

BIOSECURITY SYSTEM FOR QUALITY AND REDUCTION VIVIPARISM CHAYOTES EXPORT

Cadena Íñiguez, Jorge ¹; Arevalo Galarza, María Lourdes ¹; Olgún Hernández, Gildardo ²; Morales Flores, Francisco Javier ¹; Trejo Téllez, Brenda Inocencia ¹; Ruiz Vera, Víctor Manuel ¹

¹ COLEGIO DE POSTGRADUADOS, ² Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C.

The chayote (*S. edule*), is a vegetable export marketed USA and Canada. It is harvested by hand and susceptible to friction, rolling, oxidation and manipulation during the selection and packaging, quality and reducing microbial load increases risk of transmission of gastrointestinal diseases. A constraint on varieties of chayote is viviparismo (germination) that reduces its shelf life and is commercially punished. The result recorded high rate of transpiration, which encourages condensation on the packaging fungal growth. Equipment for the treatment and packaging of fruits was designed by a classifier, cleaning equipment, disinfection by ozonated water, waxing and UV emission. The machine registered as a utility model allows continuous flow pack large amounts of fruit without damage, maintains quality and prevents falls from ramps, bearing friction, and accelerates the selection by avoiding quality losses. Ultraviolet light (1, 3 and 5 kJ m⁻²) reduced viviparismo and fruit weight loss compared to the control without affecting biochemical qualities. Fruits washed with ozonated water had less weight loss and reduced incidence of pathogenic blister showing superior quality compared to untreated fruits.

Keywords: Safety; Nostalgic product; Biosafe equipment

SISTEMA DE BIOSEGURIDAD PARA LA CALIDAD DE CHAYOTES Y REDUCCIÓN DE VIVIPARISMO PARA EXPORTACIÓN

El chayote (*Sechium edule*), es una hortaliza de exportación comercializada a Estados Unidos de América y Canadá. Se cosecha manualmente y es susceptible a fricción, rodamiento, oxidación y manipulación durante la selección y empaque, que reduce calidad y aumenta carga microbiológica con riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales. Una limitante en variedades de chayote es el viviparismo (germinación) que reduce su vida de anaquel y es castigado comercialmente. El fruto registra alta tasa de transpiración, cuya condensación en el empaque propicia proliferación de hongos. Se diseñó un equipo para el tratamiento y empaque de frutos mediante un clasificador, equipo de limpieza, desinfección mediante agua ozonificada, aplicación de cera y emisión de rayos UV. El equipo registrado como Modelo de Utilidad permite empacar en flujo continuo grandes cantidades de fruto sin daño, mantiene la calidad y evita caídas entre rampas, rodamiento, fricción, y acelera la selección por calidades evitando pérdidas. La luz ultravioleta (1, 3 y 5 kJ m⁻²) redujo el viviparismo y pérdida de peso en frutos comparados con el testigo sin afectar cualidades bioquímicas. Frutos lavados con agua ozonificada tuvieron menores pérdidas de peso y redujeron incidencia de ampolla patógena mostrando calidad superior respecto a frutos sin tratar.

Palabras clave: Inocuidad; Producto; Nostálgico; Equipos bioseguros

Correspondencia: Jorge Cadena Íñiguez - jocadena@gmail.com

Agradecimientos: Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas

1. Introducción

El chayote [(*Sechium edule* (Jacq.) Sw.)], es un producto no tradicional de exportación de México y Centroamérica hacia Norteamérica, cuyo uso principal es el alimentario. Además de la raíz, hojas y puntas tiernas de las guías, el fruto en madurez hortícola o fisiológicamente maduro es el órgano principal de consumo como verdura (Lira-Saade, 1996; Cadena-Iñiguez et al., 2007). Esta especie presenta amplia variación en la forma y color de frutos. La importancia económica de cada variedad de chayote se basa en la preferencia local. Los chayotes se han clasificado en tres grandes grupos: los blancos, verdes y espinosos. El sabor y consistencia es otra cualidad importante, por ejemplo, los hay de sabor simple o neutro (mucho agua en la pulpa y poca fibra), ligeramente dulces como los amarillos (en estado fisiológicamente maduro) y los amargos (Cadena-Iñiguez et al., 2007). La consistencia “seca” o “camotuda” (almidonosa) y “estropajuda” (fibrosa) del fruto, son otras características usadas tradicionalmente, y se relacionan con la cocción o uso alimentario, es decir, hervidos con sal, en dulce, en guisos caldosos (sopas), para comer en frío o asado a semejanza de papas. Su consumo es principalmente como verdura en crudo para ensaladas, hervido, en dulce, papilla, asado o en la elaboración de bebidas. Su uso incluye además, la elaboración de pasteles, y en la dieta hospitalaria de pacientes debido a sus características nutrimentales (Juárez, 2006). Actualmente, la comercialización a gran escala de chayote en México y Centroamérica, recae en dos variedades: el verde liso y el verde espinoso, cuyos destinos principales son Estados Unidos de América y Canadá.

1.1. Calidad

La calidad de una hortaliza como el chayote radica en su grado de excelencia para un uso determinado y depende de características sensoriales tales como, apariencia, textura, sabor y aroma, pero también por el valor nutritivo dado por los constituyentes químicos, sus propiedades mecánicas y daños. La calidad del fruto está fuertemente influenciada por su alto contenido de agua, color y la ocurrencia de la germinación de la semilla dentro del fruto en madurez hortícola (Aung *et al.*, 1996), así como la incidencia de enfermedades que pueden ser causa de rechazo en el mercado destino. El chayote se cosecha manualmente debido a su alta susceptibilidad a la fricción, rodamiento y oxidación, con la consecuente pérdida de calidad. Esta constante manipulación durante la selección y empaque, afecta directamente la calidad microbiológica del producto, pudiendo incrementar el riesgo de que los frutos transmitan enfermedades gastrointestinales al consumidor. Aunado a lo anterior, un problema que enfrentan las variedades de chayote es el viviparismo, es decir la germinación de la semilla que reduce la vida de anaquel de los frutos y que es severamente castigado en el mercado destino. El fruto de chayote presenta además alta tasa de transpiración, por lo que es común la presencia de agua condensada en el empaque, que propicia la proliferación de enfermedades. Esta incidencia, es otra causa de rechazo en la comercialización de las variedades de chayote tales como, la vejiga o ampolla causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, antracnosis causada por *C. orbiculare*, moho púrpura-rojizo causado por *Fusarium* spp., moho blanco provocada por *Phytophthora capsici* y la pudrición ácida provocada por *Geotrichum* spp., (Alvarado, Saénz y Valverde, 1989; Juárez, 2006; Olgún, 2010). Con base en lo anterior, Se diseñó y evaluó un equipo para el tratamiento y empaque de frutos de chayote con el fin de reducir la carga microbiológica en frutos de chayote para exportación, y asegurar la calidad, sanidad y reducir el viviparismo.

2. Metodología

Como primera fase, se diseñó y fabricó un equipo para el tratamiento y empaque de frutos de las variedades de chayote consistente en un clasificador, un equipo de limpieza, un equipo para desinfección mediante agua ozonificada, equipos que aplican una capa de cera y emisión de rayos UV para reducir la incidencia de viviparismo. Debido a las características particulares del fruto de chayote, fue necesario establecer un dispositivo que permitiera el empaque en tren de flujo continuo para manejar grandes cantidades, que evitara daños al fruto y mantuviera su calidad, evitando caídas entre rampas, rodamiento y fricción. Lo anterior fue relevante considerando que cada contenedor exportable consta de 60,000 frutos, y un empaque para 35 ha de producción debe empaquetar al menos 4.5 contenedores diarios. Como segunda fase para evidenciar la taxonomía y patogenicidad de los microorganismos que afectan los frutos de chayote, así como, comprobar su control mediante la máquina de tratamiento, se realizaron las siguientes acciones.

2.1. Aislamiento y purificación de los hongos asociados

Se manejaron 20 frutos de chayote que presentaban síntomas de enfermedad, colocándolos en cámara húmeda durante 10 días para acentuar los síntomas. Posteriormente se cortaron trozos pequeños del fruto, tomando tejido enfermo con tejido sano del mismo, los trozos fueron cortados de la parte media y en la parte basal del fruto. Los trozos de tejido se lavaron con hipoclorito de sodio (3%) por dos minutos, en seguida se enjuagaron los cortes con agua destilada estéril tres veces. Después de ello, los cortes se secaron en sanita estéril y se colocaron los cortes en cajas petri con medio de cultivo Papa dextrosa-agar (PDA) e incubaron en condiciones de temperatura ambiente ($18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) por cinco días. Después de esto, se aislaron individualmente los hongos en caja petri en medio PDA y en medio agua-agar (AA) dejando crecer a temperatura ambiente por cinco días. Posteriormente se hicieron puntas de hifa para verificar que el hongo en crecimiento estuviera purificado y obtener un cultivo monospórico o monoconidial. Para la obtención del cultivo monoconidial, de las puntas de hifa se aisló cultivo en caja petri con medio PDA. Para la conservación de este, se sembró en tubos de ensayo con medio PDA cubiertos con aceite mineral estéril.

2.2. Pruebas de Patogenicidad

Las pruebas de patogenicidad o postulados de Koch se realizaron en frutos sanos seleccionados, los cuales fueron desinfectados con hipoclorito de sodio (1.5 %), con la finalidad de eliminar microorganismos ajenos a estas pruebas. Se realizaron cinco repeticiones por cada cultivo monospórico obtenido de la fase anterior. Posteriormente los frutos se colocaron en cámaras húmedas las cuales se prepararon en recipientes previamente desinfectados con alcohol (70%), sanitas esterilizadas, así como, una malla que evitaba el contacto directo del fruto con la sanita húmeda. Los frutos se colocaron en la cámara por 24 horas antes de ser inoculados con el fin de que las células estomáticas del fruto estuvieran abiertas y se produjera mejor recepción del inóculo. Para la obtener el inóculo, se realizó un raspado del cultivo monoconidial y licuó con 50 mL^{-1} de agua destilada esterilizada y contó la concentración de unidades formadoras de colonias (UFC) con ayuda de un hematocitómetro. El conteo se realizó colocando una gota del inóculo en el margen del cubreobjetos (utilizando también una gota de humectante Tween 80® para una mejor distribución), se dejaron asentar las esporas durante un minuto y se observó al microscopio

esperando que la distribución fuera uniforme, procediendo a contar cada una de las esporas. Sumando el total de las unidades formadoras de colonias se utilizaron las fórmulas:

Esporas pequeñas: No. de esporas contadas x 50 = No. de esporas/mm³; No. de esporas/mm³ x 1000= No. de esporas/ml.

Mientras que para esporas grandes se aplicó: **No. de esporas contadas x 2000= No. de esporas/ml. La concentración que requerida para las pruebas de patogenicidad fue de 1 x 10⁶ UFC en cada una de las muestras.**

Una vez obtenida la concentración de UFC, se procedió a inocular los frutos asperjando el inóculo en cinco repeticiones por cada cepa, incubándolos por 12 días.

2.3. Identificación de hongos

La caracterización molecular, se realizó a través de la extracción de ADN, sembrando hifas de cada cepa obtenida en medio PD (Papa Dextrosa) incubadas por 12 días en agitación constante a 1.5 rpm, a temperatura ambiente para extraer su ADN por el método AP. En un tubo de micro centrifuga se adicionaron los reactivos: Buffer PCR 1x, MgCl₂ 1.5mM, dNTPs 200μM, ITS´4 20 pM, ITS´5 20pM, Taq DNA Pol 1.25 u, muestra de ADN de 50-100 nM y agua de PCR hasta completar 50 μl; siendo los iniciadores universales el ITS´4 y el ITS´5. Una vez completada la mezcla se procedió a meter las muestras al termociclador bajo las siguientes condiciones: para desnaturalización inicial un ciclo de cinco minutos a 95 °C, para anillamiento 30 ciclos de un min a 55 °C, para extensión 30 ciclos de un min a 72 °C y para extensión final un ciclo de 12 min a 72 °C. Concluido el proceso en el termociclador las muestras amplificadas fueron visualizadas en un gel de agarosa (1.5 %) en TBE utilizando un marcador molecular de 100 pares de bases (pb). La electroforesis se realizó primeramente a 20 Volts por cinco minutos y posteriormente a 80 Volts por 35 minutos. Trascurrido el tiempo se observó el gel bajo luz ultravioleta utilizando un foto documentador UVP®. El producto PCR se limpió utilizando el kit Wizard® SV Gel and PCR Clean-Up System. Una vez limpio el ADN se volvió a correr en gel agarosa al 1.5 %. Las muestras se llevaron a secuenciar a la Unidad de Biología Molecular del Instituto de Fisiología Celular de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Para su comprobación morfológica, se revisaron en microscopía electrónica, procesando las muestras en glutaraldehído (2.5%) en amortiguador de fosfatos Sorensen's por 24 horas. Posteriormente las muestras fueron enjuagadas con amortiguador de fosfatos tres veces por cinco minutos cada una. El proceso de deshidratación de las muestras, se realizó con etanol por cambios de 45 minutos en concentraciones graduales desde 30% hasta 100%. Las muestras se secaron en una secadora de punto crítico modelo Samdri-780A. Una vez seco el material se colocó en un portamuestras metálico con cinta doble adhesiva de carbón recubriendo el material con oro por cuatro minutos para la ionización. Las muestras fueron observadas y fotografiadas en el microscopio electrónico de barrido modelo Jeol JSM 6390 en la unidad de microscopía electrónica en el Colegio de Posgraduados.

3. Resultados

Se diseñó y evaluó un equipo de lavado, secado, encerado y desinfectado de flujo continuo consistente en un clasificador, un equipo de limpieza, equipo para desinfección mediante agua ozonificada, equipos que aplican capa de cera y otro de emisión de rayos UV para reducir incidencia de viviparismo y carga microbiológica. Se registró como Modelo de Utilidad (Patente), resaltando que permite el empaque de grandes cantidades de fruto sin daño en un tren de flujo continuo, mantiene la calidad y evita caída entre rampas, rodamiento, fricción, acelera la selección y empaque por calidades y reduce pérdidas por manejo rudo. La evaluación de la luz ultravioleta (1, 3 y 5 kJ m⁻²) y agua ozonificada frutos de chayote, registraron reducción del viviparismo por el efecto de la luz UV-C y menor pérdida de peso en frutos lavados e irradiados con 1 kJ m⁻² comparados con el testigo, si afectar sus cualidades bioquímicas (sólidos solubles °Brix), sin embargo, dosis mayores a 3 kJ m⁻² provocaron quemaduras. Frutos lavados con agua ozonificada tuvieron menores pérdidas de peso además de reducir la incidencia de ampolla mostrando calidad superior respecto a frutos testigo (Figura 1, 2,3).

Figura 1. A: síntomas causados en frutos de chayote por *Fusarium oxysporum*. D: Micrografía de microscopio electrónico de barrido a 2200X de macroconidios. E: Micrografía de una clamidospora de *F. oxysporum* a 3000X.

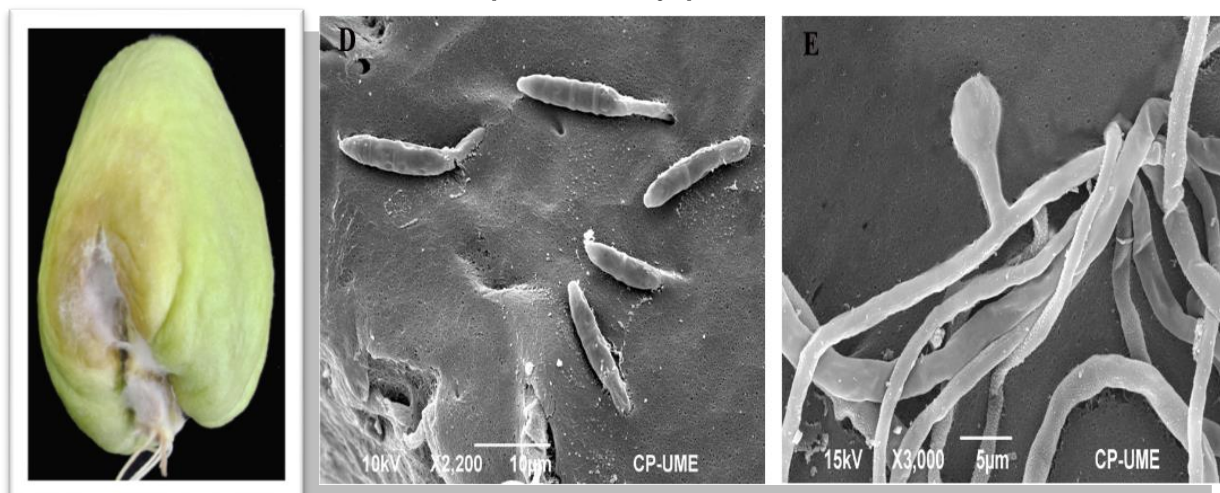


Figura 2. A: Síntomas causados en frutos de chayote por *Fusarium solani*. F-G: Micrografías de microscopio electrónico de barrido a 500X y 3000X de un conidióforo de *F. solani*.

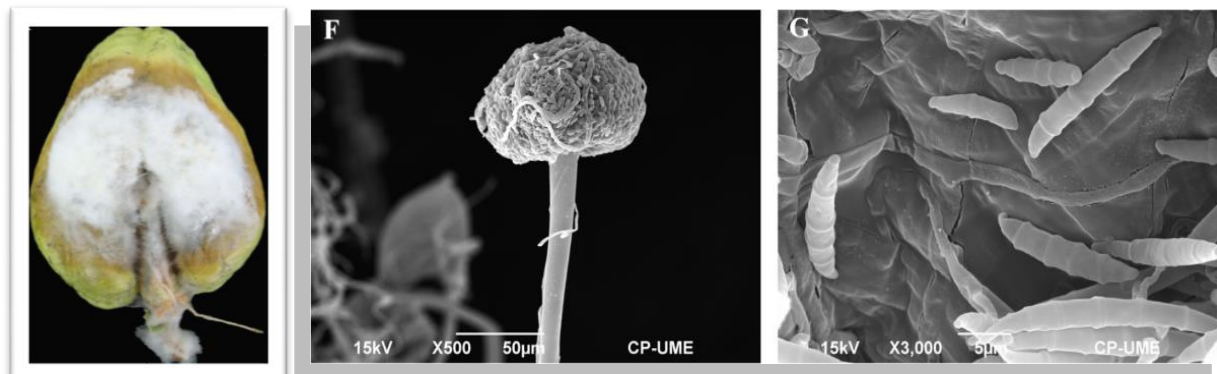
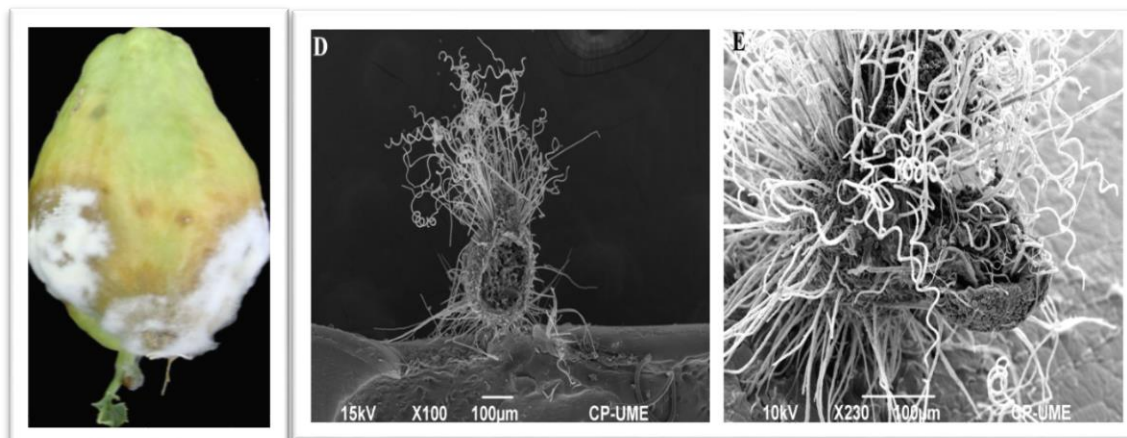


Figura 3 A: Síntomas causados en frutos de chayote por *Chaetomium globosum*. D-E: Micrografías de microscopio electrónico de barrido a 100X y 230X de ascomas de *C. globosum*.



3.1. Descripción del equipo de bioseguridad

La presente invención se refiere a un sistema de bioseguridad como una máquina lineal para el tratamiento de frutos en madurez hortícola de las diferentes variedades de chayote; es una máquina lineal con un tren de flujo continuo, la cual utiliza una banda lisa sin rodillos para la transportación de frutos de chayote a través de diferentes módulos, cada uno de los cuáles desempeña una función específica. De esta manera, el primer módulo, en donde los frutos de chayote son vertidos en la banda lisa sin rodillos posterior a su recolección en campo, los transporta hacia una zona de lavado con un dispositivo de dispersión de agua ozonificada, que comprende una pluralidad de 23 boquillas distribuidos de forma alternada tres hileras de cinco boquillas y dos hileras de cuatro boquillas (3) alimentadas a través de un tubo de policloruro de vinilo (PVC) de 3/4" (4).

El agua ozonificada se genera por un sistema independiente productor de ozono en concentración de $2-3 \text{ mg kg}^{-1}$ y se conecta a través de tubos de PVC a la máquina de la presente invención, el agua ozonificada se distribuye a través de las boquillas de lavado, con la finalidad de eliminar basura y microorganismos de la epidermis, tales como hongos y bacterias totales. El agua es bombeada desde un pequeño recipiente con tres rejillas móviles con malla de luz de 1 a 10 mm para eliminar residuos finos (algas, plásticos, hierbas, hojas, ramas, etc.) que se abastece de la tina colocada en la parte inferior del módulo. La banda lisa sin rodillos (1), su función es evitar rozaduras a los frutos de chayote durante la selección y transporte hacia un módulo de pre-secado, ya que a diferencia de las bandas tradicionales de rodillos, ésta evita que los frutos giren y se generen fricciones entre ellos, lo que afectaría la calidad del fruto.

En la parte superior corre otra banda donde se colocan los frutos que no reúnen los requisitos de calidad, conectada a otra banda a 45° con otro módulo paralelo donde se seleccionan los frutos de 2ª y 3ª calidad. El tercer módulo de pre-secado, presenta dos ventiladores de caracol o fuele colocados y soportados en la parte superior del módulo, que arrojan aire a temperatura ambiente a los chayotes que son transportados por la banda lisa sin rodillos para eliminar los remanentes de agua antes de pasar al módulo de encerado con un flujo aproximado de 2 m s^{-1} . Los frutos de chayote seleccionados, lavados y pre-secados, continúan por el mismo tren de flujo utilizando la misma banda lisa sin rodillos hasta alcanzar el cuarto módulo (encerado), el cual comprende una

pluralidad de cuatro espreas de aplicación de cera que son alimentadas a través de un tubo que está interconectado a un depósito que contiene la emulsión de cera líquida que se envía a través de una bomba integrada en el depósito. Se cuenta con una banda en V que tiene la función de conectar el tercer y quinto módulo, ya que el cuarto módulo funciona de forma independiente con motor. En la presente invención se utilizan ceras de grado alimentario y se aplican con el propósito de reemplazar las ceras naturales removidas en el lavado, el paso del fruto de chayote a través de este módulo tiene como objetivos reducir transpiración y consecuentemente pérdidas de peso, al sellar los estomas de la piel del fruto, así como, atenuar imperfecciones físicas (pequeñas ralladuras, golpes) por manejo, y mantener o mejorar la apariencia. La cera para aplicar en frutos de chayote presenta un contenido de sólidos menor al 10%, y por las características que brinda la presente invención, no se aplica fungicida de origen sintético u otro a la cera. Detrás de las espreas y por encima de la banda, se encuentran dos esponjas suaves en forma de rodillos que permiten el terminado de aplicación a la parte de los frutos de chayote que no reciben directamente el recubrimiento.

Para secar la emulsión de cera, los frutos son llevados, a través de la banda hacia un quinto módulo el cual consiste en un panel con resistencia eléctrica que hace la función de horno integrado a la cadena para calentar el aire a una temperatura de entre 25 °C y 30°C, soportada por una rejilla, donde el aire es enviado por el ventilador vertical para acelerar el secado de la cera. Los frutos encerados se empaquetan manualmente en forma individual con envolturas de polietileno transparente, o papel encerado los cuales tienen cinco perforaciones por lado y siguen su paso hacia el último módulo.

El sexto módulo, consiste en un panel en donde se encuentran colocadas tres lámparas de aplicación UV-C (radiación electromagnética), sobre la banda, que actúan como germicidas que aplican una dosis de entre 0.5 a 5 KJ m⁻² (dependiendo de la variedad de chayote) por tiempos no mayores a dos minutos; la distancia entre las lámparas y el producto debe ser no menor a 60 cm, y dosis mayores a las indicadas provocan senescencia acelerada del producto; el módulo es cerrado con el fin de proteger a los operadores de la incidencia de rayos UV-C (254 nm). Asimismo, debajo de dicho panel se encuentra una banda transportadora la cual presenta una pluralidad de huecos de tamaño y forma tal que permiten colocar de forma inversa el fruto empaquetado (exponiendo la parte distal de germinación) sin que éste caiga o se maltrate, y permite aplicar una dosis adecuada de radiación en la parte distal del fruto. La banda en V presente, al igual que en el caso del cuarto módulo, puentea el quinto módulo y la banda final del empaque.

El equipo fue SIBIOREVI, fue fabricado y evaluado para se registró como Modelo de Utilidad ante el Instituto mexicano de la propiedad industrial: Dirección Divisional de Patentes: Expediente: MX/u/2013/000160; Fecha: 5/ABR/2013; Hora: 10:35:28; Folio: MX/E/2013/024858, y la patente fue otorgada el 8 abril 2015 (Figura 4 A y B).

Figura 4. A: Sistema de bioseguridad para reducir daños físicos y carga microbiológica en frutos de chayote procedente de campo. B: Diseño del equipo mostrando cada módulo del tren de flujo continuo que lava con agua azonificada, seca, encera, seca y desinfecta con luz UV.



4. Discusión

Se reconoce que la innovación es producto de un Sistema de Innovación; y el sistema de innovación agroalimentario es el conjunto de actores o participantes, interacciones y políticas que contribuyen a la creación, disseminación, desarrollo y adopción de tecnologías e innovaciones que pueden mejorar o fortalecer la productividad, la competitividad, la sustentabilidad y la equidad en el sector (Deschamps, 2012). El Plan Nacional de Desarrollo en México (PND, 2013-2018), establece las metas de las políticas públicas, asimismo las acciones para alcanzarlas y precisa indicadores que permitirán medir los avances; y en relación con la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico para la innovación, se debe considerar cada objetivo, estrategia y línea de acción con sus indicadores, por ejemplo: una hectárea de chayote produce al año 136 t ha^{-1} , sin embargo, de cada tonelada de fruta, cerca de 25% se pierde por contaminación de campo y durante la selección manual en el empaque, lo cual representa una pérdida de 1.7 contenedores de exportación de 20 t cada uno, equivalente a USD\$102,000 considerando el valor final de venta. Lo anterior aplicado a huertas exportadoras sin la tecnología SIBIOREVI, y considerando módulos de 35 ha^{-1} , se han registrado pérdida de USD\$ 3'570,000 anualmente; considerando además del aspecto económico, el riesgo de bloqueo al producto en frontera, al no alcanzar la certificación necesaria, y pérdida de un nicho de mercado donde México es Líder. Con la aplicación del SIBIOREVI en productoras de chayote, se ha obtenido una calificación sobresaliente (96.12 superior) otorgado por Primus GFS™, al empaque de Agroexportadora JV, en Huatusco, Veracruz, México, que le permite enviar contenedores de chayote a Estados Unidos y Canadá por un año. La Tabla 1, indica como el SIBIOREVI impacta en indicadores de política pública partiendo de que es una investigación que gradúa en master, genera una tecnología, concede una patente y eleva la productividad, bioseguridad y competitividad en los mercados externos a México.

Tabla 1. Pertinencia y conciliación de la innovación con impactos e indicadores de políticas públicas que inciden en la productividad, bioseguridad y competitividad en México.

Innovación	Impacto	Indicador General	Indicador Específico
Equipo de manejo Postcosecha	Reducción de riesgos microbiológicos, mejores prácticas de empaque y calidad sostenida, Certificado internacional anual	Ciencia y Tecnología Económico Ambiental	Innovación e Investigación, Recursos financieros, Actividad económica, sector Agropecuario
Registro Modelo de utilidad SIVIOREBI® (patente)	innovación e investigación	Ciencia y Tecnología	Registros y Patentes solicitadas y concedidas, Establecimientos certificados. Competitividad; Bioseguridad
Nuevos mercados: Presentación de producto final	USA, Canadá, Norte de México	Económico	Comercio exterior, Exportación, Agricultura
Investigación participativa	Talentos formados: Licenciatura, Maestría y Doctorado	Ciencia y Tecnología	Recursos humanos, Egresado Master

4.1. Bioseguridad

México ocupa el tercer lugar mundial como exportador de frutos y hortalizas, después de China y España, y aporta una de cada diez toneladas comercializadas en el mundo (SIAP, 2013). Sin embargo la presencia de patógenos en los alimentos (*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., entre otras) causa las ETA's (Enfermedades Transmitidas por los Alimentos) y es una razón frecuente para el rechazo de productos, provocando problemas económicos y de salud pública muy graves (Berger *et al.*, 2010). Esto obliga a los productores agrícolas a reforzar sus sistemas de control, así como a adoptar y vigilar estrategias de control de la inocuidad basadas en el riesgo de contaminación. El equipo SIBIOREVI integra dos elementos eficientes en el control de microorganismos patógenos, el ozono cuya efectividad se basa en su poder oxidativo y daño a las membranas celulares de los microorganismos (Palou *et al.*, 2007) y la radiación ultravioleta (UV, 254 nm) que rompe los enlaces del DNA, retrasando su reproducción o muerte celular (Wright *et al.*, 2000). Con este sistema de bioseguridad aparte de mejorar la apariencia de los frutos por la aplicación de la cera, se reduce la incidencia de viviparismo (germinación de la semilla) y se asegura la inocuidad.

5. Conclusiones

El equipo registrado como Modelo de Utilidad permite empacar en flujo continuo grandes cantidades de fruto sin daño, mantiene la calidad y evita caídas entre rampas, rodamiento, fricción, y acelera la selección por calidades evitando pérdidas. La luz ultravioleta (1, 3 y 5 kJ m⁻²) redujó viviparismo y pérdida de peso en frutos comparados con el testigo sin afectar cualidades

bioquímicas. Frutos lavados con agua ozonificada tuvieron menores pérdidas de peso y redujeron incidencia de patógenos mostrando calidad superior respecto a frutos sin tratar.

6. Bibliografía

- Alvarado, S., Sáenz, M.V., Valverde, E. (1989). Evaluación de tratamientos postcosecha para la preservación de frutos de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Costarricense* 13, 35-43.
- Aung LH, Harris CM, RIJ RE, Brown JW (1996) Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* SW. *Journal Horticultural Science* 71, 297-304
- Berger C.N., Sodha V.S., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P., Frankel G. (2010). Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12 (9): 2385–2397
- Cadena-Iñiguez, J., Ruiz-Posada, L.M., Trejo-López, C., Sánchez-García, P., Aguirre-Medina, J.F. (2001). Regulación del intercambio de gases y relaciones hídricas en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). *Revista Chapingo Serie horticultura*. 7(1): 21-35
- Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, L., Avendaño-Arrazate, C.H., Soto-Hernández, M., Ruiz-Posadas, L.M., Santiago-Osorio, E., Acosta-ramos, M., Cisneros-Solano, V.M., Aguirre-Medina, J.F., Ochoa-Martínez, D. (2007). Production, Genetics, Postharvest Management and Pharmacological Characteristics of *Sechium edule* (Jacq.) Sw. *Global Science Books* 1:41-53.
- Cadena-Iñiguez, J., Arévalo-Galarza, L. (2008). Rescatando y aprovechando los recursos fitogenéticos de Mesoamérica. Montecillo Texcoco, Estado de México. 16p
- Deschamps, S.L. (2012). Respuestas a los nuevos retos en el sector agroalimentario. *Innovagro*. In: OECD. Improving Agricultural Knowledge and Innovation Systems. OECD Conference Proceedings. Pp. 91-104.
- Juárez, M.K. (2006). Diagnóstico de enfermedades del Chayote (*Sechium edule* (Jacq) Sw) en postcosecha en Coscomatepec Veracruz, México. Tesis profesional Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Lira-Saade, R. (1996). Chayote. *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops, vol. 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 57 pp.
- Olguín, H.G. (2010). Identificación y caracterización morfológica, cultural y molecular de hongos asociados a *Sechium edule* (Jacq.) Sw. en México. Tesis profesional Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Palou, L., Smilanick, J.L., Margosan, D.A. (2007). Ozone applications for sanitation and control of postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. In: *Recent Advances in Alternative Postharvest Technologies to Control Fungal Diseases in Fruits and Vegetables*, Troncoso, R.R., Tiznado, H.M., González, L.A. Transworld Research Network. Mexico. pp. 39-70.
- SIAP. (2013). Hortalizas, Legumbres y frutos en las exportaciones mexicanas. Informe Octubre 21, 2013. Número 18. México.: <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/018-e.html> (19 de mayo del 2016)
- Valverde, E., Cordero, A., Flores, E., González, W., Pacheco, R., Salazar, L., Vargas, E. (1986). Incremento de la exportación y alimentación Costarricense a través del mejoramiento del cultivo del chayote. CONICIT, Costa Rica.
- Valverde, E., Sáenz, M.V., Vargas, E. (1989). Estudios preliminares sobre la conservación de la fruta de chayote (*Sechium edule*) después de la cosecha. *Agronomía Costarricense* 13, 25–33.

Wright, J.R., Sumner, S.S., Hackney, C.R., Pierson, M.D., Zoeklein, B.W. (2000). Efficacy of ultraviolet light for reducing *Escherichia coli* O157:H7 in unpasteurized apple cider. *Journal of Food Protection*. 63 (5): 563–567