiento y desarrollo similar.

En cuanto a las cantidades generadas de biomasa (Fig. 2) en la etapa R6 se generaron mayores cantidades de biomasa 17.33 g, en ambas condiciones de agua, tanto limitantes como no limitantes, esto puede atribuirse a que, en condiciones limitantes de agua, la planta desarrolla una raíz más grande en busca de recurso hídrico, desarrolla un follaje menor, lo cual es consistente con los resultados obtenidos en la figura 1, pero una raíz mucho más grande. En la etapa V4 los resultados obtenidos no

muestran cambios significativos ($P \leq .05$) en ambas condiciones de agua.

La mayor altura de la planta (Fig. 3) se produjo en la etapa R6 y en condiciones no limitantes de agua (60%) con 143 cm, significativamente mayor ($p < 0.05$) al tratamiento sometido a una condición limitante de agua (20%), 59 cm, lo cual es consistente con la altura de dosel (Figura 4) y también corresponde al mayor número de entrenudos generados (Figura 5). En la etapa V4 a diferencia de la

etapa R6 no se observan cambios significativos en ambas condiciones de agua (20% y 60%) lo cual es consistente con los resultados obtenidos de área foliar (Figura 1), lo cual indica que las plantas en esta etapa mantienen un crecimiento y desarrollo similar bajo condiciones limitantes y no limitantes de agua, 20% y 60%, respectivamente. La altura de la planta está relacionada con un mayor rendimiento del cultivo.

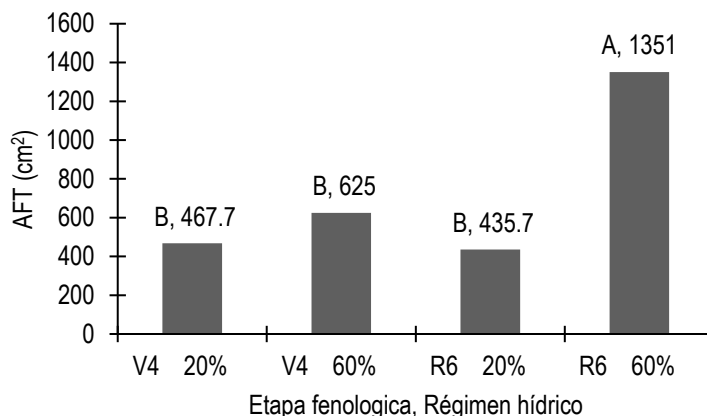


Fig.1. Área foliar total (cm²) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($P < 0.05$).

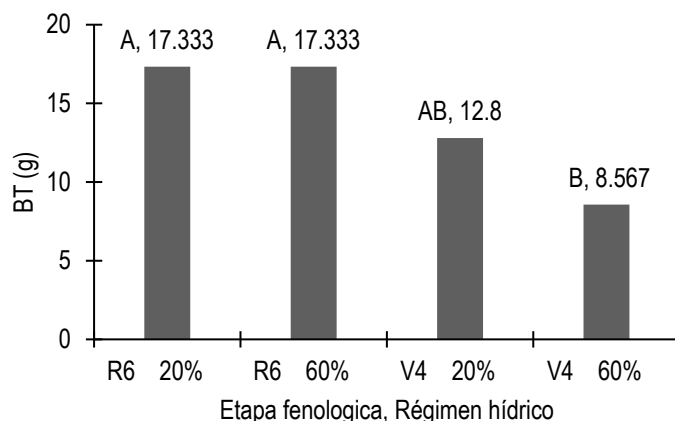


Fig. 2. Biomasa total (g) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma son estadísticamente iguales Tukey ($P < 0.05$).

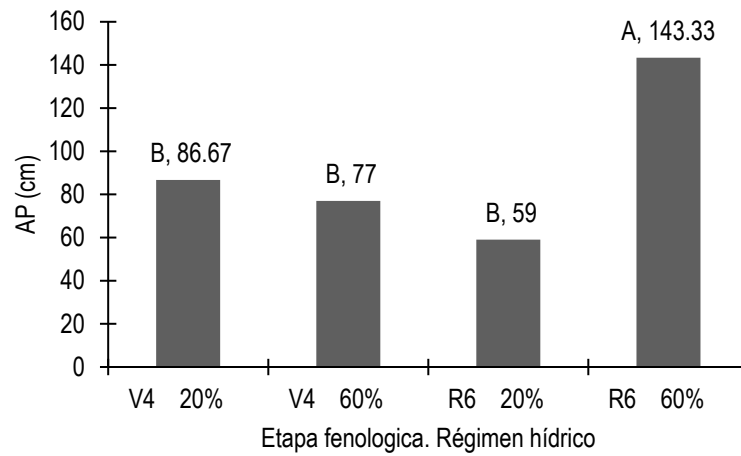


Fig. 3.- Altura de la planta (cm) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales Tukey ($P < 0.05$).

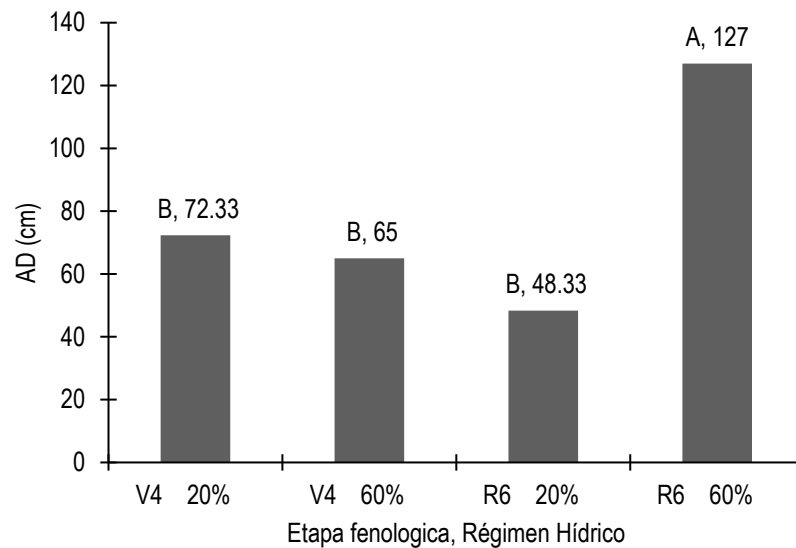


Fig. 4. Altura de dosel (cm) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales Tukey ($P < 0.05$).

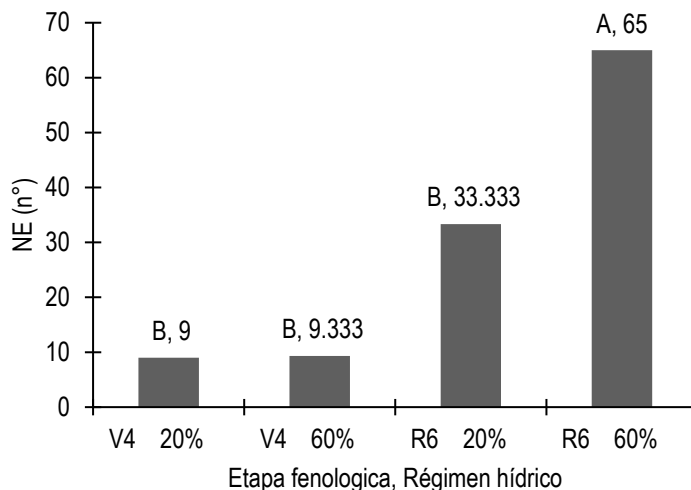


Fig. 5. Entrenados (n°) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales Tukey ($P < 0.05$).

Respecto al CRA en hoja (Fig. 6) en la etapa vegetativa, no se observan cambios significativos ($p < 0.05$) tanto en condiciones limitantes como no limitantes de agua, 20% y 60% respectivamente, lo que indica que *P. lunatus* es capaz de mantener la turgencia y una asimilación de CO_2 constante en esta etapa, ocurre lo contrario en la etapa

R6, el CRA disminuye significativamente conforme disminuye el recurso hídrico, de 94% a 83%, lo que indica que en esta etapa *P. lunatus* ya no mantiene el mismo nivel de hidratación en las células y es posible que pierda más agua en procesos como la transpiración.

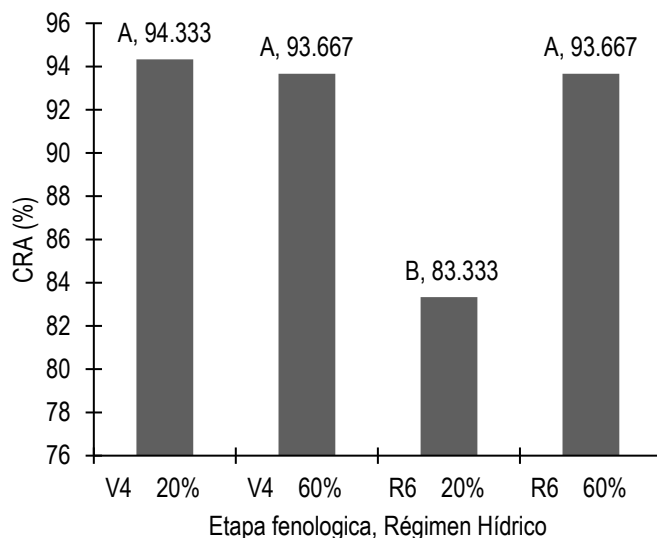


Fig. 6. Contenido relativo de agua (CRA) en etapas fenológicas V4 y R6, régimen hídrico 20% y 60%. Frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). Valores con la misma letra dentro de hileras de promedios son estadísticamente iguales Tukey ($P < 0.05$).

4. Conclusiones

Los cambios más significativos se presentaron en la etapa reproductiva en todos los parámetros medidos, pero ocurre lo contrario en la etapa vegetativa, que demostró ser la etapa con mayor actividad y donde *P. lunatus* demuestra que es capaz de adaptarse a las condiciones limitantes de agua especialmente en el CRA en hoja ya que mantiene sus niveles de hidratación en las hojas aun en condiciones limitantes de agua, en cuanto al área foliar *P. lunatus* se mantiene sin cambios significativos durante esta etapa. Una mayor área foliar conduce a una mayor fotosíntesis y en última instancia a un mejor rendimiento, también genera una producción mayor de biomasa, mayor altura de la planta, mayor dosel y número de entrenudos, lo cual es consistente con otros trabajos ya reportados. Se observa que *P. lunatus* posee mecanismos que le permiten adaptarse a las condiciones limitantes de agua, especialmente en la etapa con mayor actividad, la etapa vegetativa, sin embargo, se necesitan más estudios que permitan dilucidar estos mecanismos de respuesta ya que es urgente desarrollar estrategias destinadas a producir alimentos nutritivos en escenarios de cambio climático, incluida la identificación de

genotipos ricos en nutrientes esenciales con características que promuevan la salud incluso cuando se cultivan con suministros de agua subóptimos.

Referencias

- FIRA. . (2022). Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama agroalimentario. Frijol 2022, 1-23.
- Gutierrez-Benicio, G.M. Ramírez-Pimentel, J.G. Acosta-Gallegos, J.A. Aguirre-Mancilla, C.L. Raya-Perez, J.C. et al. (2016). Identification of a set of genes from genotypes of common bean tolerant and susceptible to water stress for a macroarray-based selection strategy. *Biologia plantarum*, 496-504.
- Kimani, P.N. Naresh Kumar, S. Harit, R.C. Kumar, Y. (2023). Physiological Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Varying Temperature and Irrigation Regimes. *Legume Research- An International Journal*, 584-591
- Ruiz-Nieto, J.E. (2015). Factores genéticos asociados al uso eficiente del agua en frijol. *Celaya*.
- Taoufik, A.& Chedly, A. (2021). Biochemical responses of digitaria commutata and cenchrus ciliaris to water stress: antioxidative reactions, proline and soluble sugars accumulation. *Bioagro*, 171-180

SEGURIDAD ALIMENTARIA

AVANCES Y PERSPECTIVAS DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

María Victoria Rodríguez García^{1*} y Laura Isabel Pérez García²

Resumen

Diversos estudios han confirmado el uso de recubrimientos comestibles como una de las tecnologías con mayor potencial para mejorar la calidad y seguridad de los alimentos frescos o mínimamente procesados. Tecnología que ha contribuido a prolongar la vida de los alimentos. Estos recubrimientos están formulados a partir de carbohidratos, proteínas o de ciertos materiales con propiedades físicas y mecánicas que se asemejan poco a pocas de su tamaño; además, funcionan como barreras bioactivas debido a su actividad antimicrobiana, protección a la luz UV y visible, y conservan también la estabilidad de antioxidantes, lo que contribuye a la mejora del producto. Se llevó a cabo una revisión de literatura científica seguido de una síntesis de la información para analizar el alcance que estos recubrimientos pudieran tener al emplearse en alimentos.

Palabras claves:

Recubrimientos comestibles, productos alimenticios, ingredientes activos, barreras, vida útil, propiedades.

Abstract

Several studies have confirmed the use of edible coatings as one of the technologies with the greatest potential to improve the quality and safety of fresh or minimally processed foods. Technology that has contributed to prolonging the life of food. The coatings are composed of carbohydrates, proteins or some materials with physical and mechanical properties similar to non-biodegradable packaging, even functioning as bioactive barriers with antimicrobial activity, protection against UV rays and visible light, and are also capable to maintaining stability of antioxidants, which contributes to improving the characteristics of the product. A review of the scientific literature was carried out followed by a synthesis of the information to analyze the scope that these coatings could have when used in foods.

Key words:

Edible coatings, food products, active ingredients, barriers, shelf life, sensory, properties.

¹Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

²Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km.8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

*Autor de correspondencia: maria.rg@roque.tecnm.mx

1. Introducción

Actualmente, el consumidor exige la comodidad de los alimentos envasados con las características nutrimentales, fisicoquímicas y fitoquímicas de los productos frescos. A su vez, los productos frescos son sensibles al deterioro causado por la acción de microorganismos, de factores fisicoquímicos ambientales y por la actividad biológica en el propio alimento. Así, en condiciones de competencia del mercado, la industria alimentaria moderna está animada a garantizar la integridad de la calidad de los productos desarrollando nuevas tecnologías de envasado. Sin embargo, se debe considerar el obtener no solo alimentos de alta calidad, sino también de textura, sabor y/o aroma, valor nutritivo y seguridad. Los envases empleados en la industria alimentaria han provocado el aumento en la contaminación del ambiente (Olivas & Barbosa-Cánovas, 2009).

Los materiales de recubrimiento, en los últimos años, han sido un área de enfoque para muchas tecnologías que han intentado extender la vida útil del alimento, así como asegurar la calidad y la seguridad de ellos. De allí que la tecnología de recubrimientos comestibles, haya constituido una alternativa viable, ya que forma una barrera protectora que conserva las propiedades de calidad, fresca, así como de descomposición lenta de los productos frescos o mínimamente procesados, empleando biopolímeros que están involucrados en funciones estructurales, enzimas y nutrientes. Los recubrimientos biocomestibles pueden estar formados de carbohidratos complejos como almidón, almidones modificados, celulosa y quitina; lípidos como cera y aceites vegetales; proteínas como caseína, gelatina y zeína; agentes antioxidantes y agentes antibacterianos, además de otros agentes bioactivos, se plastificantes y agentes hidrofóbicos. (Caiza-Calderón, 2023; Vargas, 2008; Lin & Zhao, 2007; Siracusa, 2009; Ceylan, 2023; Muhamad, 2023; Durai, 2023; Gull, 2023; Kaur, 2023).

Los productos frescos son fácilmente susceptibles a la descomposición, debido a microorganismos. Por lo tanto, una nueva generación de revestimientos comestibles ha sido desarrollada específicamente para permitir la introducción de antimicrobianos naturales que pueden emplearse de manera eficiente. En los estudios llevados a cabo para determinar si estos revestimientos serían eficaces para proteger los alimentos de la putrefacción microbiológica, la pérdida de agua, la oxidación y la infección, la respuesta fue favorable. Diversos alimentos, ya sean frutas, hortalizas, carnes, mariscos, panadería, pastelería, lácteos, entre otros, han experimentado

resultados significativamente mejores a través de su uso. (Vargas, 2008; Bourtoom, 2008; Falguera, 2011; Arredondo-Ochoa, 2012; Caiza-Calderón, 2023).

El objetivo de este trabajo es evaluar el estado actual y los avances en los recubrimientos comestibles para los alimentos y las bases productivas para la conservación. Para ello, revisó la información científica y técnica reciente con el fin de explicar las clases de materiales que se han empleado para la formación de recubrimientos y el papel de las sustancias protectoras. Además de la revisión de literatura, se estudiarán los procedimientos y describirán los procesos existentes para la aplicación de recubrimientos comestibles a alimentos por técnicas como la inmersión, la aspersión, la electrohidrodinámica y la deposición de capa fina (Gosh, 2022; Amir (2022).

2. Metodología

Se analizaron bases de datos electrónicas de literatura científica, como Scopus y Google Scholar, para obtener información sobre el tema de interés. Mediante búsquedas combinadas con palabras clave y frases relacionadas con recubrimiento comestible de alimentos, la ciencia y la aplicación de recubrimiento comestible, y la tecnología alimentaria, entre otras, se llevó a la obtención de información detallada.

Además, se consideraron las referencias de los artículos y revisiones encontradas en la primera búsqueda que parecían relevantes. Se exploraron y extrajeron los datos de los artículos seleccionados, incluidos los autores, año de publicación, objetivo del estudio, metodología, resultados principales y conclusiones relevantes. Se realizaron análisis de contenido para proporcionar un resumen sobre los desarrollos más relevantes y las nuevas perspectivas. Se escribió una narrativa sistemática de los hallazgos de los artículos seleccionados con el objetivo de presentar una síntesis de cómo han sido los desarrollos y las tendencias futuras en lo que respecta a la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos. Todo el proceso garantizó que la información se presentara en un orden lógico, con subtemas o categorías comprensivas y con claridad.

3. Resultados

Silva et al., 2023, afirman que los recubrimientos comestibles contienen materiales seguros para su consumo, como son los polisacáridos, lípidos, proteínas y otros compuestos naturales. Asimismo, los autores indican que los materiales cuidadosamente seleccionados se utilizan para obtener propiedades

estructurales necesarias, como resistencia mecánica, función de barrera contra la humedad, y gases como oxígeno y dióxido de carbono, y función antimicrobiana. Una de las funciones esenciales que cumplen los recubrimientos comestibles es la capacidad de formar una barrera física entre el alimento y el ambiente. En un estudio realizado por Gomes et al., 2023, se menciona que las barreras se utilizan para evitar la pérdida de humedad, la oxidación, el intercambio de gases y la degradación de los nutrientes, lo que prolonga la vida útil del producto. Asimismo, la barrera protege contra la aparición de agentes externos, como son la contaminación microbiana, las enzimas y el deterioro físico. Los recubrimientos comestibles se pueden obtener por diferentes métodos. Ejemplos comunes de aplicación incluyen la inmersión, el rociado y la pulverización. Cada uno de los métodos presentados anteriormente posee sus ventajas, desventajas y la elección específica depende de las características del alimento, así como del recubrimiento utilizado. Por ejemplo, la uniformidad de cobertura, la acción adaptable y la alteración de las propiedades sensoriales.

La inmersión es otro método de aplicación común de recubrimientos en alimentos. Lan et al., describen el proceso de inmersión como uno en el que los alimentos son sumergidos en una solución de recubrimiento para adherir el recubrimiento a la superficie del alimento. La inmersión es efectiva para una cobertura rápida y uniforme que ha sido utilizada en productos como carne, verduras y frutas. Sin embargo, el grosor uniforme es imposible de alcanzar en productos de forma irregular. Otra forma de aplicación es la pulverización, que implica rociar una solución o suspensión del recubrimiento en los alimentos. Es común en la industria de la panadería y confitería. El estudio de Gull et al., (2023) describe que el método de vacío y presurización consiste en sumergir los alimentos en una solución de recubrimiento antes de pasar los alimentos sucintamente a través de un ciclo de vacío y presión. Los alimentos entran en este ciclo una vez antes de la cobertura. El recubrimiento penetra aún más o más efectivamente la superficie de este alimento y aumenta su poder de unión. Este método se utiliza en productos cárnicos con el objetivo de aumentar su capacidad de retener el agua y prevenir la pérdida de humedad en el almacenamiento y la cocción. Por último, hay diversos métodos por la impresión emergente, como la impresión por inyección de tinta y la deposición electrostática o de capa fina. Estas tecnologías emergentes han avanzado en la etapa en la que la película o el polvo se aplican secos sin que se requieran

las soluciones en las que disolverlos. Estas innovaciones han llevado a la implementación exitosa del recubrimiento en una variedad de alimentos y de aplicarse a lo largo de la cadena de suministro.

Asimismo, cabe notar que los recubrimientos comestibles no solamente aportan beneficios en términos de protección y conservación, sino que también pueden mejorar aspectos sensoriales de los alimentos, tales como la textura, el color, el sabor y la apariencia visual. Es por ello que se debería hallar un equilibrio entre la funcionalidad y la afectación de las propiedades organolépticas de los alimentos en cuestión. Por ejemplo, al aplicar un recubrimiento de quitosano mediante inmersión en manzanas, se logró disminuir su tasa de deshidratación y microbiológica, lo que aumentó su duración y frescura, así como su atractivo visual en un 30 % en comparación con las que no se recubrieron. De igual manera, el uso de un recubrimiento pulverizado de almidón de maíz modificado en el pan mejora su textura, retención de humedad y prolonga la frescura del producto hasta 5 días, lo que le confiere una miga más suave y una corteza más crujiente a la de los panes no recubiertos (Cakmak, 2023 y Caiza-Calderón, 2023). Por otro lado, el avance en ciencia y tecnología ha permitido el surgimiento de nuevos materiales y técnicas de fabricación que poseen propiedades mejoradas y una aplicación más eficiente. Se ha prestado especial atención a la adición de agentes antimicrobianos, antioxidantes o bioactivos, así como al uso de la nanotecnología para perfeccionar las propiedades de barrera y mecánicas. (Ghosh, 2023, Tabassum, 2023 y Hosseini, 2023)

De igual manera, Arredondo-Ochoa, citando las películas comestibles obtenidas a partir de almidones modificados incorporando cera de abeja como agente hidrofóbico, ya había informado que cuando este sistema se incorpora como componente lipídico en recubrimientos comestibles a base de almidones, el resultado consiste en algunos componentes lipídicos, almidón modificado acetilado-entrecruzado y oxidado como componente mayoritario de la matriz estructural de un empaque comestible, originando recubrimientos con buenas características visuales y mecánicas. Asimismo, al agregar cera de abeja como agente hidrófobo, se presentan buenas propiedades de barrera al vapor de agua y al oxígeno y menor solubilidad en películas comestibles, lo cual es una buena alternativa para incrementar el tiempo de almacenamiento de productos frescos. Por lo demás, los almidones modificados no modifican las propiedades físicas o de barrera sin afectar las películas comestibles

y estos almidones pueden ser aplicables en el desarrollo de recubrimientos comestibles para productos alimenticios específicos. Lo anterior da evidencia de que, con la incorporación de los antimicrobianos como arginato láurico y natamicina, hay inhibición total del deteriorador *Botrytis cinerea* ATCC 12481.

Los ingredientes activos que se utilizan en la fabricación de recubrimientos comestibles incluyen biopolímeros, lípidos y proteínas y, además, algunos agentes antimicrobianos y antioxidantes, agentes quelantes y componentes bioactivos. Todos estos componentes mencionados anteriormente son esenciales en la formulación de recubrimientos comestibles.

4. Conclusiones

Los recubrimientos comestibles son una tecnología muy versátil y prometedora en la industria de los alimentos, que se pueden utilizar en un rango de productos de alimentos muy amplio. En consecuencia, son una herramienta muy valiosa en el arsenal destinado a mejorar la calidad y seguridad de los productos alimenticios. Por ejemplo, pueden aumentar la vida útil del producto y, a veces, la propia estabilidad específica de los atributos sensoriales. (Arredondo-Ochoa, 2012; Silva, 2023; Zhou, 2023; Huang, 2023; Allegra et al., 2023; Kaur, 2024; Kupervaser, 2023)

Esto también se puede aplicar a la reducción del desperdicio de alimentos y a la creciente solicitud de los consumidores para satisfacer el mercado con productos atractivos, seguros y saludables. Además, el método de aplicación es la inmersión, que también es el más efectivo, preciso y económico. Ingredientes comunes, como quitosano, almidón modificado, gomas y extractos naturales, se han probado con éxito para adquirir propiedades antioxidantes y antimicrobianas, o para decirlo de otra manera, reducir la oxidación y la descomposición. Sin embargo, es necesaria más experimentación y formulaciones innovadoras para obtener los beneficios completos de esta tecnología. (Kupervaser, 2023; Such, 2023)

Referencias

- Allegra, A., Inglese, P., Farina, V. Effects of xanthan gum and calcium ascorbate treatments on color and nutritional quality of fresh cut pear fruit. *Acta Hort.* 2023 Apr;(1364):351–8.
- Amir M, Bano N, Zaheer M.R, Haq T, Roohi. (2022). Impact of Biodegradable Packaging Materials on Food Quality: A Sustainable Approach. In: *Biodegradable Materials and Their Applications*. Wiley; p. 627–52.
- Arredondo-Ochoa, T. (2012). Diseño de empaques comestibles activos a base de almidón modificado para su posible aplicación en alimentos en fresco. Tesis MC. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México.
- Arredondo-Ochoa, T. (2018). Diseño y caracterización de una nanoemulsión antimicrobiana a Base de almidón y cera de abeja para su uso como recubrimiento Comestible". Tesis PhD. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Qro. México.
- Bourtoom, T. (2008) *Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties*. *International Food Research Journal*, 15, 237-248.
- Caiza-Calderón, E.F. (2023). Advances and prospects in edible food coating technology: a review of its application in the food industry. ISSN electrónico 2773-7608. *Revista Científica Agropecuaria*. Vol. 4 No.1 Pág. 15-26.
- Cakmak, H., Ilyasoglu-Buyukkestelli, H., Sogut E, Ozyurt, V.H. (2023). Review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocoll Heal*:100131
- Ceylan, H.G.; Atasoy AF. (2023). New Bioactive Edible Packing Systems: Synbiotic Edible Films/Coatings as Carriers of Probiotics and Prebiotics. *Food Bioprocess Technol.* 16(7):1413–28.
- Durai P.N, Kumar B.S, Mahesh G, Lakshmanakanth P. (2023). Investigation of Mechanical and Dynamic. *Mechanical Properties of Sisal, Jute and Banana Peduncle Fibre Composite Materials*. 10(4):214–22.
- Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A. y Ibarz, A. (2011). Edible films and coating structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science and Technology*. 22(6): 292-303.
- Ghosh M, Singh A.K. (2022). Potential of engineered nanostructured biopolymer based coatings for perishable fruits with Coronavirus safety perspectives. *Prog Org Coatings*. ;163:106632.
- Gomes, B.A.F., Alexandre, A.C.S., de Andrade, G.A.V, et al. (2023). Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook. *Food Chem Adv.*; 2:100304.

- Gull, A, Masoodi F.A, Masoodi L., Gani A., Muzaffar S. (2023). Effect of sodium alginate coatings enriched with α -tocopherol on quality of fresh walnut kernels. *Food Chem Adv.* 2:100169.
- Hosseini S.F, Mousavi Z, McClements D.J. (2023) Beeswax: A review on the recent progress in the development of superhydrophobic films/coatings and their applications in fruits preservation. *Food Chem.* 424:136404.
- Kaur J, Singh J, Rasane P, Gupta P, Kaur S, Sharma N, et al. Natural additives as active components in edible films and coatings. *Food Biosci.* 53:102689.
- Kulawik, P., Jamroz, E., Janik M, Tkaczewska J, Krzyściak P, et al. (2023). Antimicrobial and antioxidant properties of chitosan-furcellaran-gelatin hydrolysate coatings enhanced with bioactive peptides. *Food control.* 153:109931.
- Kupervaser, M.G., Traffano-Schiffo M.V., Dellamea M.L., Flores S.K., Sosa C.A. (2023). Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: a review. *Food Hydrocoll Heal.* 4:100138.
- Lan, X., Zhang X., Wang L., Wang H., Hu Z., Ju X., et al. (2023). A review of food preservation based on zein: The perspective from application types of coating and film. *Food Chem.* 424:136403.
- Lin, D. & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 6(3): 60-71.
- Muhamad N., Soontornnon Sinchai P., Tansom U. (2023). Banana peel as bioremediation agent in textile dyes decolorization for wastewater management. *Biochem Syst Ecol.* 106:104582.
- Olivas, G.I. & Barbosa-Cánovas, G. (2009). Edible films and coatings for fruit and vegetables. En: Milda E. Embuscado y Kerry C. Huber (Ed.). *Edible films and coatings for food applications.* Springer, New York. p. 211-244.
- Rasool, F., Zahoor, I., Ayoub, W.S. (2023). Formulation and characterization of natural almond gum as an edible coating source for enhancing the shelf life of fresh cut pineapple slices. *Food Chem Adv.* 3:100366.
- Rentería-Ortega, M., Colin-Alvarez, M. de L., Gaona-Sanchez, VA, Chalapud, M.C, Garcia-Hernandez A.B., et al. (2023). Characterization and Applications of the Pectin Extracted from the Peel of *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. *Membranes (Basel).* 13(9):797.
- Silva, V.D.M, Neris dos, A., Macedo, M.C.C., Rodrigues, C.G. (2023). Physicochemical evaluation of coated and interleaved cheeses with films of ripe banana peel and starch enriched with extract of loquat leaves. *Food Chem Adv.* 2:100276.
- Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S. & Dalla-Rosa, M. (2009). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology.* 19:634-643.
- Such A., Wisła-Swider A., Węsierska E., Nowak E., Szatkowski P. et al. (2023). Edible chitosan-alginate based coatings enriched with turmeric and oregano additives: Formulation, antimicrobial and non-cytotoxic properties. *Food Chem.* 426:136662.
- Tabassum N., Aftab R.A., Yousuf O., Ahmad S., Zaidi S. (2023). Application of nanoemulsion based edible coating on fresh-cut papaya. *J Food Eng.* 355:111579.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, J.D. & González-Martínez, C. (2008). Recent advances in edible coating for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 48(6): 496-511.
- Yam K., Takhistov P. & Miltz J. (2005). Intelligent packaging: Concepts and applications. *Journal of Food Science.* 70: 1-9
- Yu R., Song H., Chen Y., Shi N., Shen H., Shi P., et al. (2023). Incorporation of ascorbic acid and L-cysteine in sodium carboxymethyl cellulose coating delays color deterioration and extends the shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* var. *angustata*). *Postharvest Biol Technol.* 204:112419
- Zhou Y., Liu R., Zhou C., Gao Z., Gu Y., et al. (2023). Dynamically crosslinked chitosan/cellulose nanofiber based films integrated with γ -cyclodextrin/ curcumin inclusion complex as multifunctional packaging materials for perishable fruit. *Food Hydrocoll.* 144:108996.

SEGURIDAD ALIMENTARIA

EFFECTO DESINFECTANTE DEL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO SOBRE EL VIRUS RUGOSO DEL TOMATE (ToBRFV) EN CAJAS DE TOMATE

María Guadalupe Acosta Acosta¹, Laura Isabel Pérez García^{2*}, María Victoria Rodríguez García³, Erika Ramos Ojeda¹.

Resumen

El virus rugoso del tomate (ToBRFV por sus siglas en inglés), es un tobamovirus que ataca a los cultivos hortícolas y ornamentales mundialmente, se transmite a través de la semilla y de manera mecánica, y puede permanecer estable durante días, meses o años. Su aparición llevo a los productores a incorporar planes de inocuidad para evitar su propagación, ya que aún no existe un producto que lo erradique de manera definitiva, por lo cual es de suma importancia mantenerlo bajo control. Una revisión a la bibliografía demostró eficacia de hipoclorito de sodio al 13%, ácido benzoico al 4% y peróxido de hidrógeno 6% como desinfectantes. Este proyecto está enfocado a la implementación de un desinfectante en cajas transportadoras de tomate, para evitar la contaminación cruzada. Las pruebas de PCR demostraron que el peróxido de hidrógeno tiene un efecto positivo en la desinfección.

Palabras claves:

Tomabovirus, tomate, desinfección, peróxido de hidrógeno

Abstract

Tomato rugose virus (ToBRFV) is a tobamovirus that attacks horticultural and ornamental crops worldwide. It is transmitted through seeds and mechanically and can remain stable for days, months, or years. Its appearance led producers to incorporate safety plans to prevent its spread. Since there is still no product that definitively eradicates it, it is of the utmost importance to keep it under control. A review of the literature demonstrated the effectiveness of 13% sodium hypochlorite, 4% benzoic acid, and 6% hydrogen peroxide as disinfectants. This project is focused on implementing a safety protocol using these disinfectants in tomato transport baskets to avoid cross-contamination. PCR tests showed that hydrogen peroxide has a positive effect on disinfection.

Key words

Tomabovirus, tomato, disinfection, Hydrogen peroxide

¹Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km. 8, Celaya, Guanajuato C.P. 38110, México.

²Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km. 8, Celaya, Guanajuato C.P. 38110, México.

³Departamento de Ciencias Agronómicas, Tecnológico Nacional de México en Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, Km. 8, Celaya, Guanajuato C.P. 38110, México.

*Autor de correspondencia: laura.pg@roque.tecnm.mx

1. Introducción

En 2014, en Israel se notificó la presencia de un nuevo virus del género Tobamovirus en plantaciones de tomate, al cual se le llamó Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) y en México de manera coloquial se le ha conocido como "virus rugoso". Se ha reportado ya su presencia en cultivos de tomate en Alemania, Italia, Estados Unidos, Holanda, España (Yan et al., 2021) y desde 2018 también en México (Cambrón-Crisantos et al., 2019). Durante el periodo de 2014 a 2018 México importó más de 3 toneladas de semillas de tomate, chile y otras solanáceas provenientes de Israel, esto posiblemente contribuyó a la diseminación del virus (INTAGRI, 2019; Cambrón y col. 2018).

En septiembre de 2018, se detectó por primera vez ToBRFV en 8 viveros de tomates (*Solanum lycopersicum*)

y *Capsicum sp.* en el municipio de Yurécuaro, Michoacán. La identificación fue confirmada por RT-PCR y secuenciación. Se reportaron síntomas en frutos con coloración amarilla, manchas verdes, malformación de frutos, estriado verde, manchas irregulares color marrón, hojas con mosaicos y moteado amarillento. El virus también fue detectado en octubre de 2018 en el estado de Guanajuato. Entre los síntomas que se observan, destaca una apariencia rugosa extrema, necrosis del pedúnculo y cáliz, hojas amarillas, tallos y hojas secas y manchas amarillas en los frutos como se puede observar en la Figura 1 (incisos a,b,c y d ejemplos de tomates infectados de diferentes variedades). La enfermedad afecta principalmente la calidad del tomate y no representa ningún riesgo para el consumo humano (Nolasco y col. 2020).

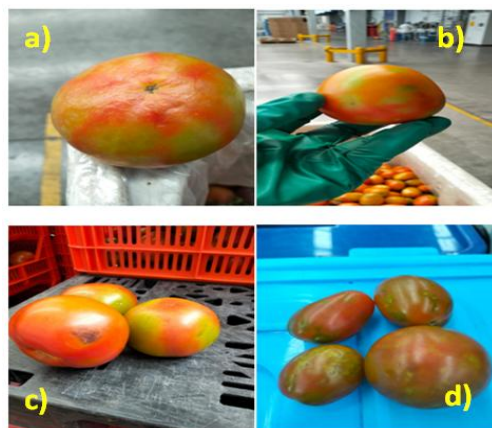


Fig.1. Tomates con presencia de virus ToBRFV. a) tomate bola con rugosidad, b) tomate saladette con coloración anormal, c) tomate bola con manchas cafés y coloración anormal y d) tomate cherry y campari con manchas amarillas.

Actualmente no hay desinfectantes específicos para atacar este tipo de virus, sin embargo, se han buscado alternativas para controlarlo los que más se utilizan actualmente son hipoclorito de sodio, ácido benzoico y peróxido de hidrógeno (Zamora-Macorra et al., 2023). Es imprescindible elegir un desinfectante que sea realmente eficaz en la eliminación del virus en un corto espacio de tiempo, idealmente no superior a un minuto para no retrasar las labores a realizar.

2. Metodología

La investigación se llevó a cabo en un invernadero de la ciudad de Cortazar, Guanajuato. Debido a la importancia

de la enfermedad y a la transmisión mecánica, se ubicaron tomates saladette, bola, cherry y campari con síntomas sospechosos a ToBRFV de manera visual y se pusieron en contacto con cajas transportadoras (SENASICA, 2018).

A partir de cajas infectadas, se probó la eficacia de tres desinfectantes: hipoclorito de sodio al 13%, ácido benzoico al 4% y peróxido de hidrógeno 6% y un control (sin desinfectante). Con un hisopo estéril se tomaron muestras por triplicado de cada caja tratada con los desinfectantes a la concentración antes mencionada y se enviaron a analizar por la técnica de RT-PCR para determinar la positivos o negativos al virus ToBRFV (Magaña-Álvarez et al., 2021).

3. Resultados

En la tabla 1 se muestran los resultados positivos o negativos al virus después de haber sido tratada las cajas

con los desinfectantes. Se muestra que la desinfección con hipoclorito de sodio al 13% no es suficiente para evitar que el virus siga presente en las cajas.

Tabla 1. Resultados positivos o negativos a ToBRFV

	Control	Hipoclorito de sodio 13%	Ácido benzoico 4%	Peróxido de hidrógeno 6%
Detección del Virus	+	+	-	-

Las cajas tratadas con ácido benzoico se considera efectivo cuando se usa a una concentración del 4% en la desinfección de material contaminado por el virus. Con el peróxido de hidrógeno mostró la ausencia de ToBRFV, además en la literatura muestra que también tiene aplicaciones durante el cultivo, en la desinfección de agua y superficies.

4. Conclusiones

Se eligió el uso de peróxido de hidrógeno al 6% para la implementación en el proceso de desinfección, principalmente la elección se basó, a parte de su eficacia, en parámetros relacionados con la economía y seguridad laboral haciendo hincapié en su baja fitotoxicidad, escaso coste y baja corrosividad.

Referencias

Cambrón-Crisantos, J.M., Rodríguez-Mendoza, J., Valencia-Luna, J.B., Alcasio Rangel, S., García-Ávila, C.D.J., et al. (2019). First report of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) in Michoacan, Mexico. *Revista mexicana de fitopatología*, 37(1), 185-192..

INTAGRI (2019). Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. Tomato Brown Rugose Fruit Virus "ToBRFV". Serie Fitosanidad Núm 121. Artículos técnicos de INTAGRI. México.

Magaña-Álvarez, A.A., Pérez-Brito, D., Vargas-Hernández, B.Y., Ramírez-Pool, J.A., Núñez-Muñoz, L.A., et al. (2021). Detection of tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) in solanaceous plants in Mexico. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128, 1627-1635.

Nolasco L.I.; Marín J.L.; Ruíz J.E. y Hernández J. (2020). Métodos de identificación del virus de la fruta rugosa marrón del tomate (ToBRFV) en México. *Revista Agronomía Mesoamericana*. 31(3):835-844

SENASICA (2018). Consideraciones Regulatorias en Torno al virus rugoso del tomate. Dirección general de sanidad vegetal. México.

Yan, Z.Y., Zhao, M.S., Liu, L.Z., Yang, G.L., Chao, G.E.N.G., et al. (2021). Biological and molecular characterization of tomato brown rugose fruit virus and development of quadruplex RT-PCR detection. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(7), 1871-1879.

Zamora-Macorra, E.J., Ochoa-Martínez, D.L., Chavarín-Camacho, C.Y., Hammond, R.W., & Aviña-Padilla, K. (2023). ToBRFV Mexican strain: Seed transmission rate, efficacy of seed disinfection treatment, and rapid sensitive detection in seed lots.