

Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón

Miguel Ángel Enríquez Estrella
Hernán Alberto Uvidia Cabadiana
Darwin Javier Sucoshañay Villalba
Santiago Nicolás Aguiar Novillo





© Miguel Ángel Enríquez Estrella
Hernán Alberto Uvidia Cabadiana
Darwin Javier Sucoshañay Villalba
Santiago Nicolás Aguiar Novillo

© Editorial Grupo Compás, 2025
Guayaquí, Ecuador
www.grupocompas.com
<http://repositorio.grupocompas.com>

Primera edición, 2025

ISBN: 978-9942-33-906-5

Distribución online

 Acceso abierto

Enríquez, M., Uvidia, H., Sucoshañay, D., Aguiar, S. (2025) Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón. Editorial Grupo Compás

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad de la publicación. El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Prólogo

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos más importantes en la agricultura de muchas regiones del mundo, incluyendo América Latina y Ecuador. Este tipo de tomate se distingue por su forma ovalada y su color rojo intenso, lo que lo hace muy atractivo para el mercado. En Ecuador, el tomate riñón no solo es un componente esencial de la dieta diaria, sino que también juega un papel crucial en la economía agrícola del país. Su versatilidad en la cocina ecuatoriana, que va desde ensaladas y salsas hasta guisos, lo convierte en un alimento básico que satisface la demanda de los consumidores tanto a nivel nacional como internacional.

La industria agroalimentaria reconoce al tomate riñón como un cultivo de alto valor, no solo por su importancia nutricional, sino también por su potencial en la exportación. Sin embargo, a pesar de su relevancia, la producción y poscosecha del tomate riñón enfrentan diversos desafíos, como la pérdida de calidad y el deterioro durante el almacenamiento y transporte. Por ello, una gestión eficiente de la poscosecha se convierte en un factor determinante para maximizar la calidad del producto, reducir pérdidas económicas y garantizar la satisfacción del consumidor.

Propósito del Libro

El propósito de este libro es proporcionar una guía completa sobre la poscosecha del tomate riñón, abordando los procesos, técnicas y gestión necesarios para mantener la calidad de este producto desde su cosecha hasta su comercialización. A través de una revisión exhaustiva de las mejores prácticas y la implementación de tecnologías adecuadas, se busca equipar a los productores, técnicos y estudiantes del sector agrícola con las herramientas necesarias para optimizar la producción y comercialización del tomate riñón.

Enfoque Práctico para Productores, Técnicos y Estudiantes del Sector Agrícola

Este libro está diseñado con un enfoque práctico que se adapta a las necesidades de diferentes grupos de interés en el sector agroalimentario. Para los productores, se ofrecerán directrices claras sobre cómo implementar buenas prácticas de cosecha, manipulación y almacenamiento, garantizando así la calidad del tomate riñón a lo largo de toda la cadena de suministro. Los técnicos

encontrarán información técnica que les permitirá entender y aplicar las innovaciones en el manejo poscosecha, mejorando así la eficiencia de los procesos agrícolas.

Por otro lado, los estudiantes del sector agrícola podrán acceder a un recurso académico valioso que integra teoría y práctica, facilitando su comprensión de los desafíos y oportunidades en la poscosecha del tomate riñón. Este libro también pretende fomentar un enfoque sostenible en la producción y manejo de este cultivo, promoviendo prácticas que no solo beneficien a los agricultores, sino que también protejan el medio ambiente y contribuyan al desarrollo rural sostenible.

En resumen, "Poscosecha del Tomate Riñón: Procesos, Técnicas y Gestión para la Calidad" se erige como un recurso esencial para mejorar la competitividad del tomate riñón en el mercado, ofreciendo conocimientos prácticos que aseguran la calidad y el éxito en la industria agroalimentaria.

Índice

Prólogo	5
CAPITULO I.....	11
Características generales del Tomate riñón	11
Introducción	11
Historia del tomate y su origen.....	11
Taxonomía	12
Características del tomate riñón	14
Valor Nutricional.....	16
Beneficios del consumo de tomate riñón	16
Bioactivos en el Tomate riñón.....	17
Biodisponibilidad del Licopeno	18
Variedades de Tomate	19
Principales productores a nivel mundial y en regiones específicas.....	24
Importancia económica y nutricional del tomate riñón	26
Capítulo II	30
Cosecha del Tomate Riñón	30
Características	30
Criterios para la cosecha del tomate riñón.....	32
Métodos de cosecha: manual vs mecanizada.	33
Técnicas de manejo poscosecha en el campo	34
Factores que afectan la calidad en la cosecha	36
Estándares de clasificación según el USDA.....	37
Capítulo III.....	42
Manipulación inicial tras la cosecha.....	42
Contaminación por microorganismos	42
Eliminación de frutos dañados o defectuosos.....	43
Daños físicos.....	43
Perforaciones y heridas abiertas.....	44
Daños por presión.....	44
Método de lavado y desinfección del tomate.....	45
Pre-enfriamiento y control de temperatura.	47
Preenfriamiento	47
Control de Temperatura.....	48
Efectos Principales del Control de Temperatura.....	48

Tecnología de Refrigeración	48
Mantener temperaturas óptimas.	48
Importancia de la Temperatura en el Almacenamiento	48
Equipos y tecnologías de manipulación inicial.....	50
Aplicación exógena de ácido giberélico al tomate riñón.....	51
Manejo de las enfermedades poscosecha	52
Prácticas sanitarias para la reducción de microorganismos	53
Capítulo IV	57
Condiciones óptimas de almacenamiento: temperatura, atmosferas controladas	57
Temperatura y su impacto en el almacenamiento	57
Influencia de la atmósfera controlada	57
Firmeza y calidad estructural	57
Contenido de sólidos solubles totales (SST)	58
Pérdida de peso y uso de recubrimientos.....	58
Tasa de respiración y contenido nutricional	58
Características del almacenamiento óptimo de los tomates.....	58
Materiales de Embalaje	58
Protección contra Daños Mecánicos	59
Higiene y Seguridad Alimentaria	59
Ventilación y Regulación Térmica	59
Reducción de Pérdida de Peso	59
Impacto en la Cadena de Suministro	60
Parámetros de calidad del tomate	60
Propiedades fisiológicas del tomate	60
Respiración	60
Pérdida de peso	61
pH.....	61
Firmeza	61
Humedad.....	61
Etileno	61
Inhibidores del etileno	62
Ethyl Fresh.....	62
Beneficios de Ethyl Fresh	62
Condiciones de Almacenamiento en Cámaras Frigoríficas.....	62
Uso de la atmosfera controlada y otros métodos de conservación en el tomate riñón	63
Importancia de las atmósferas controladas y modificadas en la conservación del tomate riñón	64
Atmosferas Controladas (AC)	64
Atmósferas Modificadas (AM).....	64

Efectos del uso de las atmósferas controladas en el tomate riñón.....	65
Efectos en la modificación de atmosferas controladas	66
Durabilidad y vida útil del tomate riñón en almacenamiento	69
Películas y Recubrimientos Comestibles para el Tomate Riñón.....	70
Uso de Películas Comestibles para Extender la Vida Útil.....	72
Importancia de los Recubrimientos en Tomates Perecederos	73
Retos Genéticos y Fisicoquímicos en la Durabilidad del Tomate	74
Impacto de la Composición Fisicoquímica en la Vida Útil.....	74
Capítulo V	78
Perdidas poscosecha del Tomate Riñón	78
Perdidas Poscosecha	78
Perdidas en Transporte	79
Perdidas en almacenamiento	79
Perdidas en comercialización	79
Calculo de la perdida poscosecha	80
Perdidas de calidad (Color, firmeza y textura).....	81
Capítulo VI	85
Análisis fisicoquímico y microbiológicos del tomate riñón.....	85
Determinación del Contenido de agua.....	85
Determinación del pH en Tomates Frescos	87
Firmeza	90
Pruebas de análisis químico del tomate riñón.....	91
Procedimiento para medir el grado Brix	91
Procedimiento Técnico para la Medición de Grados Brix.....	91
Acidez titulable.....	93
Determinación de acidez titulable	93
Producción de etileno	94
Análisis Microbiológico.....	95
Capítulo VII	98
Innovaciones y Tecnologías en la Conservación del Tomate Riñón.....	98
Aplicación de nuevas tecnologías en la conservación de tomate riñón	98
Tecnología de deshidratación.....	98
Uso de la Nanotecnología	99
Recubrimientos Nanoemulsiones para tomate Riñón	99
Tecnologías emergentes para la conservación de tomate	100
Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad (PEAI) en la Conservación del Tomate	101
Radiaciones Ionizantes en la conservación de Tomate Riñón.....	102
Ultrasonido en la conservación de tomate riñón	104
Recubrimientos Comestibles utilizados en tomates.....	105
Aplicación de Radiación y su Efecto en la Calidad del Tomate	107

Uso de Radiación Ultravioleta (UV).....	107
Aplicación de Irradiación en la Conservación	107
Uso de Atmósferas Inteligentes y Sensores de Calidad.....	108
Aplicaciones de Sensores en el Monitoreo Postcosecha	109
Evaluación en Tiempo Real de la Calidad del Tomate.....	109
Referencias bibliográficas:	114

CAPITULO I

Características generales del Tomate riñón

Introducción

Historia del tomate y su origen

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), perteneciente a la familia Solanaceae, tiene su origen silvestre en la región que abarca el norte de Chile, Perú y Ecuador. Se considera que su domesticación inicial ocurrió en México, aunque no existen registros concluyentes, y se estima que este proceso precedió la llegada de los conquistadores españoles. El término "tomate" deriva del *náhuatl* *tomatl*, aunque los aztecas lo denominaban *xītomatl*, que significa "fruto con ombligo". Introducido en Europa en el siglo XVI, probablemente llegó a Sevilla en 1540, desde donde se difundió a otros países del continente (Merchan, 2023).

Botánicamente, el tomate es una planta herbácea o arbustiva, a menudo erecta o trepadora, que puede presentar tubérculos. Sus hojas son alternas, simples o compuestas, y su inflorescencia es cimosa, con flores pentámeras, hermafroditas y actinomorfas. El fruto es una baya globosa o ligeramente comprimida, mientras que las semillas son numerosas y comprimidas (España, 2009).

La familia *Solanaceae* incluye cerca de 102 géneros y alrededor de 2,550 especies, mayormente distribuidas en las zonas tropicales y subtropicales de América del Sur. *Solanum*, el género al que pertenece el tomate, cuenta con unas 1,250-1,700 especies a nivel mundial, de las cuales 950 están presentes en América (González, et al., 2015). En la figura 1 se puede observar una descripción gráfica de la especie.

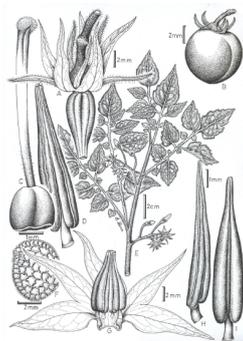


Figura 1 *Solanum lycopersicum* L. A. Flor en antésis; B. Baya; C. Gineceo; D. Antera en vista ventral; E. Rama florífera; F. Semillas; G. Corola desplegada; H.

Antera en vista lateral; l. Antera en vista dorsal. (Dibujado de S. Leiva, G. Gayoso & L.Chang 5784, HAO).

Taxonomía

El tomate conocido comúnmente como tomate riñón, es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, tanto por su valor nutricional como por su relevancia económica. Según Nuez (1999) y Tigse (2009) mencionan que la clasificación taxonómica del cultivo de tomate riñón es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Spermatophyta

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: Solanum

Especie: lycopersicum

Al tratarse de una planta arbustiva, el tomate puede desarrollarse en diferentes formas: rastrera, semierecta y/o erecta. Su crecimiento varía según la variedad, siendo limitado en las de tipo determinado e ilimitado en las de tipo indeterminado. A continuación, se describen sus principales características:

Semillas

Están compuestas por un embrión y un endospermo, rodeados por una cubierta con tricomas característicos. Su tamaño promedio es de 5 x 4 x 2 mm y presentan una forma variable que puede ser globular, ovalada, ligeramente elongada, plana o triangular con una base puntiaguda. Durante la etapa final de su desarrollo, se recubren con una sustancia gelatinosa (Jaramillo et al., 2007). Según Blancard (2011), las flores del tomate, que producen estas semillas, presentan una inflorescencia simple o ramificada con entre 5 y 8 sépalos, pétalos y estambres. En este proceso, el polen liberado por los estambres germina en el estigma, donde es transportado a través del tubo polínico hasta el ovario para fecundar los óvulos y formar las semillas.

Raíz

El sistema radicular del tomate incluye una raíz principal corta y débil, raíces secundarias numerosas y fuertes, y raíces adventicias. Externamente, está cubierto por una epidermis con tricomas absorbentes que facilitan la captación de nutrientes y agua. Internamente, contiene un cortex y un cilindro central que alberga la xilema, tejido responsable del transporte de nutrientes esenciales para el desarrollo fisiológico de la planta (InfoAgro, 2012).

Tallo

El tallo del tomate presenta un grosor entre 1 y 2 cm en su base y desarrolla hojas, ramas secundarias (ramificación simpodial) e inflorescencias. Su estructura incluye epidermis con tricomas glandulares, corteza fotosintética y colenquimática, cilindro vascular y tejido medular. En el meristemo apical, situado en la parte distal, se forman nuevos primordios foliares y florales (InfoAgro, 2012). Además, el tallo puede emitir raíces cuando entra en contacto con el suelo, una característica aprovechada en prácticas culturales como el aporque, mejorando el anclaje y la absorción de nutrientes (Jaramillo et al., 2007).

Hojas

Las hojas del tomate son compuestas e imparipinadas, formadas por folíolos dentados y glandulares en número de 7 a 9. Se disponen alternadamente a lo largo del tallo y están cubiertas por una epidermis superior e inferior sin cloroplastos. Presentan estomas abundantes en la epidermis inferior y haces vasculares prominentes, especialmente en el envés. Estas estructuras contribuyen a la fotosíntesis y a la regulación del intercambio gaseoso (Rodríguez et al., 2001; InfoAgro, 2012).

Flores

Las flores del tomate son hermafroditas, regulares e hipóginas, lo que permite su autopolinización. El pistilo está compuesto por un ovario que contiene entre 2 y 20 óvulos, dependiendo de la variedad. Estos óvulos determinan la forma del fruto resultante (Jaramillo et al., 2007).

Fruto

El fruto es una baya bi o plurilocular, cuyo peso varía entre unos pocos miligramos y 200 gramos. Está formado por el pericarpio, el tejido placentario y

las semillas. El fruto puede recolectarse con el pedúnculo floral, aunque generalmente se separa por la zona de unión al fruto (InfoAgro, 2012).

Características del tomate riñón

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos agrícolas más importantes y consumidos a nivel mundial. Su versatilidad, tanto en la dieta humana como en la industria alimentaria, lo convierte en un pilar clave para la seguridad alimentaria y la economía global. Con un consumo que supera los 182 millones de toneladas métricas anuales en todo el mundo, el tomate es esencial en la preparación de una amplia gama de productos alimenticios, desde salsas y ensaladas hasta productos procesados, como jugos y conservas (FAO, 2021).

Dentro de las diversas variedades de tomate cultivadas globalmente, el tomate riñón se distingue por sus características únicas, lo que lo ha convertido en uno de los tipos más apreciados, especialmente en mercados frescos y en la industria de conservas. Este tipo de tomate se caracteriza por su forma redondeada y ligeramente achatada, lo que le otorga un aspecto uniforme y atractivo. Su tamaño medio, que oscila entre los 70 y 100 gramos por fruto, lo diferencia de otras variedades, como el tomate cherry o el tomate pera, que son considerablemente más pequeños. Además, su piel, de color rojo brillante, es fina pero resistente, mientras que la pulpa jugosa aporta un sabor equilibrado, con una acidez moderada y una dulzura sutil, lo que lo convierte en una opción popular en la gastronomía (García et al., 2017).

A pesar de sus excelentes características organolépticas, el tomate riñón tiene una vida útil relativamente corta debido a su alta tasa de respiración y su susceptibilidad a la descomposición. Esto implica que su manejo poscosecha debe ser especialmente cuidadoso para mantener su calidad (Vargas et al., 2019).

En el contexto ecuatoriano, aproximadamente el 40 % de la producción agrícola se pierde debido a factores poscosecha, lo que se traduce en que cuatro de cada diez unidades producidas se pierden antes de llegar al mercado final (Enríquez, 2017). Esta pérdida genera un impacto significativo en la disponibilidad de alimentos y en las pérdidas económicas para los productores (Bósquez, 2008). La mayoría de las hortalizas contienen entre un 65-95 % de agua, y sus procesos vitales continúan tras la recolección. La vida poscosecha de estos productos depende del consumo de sus reservas de alimento y agua, lo que finalmente conduce a su descomposición. Las principales causas de pérdida se asocian al manejo inadecuado durante la comercialización en fresco y a factores externos como la temperatura y la humedad relativa, los cuales

afectan negativamente el deterioro fisiológico, los daños mecánicos, las enfermedades y las plagas (Chuquin y Taipe, 2014).

Según Bernal (2005), el tomate riñón es la hortaliza de mayor consumo en fresco en Ecuador, y algunas de sus variedades son altamente demandadas por las industrias conserveras que producen pastas y salsas. Un manejo adecuado del cultivo permite obtener excelentes rendimientos de producción, lo que resulta en ingresos económicos representativos para los agricultores que lo cultivan en diversas zonas del país.

Una característica adicional que resalta en el tomate riñón es su valor nutricional. Este tomate es una excelente fuente de vitamina C, un potente antioxidante que ayuda a fortalecer el sistema inmunológico y a mejorar la salud de la piel (Velez, 2020). También contiene licopeno, un fitoquímico que le da su color rojo característico y que tiene propiedades antioxidantes que se han asociado con la reducción del riesgo de ciertos tipos de cáncer, especialmente el cáncer de próstata, además, el tomate riñón es rico en fibra dietética, lo que favorece la digestión y contribuye a la salud intestinal (Waliszewski y Blasco, 2010).

Aunque el tomate riñón tiene una vida útil relativamente corta, su manejo postcosecha puede alargar su duración. Debido a su alta tasa de respiración, el tomate sigue utilizando sus reservas de energía después de la cosecha, lo que contribuye a su descomposición si no se almacena adecuadamente (Hardenburg et al., 1988). Es importante que durante el transporte y almacenamiento se controlen factores como la temperatura, la humedad relativa y la exposición al aire para evitar la pérdida de calidad y el deterioro prematuro del producto. Un manejo adecuado de la postcosecha, que incluya la refrigeración temprana y un empaque adecuado, puede ayudar a mantener la frescura del tomate riñón y prolongar su vida útil en los mercados (Enríquez, 2017).

La producción de tomate riñón en invernaderos en Ecuador comenzó a finales de los años 90 como una estrategia para mejorar la productividad de la tierra y optimizar el uso del agua. Este sistema buscó diversificar la producción agrícola, pero su adopción inicial presentó numerosos desafíos técnicos y de conocimiento entre los agricultores. Entre los problemas identificados están la baja fertilidad del suelo, la selección inadecuada de variedades, deficiencias en el manejo del riego y el control del microclima, así como la alta incidencia de plagas y enfermedades (Miller et al., 2002)

En términos de composición, los tomates de riñón contienen principalmente ácidos cítrico y málico, los cuales alcanzan su máximo nivel en el momento de la maduración total. Sin embargo, las cosechas tardías pueden afectar

negativamente el contenido de azúcar y la calidad del fruto (Ferrari & Ferreira, 2007).

Valor Nutricional

El tomate es un alimento con una composición nutricional que favorece la desintoxicación del organismo y contribuye a la prevención de diversas enfermedades. Uno de sus principales compuestos es el licopeno, el cual no solo le confiere su característico color rojo, sino que posee propiedades antioxidantes que ayudan a inhibir la proliferación de células cancerígenas en los seres humanos. El licopeno se encuentra en mayor concentración en los tomates cocidos, ya que el proceso de cocción facilita la liberación de este compuesto y mejora su absorción por el organismo (Enríquez et al, 2023). En la tabla 1 se detalla el valor nutricional del tomate.

Tabla 1 Tabla nutricional del tomate riñón

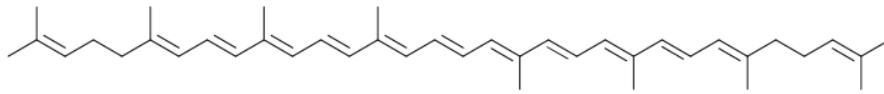
Nutriente	Cantidad/100 g
Calorías	22 kcal
Proteínas	1 g
Grasas Totales	0.11 g
Hidratos de carbono	3.5 g
Fibra	1.4 g
Agua	94 g
Minerales	
Calcio	11 mg
Hierro	0.6 mg
Magnesio	10 mg
Zinc	0.22 g
Sodio	3 mg
Potasio	290 mg
Fosforo	27 mg
Vitaminas	
Vitamina B6	0.11 mg
Vitamina C	26 mg
Vitamina E	1.2 mg

Beneficios del consumo de tomate riñón

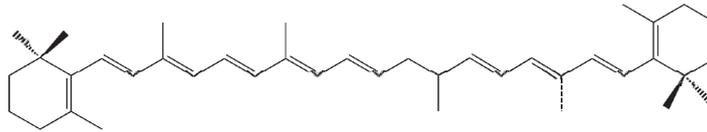
El consumo de tomate riñón ofrece una amplia gama de beneficios para la salud gracias a su perfil nutricional rico en vitaminas, minerales y fibra. Uno de los aspectos más destacados es su capacidad para combatir el estrés oxidativo, gracias a la acción combinada de las vitaminas C y E, potentes antioxidantes que ayudan a proteger las células frente al daño causado por los radicales libres. Este efecto antioxidante no solo contribuye a retrasar el envejecimiento celular, sino que también desempeña un papel crucial en la prevención de enfermedades crónicas, como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Arbonés et al., 2003). Además, el tomate riñón es un aliado esencial para la salud del corazón, ya que su elevado contenido de potasio ayuda a regular la presión arterial, favoreciendo la prevención de afecciones como la hipertensión y otras patologías cardíacas. Por otro lado, su alto contenido de agua y fibra lo convierte en un alimento ideal para quienes buscan mantener un peso saludable, ya que promueve la sensación de saciedad y, al mismo tiempo, favorece una adecuada hidratación. Asimismo, su riqueza en vitamina C fortalece el sistema inmunológico, incrementando la capacidad del organismo para resistir infecciones y enfermedades. Finalmente, la fibra presente en el tomate apoya el funcionamiento óptimo del sistema digestivo, previniendo problemas como el estreñimiento y promoviendo una digestión más eficiente. En conjunto, estos beneficios posicionan al tomate riñón como un alimento clave en una dieta equilibrada y saludable.

Bioactivos en el Tomate riñón

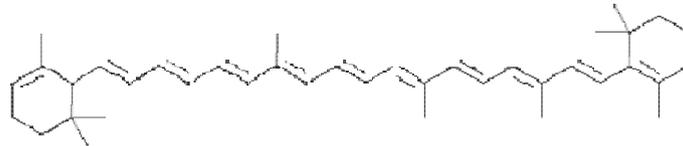
Los tomates contienen una amplia variedad de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, incluyendo carotenoides, vitamina C, compuestos fenólicos, tocoferoles y folatos. Entre los carotenoides, el licopeno destaca por sus beneficios potenciales para la salud, especialmente en la prevención de enfermedades. Los carotenoides son pigmentos naturales responsables del color de las plantas y microorganismos, y algunos, como el α -caroteno y el β -caroteno, tienen actividad provitamina A. En la naturaleza existen más de 600 carotenoides, de los cuales más de 50 se encuentran en los alimentos y se consumen en la dieta a través de diversas frutas y verduras. Los carotenoides más conocidos son el α -caroteno, β -caroteno y licopeno (Giugliano, 2000). La figura 2 indica la estructura de los carotenoides.



Licopeno



β -Caroteno



α -Caroteno

Figura 2. Estructura química del licopeno y otros carotenoides importantes.

Biodisponibilidad del Licopeno

La biodisponibilidad y absorción del licopeno son cruciales para entender sus efectos saludables. La absorción del licopeno implica su transferencia desde la matriz alimentaria a las micelas, su absorción por los enterocitos, inclusión en los quilomicrones y secreción en el plasma (Roldan-Gutiérrez y Luque de Castro, 2007). Factores como el calentamiento y la homogeneización de los alimentos mejoran la biodisponibilidad del licopeno al facilitar su liberación de las macromoléculas alimentarias (Dewanto et al., 2002; Seybold et al., 2004; Lin y Chen, 2005). La presencia de grasa en la dieta también favorece su absorción, mientras que la fibra dietética puede interferir negativamente (Boileau et al., 2002; Stahl y Sies, 1992; Gartner et al., 1997; Clark et al., 2000). El tratamiento térmico puede inducir la isomerización del licopeno, mejorando su absorción, ya que los isómeros cis son más solubles en las micelas de los ácidos biliares (Lin y Chen, 2005). Tras su absorción, el licopeno se distribuye en diversos tejidos, acumulándose en órganos específicos como testículos, glándulas adrenales, hígado y próstata (Clinton et al., 1998; Nguyen y Schwartz, 1999; Periago et al., 2001; Roldán-Gutiérrez y Luque de Castro, 2007).

Variedades de Tomate

El tomate riñón es una de las variedades de tomate más apreciadas en la industria agrícola debido a su tamaño, firmeza y versatilidad en diversas aplicaciones culinarias. Dentro de esta variedad, existen múltiples tipos que se diferencian en aspectos clave como la forma, el tamaño, la firmeza y la vida de anaquel, lo que permite su adaptación a diferentes condiciones de cultivo, ya sea en invernadero o campo abierto, y responde a diversas necesidades de mercado.

En cuanto a sus características, las variedades de tomate riñón pueden presentar formas redondeadas, achatadas o alargadas, con variaciones de peso que oscilan generalmente entre 180 y 230 gramos. Algunas variedades como Airton y Atala se destacan por su adaptabilidad y firmeza, esenciales para el transporte y la vida poscosecha. Otras, como Candela y Carolina, combinan la firmeza con una excelente calidad poscosecha y productividad, lo que las convierte en opciones ideales para los mercados que priorizan la durabilidad del producto en estantes y su aspecto visual atractivo.

Variedades como Fortuna, Tsarine, y Tamari ofrecen una gran firmeza, adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo y frutos sin hombro verde, lo cual mejora su calidad visual. Además, opciones como Miramar y Kartier son reconocidas por su calibre grande y rendimiento alto, características valoradas en mercados de alto consumo de tomate. Mientras que variedades como Shiry y Zodiac brindan una excelente vida de anaquel y resistencia a daños mecánicos, siendo óptimas para almacenamiento prolongado. En la tabla 2 se detalla las variedades de los tomates cultivados en el Ecuador.

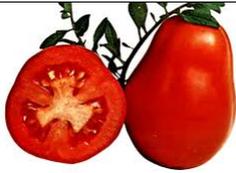
Tabla 2 Variedades de Tomate Riñón

Variedad	Características	Peso (g)	Fotografía
Airton	Híbrido indeterminado, forma redonda levemente achatada, frutas firmes y transportables.	220	
Atala	Amplio rango de adaptación, buen cuaje, frutos alargados y grandes.	200-240	

Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón

Candela	Indeterminado, vigoroso, frutos redondos ligeramente achatados, buen brillo, firmeza, larga vida	220-240	
Carolina	Planta vigorosa, frutos grandes, buena firmeza, muy productiva, excelente post cosecha	220-250	
Charleston	Indeterminado, fruto redondo achatado, rojo intenso, buen sabor.	180-200	
Cherry	Ciclo vegetativo: 90-120 días, diámetro promedio de 2-3 cm, peso	10-30	
Chonto	fruto grande, redondeado y ligeramente achatados, con color rojo intenso, buen brillo y excelente firmeza, ideales para transporte y almacenamiento. Ciclo vegetativo: 90-120 días, diámetro 8-10 cm.	180-250	
Daniela	fruto redondo, de color rojo brillante, con excelente firmeza y alta resistencia, ideal para transporte y vida poscosecha. Su ciclo vegetativo es de 130-180 días y un diámetro promedio del fruto de 6 a 8 cm.	180-230	

Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón

Dominique	Es un fruto redondo liso recomendado para la recolección a granel, con un ligero hombro verde. Ofrece una excelente producción con larga vida útil y resistencia a Nematos.	180-200	
Fortuna	Indeterminado, compacto, con buen calibre, excelente firmeza, se adapta a invernadero o campo abierto. Globoso achatado, excelente firmeza, rojo intenso, buen brillo, sin hombro verde y buenos cierres pistilar y peduncular.	200-220	
Fortaleza	Fruto redondo y liso, el diámetro del fruto es de 8 cm con un rendimiento de 7 kg/planta.	180-200	
Kartier	Híbrido indeterminado, larga vida, compacto, frutos grandes, buen calibre.	240-260	
Miramar	Híbrido de larga vida, fruto rojo intenso, calibre grande, buen rendimiento.	180-250	

Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón

Micaela	Tiene un fruto con mayor tamaño, de alta dureza, larga vida y racimos uniformes, excelente cuajado en frío, este tomate es adecuado tanto en la costa como en la sierra.	180-200	
Nemoneta	Crecimiento indeterminado, forma achatada, buena firmeza, larga vida en mostrador.	160-200	
Pietro	Larga vida, frutos grandes, buena cobertura foliar, excelente post cosecha	230-250	
Shiry	Alta germinación, plantas vigorosas, frutos grandes, excelente firmeza, vida de anaquel.	200-230	
Sheilan	Alta firmeza, planta compacta, alto rendimiento. Planta compacta con entrenudos cortos y alta uniformidad de racimo, alto cuajamiento de frutos	260	
Syta	Híbrido indeterminado, alta firmeza, frutos globosos, buena adaptación a invernadero y campo abierto	200-230	
Tamari	Híbrido indeterminado, larga vida de mostrador, tolerante al Blotchy Ripening, cultivo en invernadero o campo abierto. Fruto rojo intenso,	180-200	

Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón

	calibre de 180-200 g, redondo achatado.		
Titan	Es un fruto grande de forma redonda y color rojo intenso, con alta firmeza y excelente vida poscosecha, ideal para transporte y almacenamiento. Su ciclo vegetativo varía entre 120-150 días, diámetro de 6-8 cm.	200-240	
Tsarine	Indeterminado, larga vida, compacta, frutos firmes, buen brillo, ideal para invernadero o campo abierto.	220-240	
Torry	Indeterminado, vigoroso, compacta, frutos firmes, buen brillo	200-220	
Valentin	Planta vigorosa, muy productiva, frutos grandes, buena firmeza, excelente vida de anaquel.	230-260	
Zodiac	Indeterminado, excelente firmeza, buen cierre pistilar, vida pos cosecha.	200-230	

Yubal	Crecimiento indeterminado, vigorosa, frutas firmes y sabrosas, forma de globo, luz verde en los hombros.	140-220	
-------	--	---------	---

Principales productores a nivel mundial y en regiones específicas

Los mayores productores de tomate a nivel mundial son China, India, Turquía y Estados Unidos, con China liderando significativamente en volumen de producción, que alcanza aproximadamente 67 millones de toneladas anuales (FAO, 2023; USDA, 2022). India y Turquía siguen con producciones de 22 y 13 millones de toneladas, respectivamente. Estados Unidos, que produce alrededor de 10 millones de toneladas, se enfoca particularmente en el tomate procesado para satisfacer tanto el mercado interno como el internacional (USDA, 2022). En Europa, Italia y España también son líderes, especialmente en el mercado de productos derivados del tomate. Italia, por ejemplo, produce más de 5 millones de toneladas, muchas de las cuales se destinan a la producción de pasta y salsas (Ministerio de Agricultura de Italia, 2023).

En América Latina, México y Brasil son los mayores productores de tomate, con un enfoque particular en el tomate riñón, popular tanto para consumo fresco como para exportación. México, cuyo mercado está impulsado en gran parte por la demanda estadounidense, produce alrededor de 4 millones de toneladas de tomate al año. En este contexto, el estado de Sinaloa se destaca por sus altos volúmenes de exportación hacia Estados Unidos (SAGARPA, 2023; Rabobank, 2023). Brasil, con una producción estimada en 3 millones de toneladas, abastece tanto el mercado local como otros países latinoamericanos. En conjunto, América Latina produjo en 2023 aproximadamente 13,03 millones de toneladas de tomate, con una proyección de crecimiento anual del 3,9% (FAO, 2023; Rabobank, 2023).

El mercado de tomate en América Latina está impulsado por una combinación de factores: una creciente demanda de productos orgánicos, el uso de tecnología avanzada en invernaderos y técnicas de cultivo para mejorar la productividad. Esta tendencia responde a un cambio en los hábitos de consumo, donde los consumidores buscan productos más saludables y libres de químicos (OECD-FAO, 2023; SAGARPA, 2023). La expansión del mercado está apoyada, además, por un aumento en el valor agregado del tomate procesado, como en las salsas y los tomates en conserva, los cuales ganan popularidad en el mercado

global debido a la demanda de alimentos funcionales y listos para consumir (Rabobank, 2023; Ministerio de Agricultura de Italia, 2023). En la tabla 2 se presenta

Tabla 2 Producción Mundial de tomate riñón

País	Producción anual (millones de toneladas)	Uso principal	Exportaciones destacadas	Características notables
China	67	Fresco y procesado	Bajo volumen de exportación	Líder mundial; alto consumo interno.
India	22	Fresco y consumo local	Minimas	Alta dependencia de cultivo en campo abierto.
Turquía	13	Procesado fresco y exportación	Medio volumen a Europa	Gran parte destinada a la exportación en el mercado europeo.
Estados Unidos	10	Procesado y exportación	Mayor exportador a Canadá	Principalmente en California; alto consumo per cápita de productos procesados.
México	4	Fresco y exportación	85 % de las exportaciones a EEUU	Principalmente en California; alto consumo per cápita de productos procesados.
Brasil	3	Fresco mercado	Exportación menor a América Latina	Crecimiento basado en tecnología de invernadero.

La producción de tomate riñón en Ecuador se ha consolidado como una actividad agrícola significativa, especialmente en la región andina. Además de la provincia de Cañar, otras provincias como Chimborazo, Imbabura y Tungurahua también se destacan en la producción, gracias a sus condiciones

climáticas favorables y a la infraestructura agrícola en crecimiento. Este cultivo se realiza principalmente en invernaderos, lo que permite un mejor control de las variables ambientales y contribuye a optimizar la calidad y cantidad de la cosecha (Enríquez, 2017).

Datos de producción en 2023

Según el Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador (SIPA), en 2023 se registraron:

Superficie plantada: 1,691 hectáreas

Superficie cosechada: 1,650 hectáreas

Producción total: 55,000 toneladas

Rendimiento promedio: 33.51 toneladas por hectárea

Importancia económica y nutricional del tomate riñón

El tomate riñón, o tomate de mesa, tiene una importancia significativa tanto económica como nutricional a nivel mundial. Su producción representa una fuente de ingresos para numerosos países, ya que su cultivo se adapta a diferentes sistemas agrícolas, desde el campo abierto hasta los invernaderos protegidos con malla o sombra. La alta demanda en los mercados internacionales impulsa a los agricultores a implementar tecnologías que optimicen el rendimiento y la calidad del producto. Esta hortaliza es una fuente estable de ingresos en áreas rurales, contribuyendo al desarrollo económico local y nacional (Cih-Dzul et al., 2011; SENPLADES, 2017).

A nivel de producción, países como México y Ecuador han destacado en América Latina debido a la incorporación de sistemas de producción protegida, que permite controlar factores ambientales y aumentar el rendimiento por hectárea. En Jalisco, México, se han implementado distintas prácticas, como el riego por goteo y el uso de invernaderos, que optimizan el uso de recursos y mejoran la calidad del tomate para competir en mercados nacionales e internacionales. La producción en invernadero ofrece ventajas como una mayor eficiencia en el uso de agua y una menor exposición a plagas, lo que reduce los costos de producción y mejora la sustentabilidad del cultivo (Ordóñez, 2010; Cih-Dzul et al., 2011).

Desde el punto de vista nutricional, el tomate riñón es una fuente rica en vitaminas A, C y minerales esenciales como el potasio, el calcio y el hierro. Además, contiene licopeno, un antioxidante asociado con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Su valor nutricional, junto con su versatilidad en la gastronomía, hace que el consumo per cápita sea elevado en diversas regiones del mundo, especialmente en Europa y América del Norte, donde es un ingrediente fundamental en la dieta diaria (Bembibre, 2011; CENTA, 2018).

En términos de consumo, el tomate riñón es la hortaliza más popular a nivel global, con un consumo per cápita de alrededor de 12.6 kg al año. En Europa, el consumo anual es notablemente superior, alcanzando los 36.8 kg, mientras que en América del Norte y Centroamérica el consumo llega a 26.9 kg. Este consumo global refleja su importancia como alimento esencial y muestra cómo la industria del tomate sigue expandiéndose y adoptando nuevas prácticas sostenibles para satisfacer la creciente demanda mundial (Bembibre, 2011; CENTA, 2018).

La importancia económica del cultivo de tomate riñón se destaca tanto a nivel mundial como en Ecuador. A nivel global, los principales productores de tomate riñón son China, India, Estados Unidos y Turquía, con China liderando la producción con 48 millones de toneladas anuales, mientras que Brasil, con 4 millones de toneladas, se posiciona como el principal productor en América Latina. En Ecuador, el cultivo de tomate riñón ocupa alrededor de 3,000 hectáreas, con 2,000 de este bajo invernadero, modalidad que está en constante crecimiento debido a sus ventajas en el desarrollo de la planta y la reducción de costos de mantenimiento.

Cuestionario:

1. **¿Dónde se considera que ocurrió la domesticación inicial del tomate?**
 - a) Norte de Chile, Perú y Ecuador
 - b) México
 - c) España
 - d) América del Sur

2. **¿Qué característica permite a las flores del tomate autopolinizarse?**
 - a) Su inflorescencia cimosa
 - b) Ser hermafroditas, regulares e hipóginas
 - c) Tener un pistilo con entre 2 y 20 óvulos
 - d) Su epidermis con tricomas absorbentes

3. **¿Cuál es una de las principales causas de las pérdidas postcosecha del tomate riñón en Ecuador?**
 - a) Baja fertilidad del suelo
 - b) Factores externos como temperatura y humedad relativa
 - c) Selección inadecuada de variedades
 - d) Uso excesivo de fertilizantes

4. **¿Qué compuesto fitoquímico le da al tomate su característico color rojo y propiedades antioxidantes?**
 - a) Vitamina C
 - b) Fibra dietética
 - c) Licopeno
 - d) Ácido málico

5. **¿Cuál es el tamaño promedio de las semillas del tomate?**
 - a) 3 x 2 x 1 mm
 - b) 4 x 3 x 1.5 mm
 - c) 5 x 4 x 2 mm
 - d) 6 x 5 x 2.5 mm

6. **¿Cuál es el beneficio principal del proceso de cocción en los tomates?**
 - a) Incrementar su contenido de fibra
 - b) Reducir el nivel de agua
 - c) Mejorar la absorción del licopeno
 - d) Aumentar su contenido de proteínas

7. **¿Qué beneficio relacionado con la salud cardiovascular se atribuye al consumo de tomate riñón?**

- a) Mejora la absorción de hierro
 - b) Ayuda a regular la presión arterial
 - c) Reduce la producción de grasa en el organismo
 - d) Incrementa los niveles de vitamina E
8. **¿Cuál de los siguientes nutrientes del tomate tiene un contenido más alto por cada 100 g?**
- a) Fibra
 - b) Potasio
 - c) Calcio
 - d) Vitamina B6
9. **¿Cuál de las siguientes variedades de tomate riñón es conocida por su adaptabilidad y su firmeza, esenciales para el transporte y la vida poscosecha?**
- a) Shiry
 - b) Candela
 - c) Airton
 - d) Dominique

Capítulo II

Cosecha del Tomate Riñón

Características

La cosecha del tomate riñón representa una fase crítica en la producción, ya que determina la calidad y durabilidad del fruto en la cadena de distribución. Este proceso requiere una recolección cuidadosa para minimizar daños y preservar la frescura. Generalmente, la cosecha se realiza dos veces por semana durante las horas de la mañana, ajustándose a la producción pronosticada. En este punto, los frutos son recogidos en su estado de madurez rosa, lo cual optimiza su frescura y prolonga su vida útil en postcosecha (Fornaris, 2007). La recolección es manual, con los tomates depositados en envases como baldes plásticos o canastas, seleccionados para evitar daños físicos durante el traslado. La cosecha suele realizarse en "pases" sucesivos, entre tres y cinco, dependiendo de las características varietales y las condiciones del cultivo. En cuanto al manejo postcosecha, el preenfriamiento del tomate a 13 °C (55 °F) es recomendado para reducir la tasa de respiración y retardar el deterioro del fruto, contribuyendo a mantener su frescura hasta su llegada al consumidor final (Fornaris, 2007; Estación Experimental Agrícola, 2007).

Recolección. - La cosecha de tomates destinados al consumo en fresco se realiza de manera manual. Para este proceso, se emplean contenedores de madera, gavetas plásticas y cajas de cartón, los cuales se vacían sobre una lona extendida en el suelo (ver Figura 1). Esta disposición facilita la selección de los frutos de acuerdo con su diámetro.



Figura 3 Selección del tomate a nivel del suelo

También es posible utilizar mesas de selección, las cuales permiten mantener posturas ergonómicas adecuadas durante el proceso de clasificación, evitando así posiciones incorrectas que podrían causar lesiones lumbares.

El inicio de la cosecha de tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) en Ecuador está determinado por las características agroclimáticas de cada región y la periodicidad de los híbridos empleados en el cultivo (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2018). Existen diversas variedades híbridas, las cuales pueden clasificarse en híbridos precoces y tardíos según su ciclo de maduración, lo que permite adaptar la producción a las condiciones de cada zona y asegurar una cosecha escalonada a lo largo del año (Guzmán et al., 2020).

En el contexto ecuatoriano, la producción de tomate riñón se realiza bajo dos modalidades principales de cultivo: a campo abierto y bajo invernadero, las cuales requieren diferentes rangos de altitud para su óptimo desarrollo (Castro & Martínez, 2019):

Cultivo a campo abierto: La altitud óptima para la producción de tomate riñón a campo abierto se encuentra entre 500 y 1,500 metros sobre el nivel del mar (msnm). En este rango altitudinal, las condiciones climáticas, como la temperatura y la humedad relativa, son generalmente adecuadas para el desarrollo de las plantas sin la necesidad de un control externo. Estas condiciones permiten un crecimiento favorable del tomate, reduciendo la dependencia de tecnologías de control ambiental, lo que resulta en menores costos de producción y facilita el manejo agrícola tradicional (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2017).

Cultivo bajo invernadero: Para la producción bajo invernadero, la altitud recomendada oscila entre 1,500 y 2,800 msnm. En estas condiciones, el uso de un invernadero permite un ambiente controlado que optimiza factores críticos como la temperatura, la humedad y la protección contra plagas, los cuales son esenciales para el crecimiento y la fructificación del tomate en climas más frescos (Benítez et al., 2021). El sistema invernadero ofrece ventajas significativas en cuanto a la productividad y la calidad del cultivo, ya que permite mitigar los efectos de las variaciones climáticas y prolongar la temporada de producción, además de reducir las pérdidas causadas por enfermedades y plagas comunes en altitudes mayores (MAG, 2017; Guzmán et al., 2020).

Madurez. - Este estado de madurez se identifica cuando la parte inferior del fruto comienza a mostrar una coloración anaranjada, mientras el resto permanece verde. El cambio de color de verde a rojo se produce por la

degradación de la clorofila y la síntesis de compuestos como el licopeno y los carotenoides. Un aspecto crucial en el proceso de maduración es el ablandamiento del fruto, que ocurre simultáneamente con el cambio de color. Este ablandamiento se debe a la síntesis de la enzima poligalacturonasa, la cual actúa degradando la pared celular, facilitando así la textura más blanda característica del fruto maduro (Suquilanda, 2005).

Aceptación de producto. - El consumidor final selecciona el tomate riñón principalmente en función de atributos visuales y organolépticos, tales como el nivel de madurez, frescura, sabor y aspecto general del producto. Estudios de mercado han demostrado que los factores que influyen de manera determinante en la decisión de compra son el tamaño, color y firmeza del fruto, características que el consumidor asocia con la calidad y el estado de frescura del tomate (Rodríguez et al., 2020). En cambio, aspectos como el valor nutricional y el precio suelen tener una menor incidencia en la decisión de adquisición, ya que estos atributos no son fácilmente percibidos o evaluados en el punto de venta (García & López, 2018).

La firmeza es especialmente relevante porque se percibe como un indicador de frescura y de la vida útil del tomate; los frutos que mantienen una textura firme suelen ser preferidos, ya que se asocian con una mejor resistencia al transporte y almacenamiento (Castillo et al., 2019). Asimismo, el color del fruto, que varía desde tonos verdes en la fase inmadura hasta rojos intensos en la fase de plena madurez, influye en la percepción de sabor y dulzura del tomate, atributos valorados positivamente por los consumidores (González & Martínez, 2021).

Criterios para la cosecha del tomate riñón

La cosecha del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) es un proceso que depende de diversos factores que determinan la calidad del fruto, su vida útil y su aceptación en el mercado. Entre los principales criterios para una cosecha adecuada se encuentran la madurez, el color, el tamaño y la firmeza del fruto, los cuales se deben evaluar con precisión para asegurar que el tomate cumpla con los estándares de calidad requeridos.

La madurez del tomate riñón es un factor clave que se manifiesta en el inicio de la coloración anaranjada en la base del fruto, seguido de un cambio gradual hacia el color rojo, indicando que el fruto ha alcanzado el nivel óptimo para su cosecha (Vargas et al., 2018). El color es un indicador visual esencial para el consumidor, ya que un tomate de color rojo uniforme o en proceso de maduración se asocia con la presencia de licopeno y carotenoides, compuestos que influyen tanto en la calidad como en la percepción de frescura del producto

(González & Martínez, 2021). En la figura 3 se puede observar los niveles de madurez del tomate riñón.

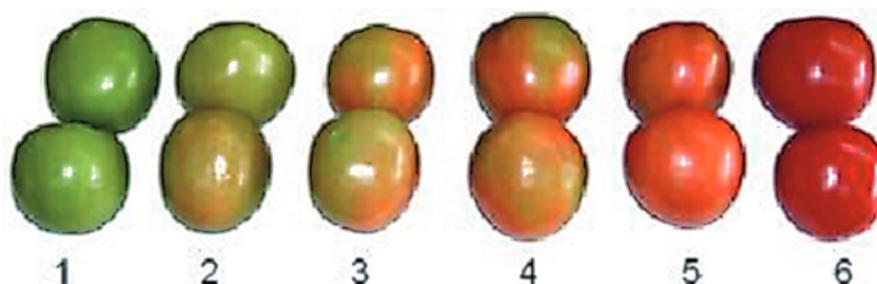


Figura 4 Índice de madurez del tomate riñón. Fuente (Castro et al., 2009)

El tamaño del fruto también juega un papel importante, ya que los tomates de tamaño medio a grande (50-100 mm de diámetro) son preferidos por los consumidores debido a su valor comercial más alto y su percepción de mayor calidad (Castillo et al., 2019). Finalmente, la firmeza es un parámetro crucial para la manipulación y el almacenamiento del tomate. Los frutos que mantienen una textura firme, sin ablandarse excesivamente, tienen una vida útil más prolongada y se conservan mejor durante el proceso de poscosecha (Rodríguez et al., 2020). Estos criterios, evaluados de manera integral, permiten a los productores determinar el momento adecuado para la cosecha, optimizando la calidad del tomate riñón para el mercado y minimizando las pérdidas por deterioro prematuro.

Métodos de cosecha: manual vs mecanizada.

La cosecha de productos agrícolas es una etapa crucial en la cadena de producción, y los métodos empleados pueden tener un impacto significativo en la calidad, el rendimiento y los costos de la producción. En este contexto, se pueden distinguir dos enfoques principales: la cosecha manual y la mecanizada. La cosecha manual, a menudo preferida en cultivos delicados o de difícil acceso, se caracteriza por su precisión y la reducción de daños a las plantas o frutos. Por otro lado, la cosecha mecanizada, que implica el uso de maquinaria especializada, permite una mayor eficiencia y reducción de costos laborales, aunque puede implicar un mayor riesgo de dañar los productos o el suelo. La elección entre estos métodos depende de varios factores, como el tipo de cultivo, las condiciones climáticas, la disponibilidad de recursos y los objetivos de producción. En la tabla 3 se detallan los aspectos específicos de las cosechas.

Tabla 3 Comparación entre cosecha manual y cosecha mecánica.

Aspecto	Cosecha Manual	Cosecha mecánica	Referencia
Características	Se realiza de forma individual, con la intervención de trabajadores que recogen el fruto a mano.	Utiliza maquinaria especializada que recoge los tomates de manera automatizada.	González & Martínez, 2021; López & Pérez, 2019
Importancia	Permite una selección más precisa de los frutos, reduciendo el daño y mejorando la calidad del producto.	Aumenta la eficiencia y rapidez del proceso, adecuado para grandes áreas de cultivo.	Rodríguez & Gómez, 2020; González & Martínez, 2021
Rendimiento	Menor rendimiento en comparación con la cosecha mecánica, pero con mayor control sobre la calidad	Mayor rendimiento, con una recolección más rápida y mayor volumen de tomates recolectados por hora.	López & Pérez, 2019; Rodríguez & Gómez, 2020
Diferencias	Requiere más mano de obra, lo que aumenta el costo de producción y el tiempo invertido en la cosecha.	Requiere una inversión inicial en maquinaria, pero reduce los costos operativos a largo plazo.	González & Martínez, 2021; López & Pérez, 2019
Costo	Generalmente más costosa debido a la mano de obra intensiva.	Más económica a largo plazo, pero con un alto costo inicial de inversión en maquinaria.	Rodríguez & Gómez, 2020; López & Pérez, 2019
Daño al fruto	Menor daño al fruto, ya que los trabajadores pueden seleccionar y manejar los tomates con cuidado.	Mayor riesgo de daño al fruto si no se ajustan adecuadamente las máquinas o en condiciones no óptimas.	Rodríguez & Gómez, 2020; González & Martínez, 2021

Técnicas de manejo poscosecha en el campo

El manejo poscosecha del tomate riñón es esencial para mantener la calidad del producto y reducir las pérdidas durante el proceso de comercialización. Este proceso involucra una serie de técnicas que abarcan desde el control de la temperatura hasta el embalaje adecuado del fruto. El control de la temperatura es crucial para mitigar los efectos de la respiración y transpiración, que aceleran el deterioro del tomate, mientras que la higiene durante la cosecha previene la

contaminación microbiológica. Además, es fundamental implementar prácticas de prevención de enfermedades y plagas, controlar la humedad y realizar una clasificación rigurosa de los frutos para garantizar que solo los de mejor calidad lleguen al consumidor final. Por último, el manejo adecuado de las rajaduras y la prevención de la podredumbre apical son claves para prolongar la vida útil del tomate riñón y evitar pérdidas innecesarias en su postcosecha (FAO, 2008a; León & Castillo, 2010). A continuación, se detallan los parámetros.

Control de la temperatura: El tomate riñón es sensible al calor, por lo que el control de la temperatura es fundamental para reducir la respiración y transpiración, que son procesos fisiológicos que aceleran el deterioro del fruto. Tras la cosecha, el tomate debe ser enfriado rápidamente para evitar la acumulación de calor y la pérdida de agua, utilizando cámaras frigoríficas o sistemas de refrigeración adecuados (Carrillo et al., 2021).

Higiene durante la cosecha: Para evitar la contaminación microbiológica y la aparición de enfermedades, es esencial mantener un ambiente limpio durante la cosecha. El uso de herramientas limpias y la correcta manipulación de los frutos minimizan el riesgo de heridas, cortes o raspaduras que puedan facilitar la entrada de patógenos (FAO, 2008a).

Prevención de enfermedades y plagas: El manejo fitosanitario adecuado es fundamental para evitar la invasión de plagas y enfermedades que deterioran el tomate. Las plagas como los ácaros, la mosca blanca y diversas enfermedades fúngicas pueden comprometer la calidad del producto. El uso de tratamientos fitosanitarios adecuados y el control biológico pueden ayudar a prevenir estos problemas.

Control de la humedad: La alta humedad relativa favorece la proliferación de microorganismos patógenos y la aparición de podredumbres. El almacenamiento en condiciones de humedad controlada es vital para evitar la descomposición del tomate. En situaciones de alta humedad, se debe asegurar una ventilación adecuada para evitar la acumulación de agua que pueda fomentar el crecimiento bacteriano.

Clasificación y selección: Durante la postcosecha, se debe realizar una clasificación rigurosa para separar los tomates dañados, como aquellos con podredumbre, rajaduras o quemaduras solares. Los frutos con defectos visibles o malformaciones deben ser descartados para evitar que afecten a los demás productos. Además, los frutos con "hueco" o "puffin", debido a una mala polinización o fertilización inadecuada, deben ser separados, ya que son más susceptibles al daño físico y a la descomposición (Leon & Castillo, 2010).

Embalaje adecuado: El uso de embalajes adecuados es esencial para proteger los tomates durante el transporte y almacenamiento. Se deben emplear cajas o recipientes que no causen daño físico al fruto, y que permitan una adecuada circulación del aire. El uso de tecnologías como el empaquetado en atmósferas controladas puede extender la vida útil del tomate.

Prevención de la podredumbre apical: La podredumbre apical, que se presenta como manchas oscuras en la parte superior del fruto, es causada por la falta de calcio durante el desarrollo del tomate. Para prevenir esta condición, se debe asegurar una adecuada fertilización, especialmente en lo que respecta al calcio, y controlar la translocación del nutriente a través de riegos adecuados (León & Castillo, 2010).

Manejo de rajaduras: Las rajaduras en los tomates pueden ocurrir debido a la expansión desigual de los tejidos durante el crecimiento o cambios repentinos en las condiciones de humedad y temperatura. Para reducir la incidencia de rajaduras, se recomienda evitar el riego excesivo durante el crecimiento y controlar las fluctuaciones extremas de temperatura.

Factores que afectan la calidad en la cosecha

Los factores que influyen en la calidad del tomate riñón durante la cosecha pueden clasificarse en intrínsecos (relacionados con el fruto) y extrínsecos (derivados del manejo y el ambiente). Un manejo adecuado de estos elementos asegura una calidad óptima y prolonga la vida útil del producto, en la tabla 4 se detalla los parámetros de control.

Tabla 4 Parámetros específicos de control en la cosecha del tomate riñón

Factor	Parámetro específico de control
Estado de madurez	Considerar en estado de madurez 3 (figura 3)
Variedad	Selección de variedades resistentes a daños mecánicos y enfermedades poscosecha (tabla 1)
Daños mecánicos	Uso de herramientas adecuadas y manipulación cuidadosa para evitar golpes y magulladuras
Temperatura de cosecha	Se debe realizar en las primeras horas de la mañana a una temperatura que oscila entre (15-20°C).
Clasificación inicial	Separar frutos dañados o deformes en el momento de la cosecha.
Empaque en campo	Uso de cajas ventiladas para evitar acumulación de calor y presión excesiva sobre los tomates.
Capacitación	Formación a los empleados sobre el proceso de cosecha del tomate riñón.

La temperatura al momento de cosechar tomates riñón desempeña un papel crucial en la calidad final del producto y su vida útil poscosecha (Cajo, 2024). Realizar la cosecha en las primeras horas de la mañana, cuando la temperatura ambiental oscila entre 15-20°C, es altamente beneficioso. A temperaturas más bajas, los frutos tienen menos estrés térmico, lo que ayuda a reducir la tasa de respiración y la transpiración, dos procesos que aceleran el deterioro y la pérdida de peso (Hernández, 2013). Por el contrario, una cosecha durante el mediodía o en condiciones de calor extremo puede provocar un aumento en la respiración celular, lo que acelera la maduración y puede llevar a una disminución prematura de la firmeza. Además, temperaturas elevadas pueden causar deshidratación en la epidermis del fruto, aumentando su susceptibilidad a daños mecánicos y enfermedades. Este aspecto es especialmente relevante para las variedades long shelf life, diseñadas para mantener su firmeza y apariencia durante períodos prolongados de almacenamiento y transporte (Rodríguez y Villalobos, 2008)

Adicionalmente, el impacto de la temperatura se extiende al manejo poscosecha, ya que los frutos cosechados en condiciones óptimas requieren menos enfriamiento para alcanzar las temperaturas ideales de almacenamiento, lo que reduce costos energéticos y el riesgo de condensación que podría favorecer el desarrollo de hongos. Por estas razones, establecer protocolos de cosecha que consideren la temperatura ambiental es fundamental para maximizar la calidad y minimizar las pérdidas del tomate riñón en toda la cadena de suministro.

Estándares de clasificación según el USDA

La clasificación de frutas comerciales por grados, tamaño y color proporciona un lenguaje común entre vendedores y compradores. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) ha establecido estándares específicos para la clasificación de los tomates frescos de ensalada o de mesa producidos en el campo, denominados "Fresh Tomatoes". Estos estándares no se aplican a los tomates producidos en invernadero, conocidos como "Greenhouse Tomatoes", para los cuales el USDA ha desarrollado normas de clasificación separadas.

Grados: Los tomates frescos se clasifican en cuatro grados de calidad según los estándares del USDA, vigentes desde el 1 de octubre de 1991: "U.S. No. 1", "U.S. Combination", "U.S. No. 2" y "U.S. No. 3". El grado "U.S. No. 1" exige que los tomates sean fisiológicamente maduros, firmes, bien desarrollados,

limpios y libres de daños como pudrición, congelación, escaldadura de sol, cortaduras, celdas vacías, cicatrices, rajaduras, daño por granizo y daño por insectos.

Tamaño: El USDA utiliza designaciones de tamaño para clasificar los tomates frescos, basadas en diámetros mínimos y máximos. Estas designaciones incluyen "Small", "Medium", "Large" y "Extra Large", y los parámetros específicos se detallan en la tabla 5.

Tabla 5 Diámetro de Tomates según parámetros del USDA

Designaciones de tamaño	Diámetro mínimo (pulg)	Diámetro máximo (pulg)
Small	2- 4/32	2 – 9/32
Medium	2 – 8/32	2 - 17/32
Large	2 – 16/32	2 – 25 /32
Extra Large	2 – 24/32	---

Color: El USDA utiliza una clasificación por color para indicar la madurez de los tomates frescos de piel roja. Las categorías incluyen "Green" (totalmente verde), "Breakers" (cambio de color en hasta 10% de la superficie), "Turning" (cambio de color en 10-30% de la superficie), "Pink" (30-60% de la superficie rosa o roja), "Light Red" (60-90% de la superficie rojo-rosado o rojo) y "Red" (más de 90% de la superficie roja). Los tomates que no se ajustan a estas categorías se designan como "Mixed Color".



Figura 5 Color de tomate según la USDA

CUESTIONARIO

¿Cuál es el origen silvestre del tomate?

- A) México
- B) Europa
- C) Región norte de Chile, Perú y Ecuador
- D) África

¿Qué significa el término náhuatl "xīctomatl"?

- A) Fruto con semilla
- B) Fruto con ombligo
- C) Fruto grande
- D) Fruto rojo

¿Qué compuesto en el tomate es responsable de su color rojo y sus propiedades antioxidantes?

- A) Ácido málico
- B) Licopeno
- C) Vitamina C
- D) Vitamina E

¿Cuál es la principal causa de pérdida postcosecha del tomate riñón en Ecuador?

- A) Problemas en la selección de variedades
- B) Deficiencias en el manejo del riego
- C) Manejo inadecuado durante la comercialización
- D) Baja fertilidad del suelo

¿Qué ventaja ofrece el manejo postcosecha adecuado del tomate?

- A) Reducción de costos de transporte

- B) Prolongación de la vida útil del tomate
- C) Mejora en la calidad del suelo
- D) Disminución del contenido de agua

¿En qué concentración se encuentra el licopeno más disponible para el organismo humano?

- A) En tomates frescos sin cocinar
- B) En tomates verdes
- C) En tomates cocidos
- D) En tomates congelados

Según la tabla nutricional, ¿qué mineral está presente en mayor cantidad en el tomate riñón?

- A) Zinc
- B) Potasio
- C) Calcio
- D) Hierro

¿Qué acción puede prolongar la vida útil del tomate riñón después de la cosecha?

- A) La refrigeración temprana y empaque adecuado
- B) La exposición al aire y baja humedad relativa
- C) Retrasar la maduración del fruto en planta
- D) El transporte sin pedúnculo floral

¿Qué beneficio nutricional destaca en el tomate riñón para prevenir enfermedades cardiovasculares?

- A) Su contenido de fibra dietética
- B) El alto contenido de potasio
- C) La presencia de vitamina B6

D) Su bajo contenido de calorías

¿Qué determina la forma del fruto en las flores del tomate?

A) El tamaño del estigma

B) La cantidad de óvulos en el ovario

C) La disposición de los estambres

D) La ramificación de la inflorescencia

Capítulo III

Manipulación inicial tras la cosecha

La selección del tomate es un proceso fundamental que consiste en identificar y separar los frutos que cumplen con características deseadas, eliminando aquellos con defectos visibles o signos de deterioro (Cajo, 2024). Para lograrlo, se aplican criterios como la integridad del fruto, retirando tomates con daños físicos como cortes, grietas o perforaciones; la condición sanitaria, descartando aquellos con enfermedades, pudrición o signos de plagas; y la limpieza externa, verificando la ausencia de residuos de suelo o partículas que afecten su apariencia. Además, se evalúa el estado de madurez, determinando si el tomate es verde maduro, ideal para transporte o almacenamiento prolongado, o rojo/pintón, apto para mercados locales o consumo inmediato. Este proceso puede realizarse de forma manual, con trabajadores capacitados que inspeccionan visualmente cada fruto, o mediante sistemas mecánicos que utilizan sensores ópticos para evaluar color, tamaño y defectos (Lascano, 2019).

La clasificación del tomate organiza los frutos en categorías homogéneas según atributos como tamaño, color, forma y peso, lo que garantiza uniformidad para los consumidores y mercados. Los tomates se agrupan por calibres estándar (pequeños, medianos y grandes), se identifican deformidades que puedan afectar su aceptación comercial, y se clasifica el color según el grado de maduración. Algunos mercados también incluyen el peso como parámetro para establecer precios. Este proceso sigue normas comerciales nacionales o internacionales, como el *Codex Alimentarius*, y puede realizarse manualmente, donde los trabajadores separan los frutos según los parámetros establecidos, o de manera automatizada, utilizando máquinas con cámaras y sensores de alta precisión.

Contaminación por microorganismos

En cuanto a la contaminación por microorganismos en el tomate riñón, los mohos son una de las principales fuentes de deterioro. Estos mohos, pertenecientes al reino Fungi, se desarrollan en ambientes húmedos y con baja luminosidad, y son responsables de daños en frutas y verduras, tanto antes como después de la cosecha. Además, algunos mohos pueden producir micotoxinas, que son metabolitos tóxicos generados como mecanismo de defensa contra otros organismos competidores.

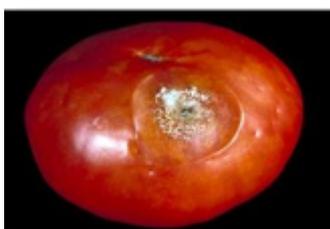
Los géneros de mohos más comunes asociados con la producción de micotoxinas son *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, y *Alternaria*, mientras que los

causantes de podredumbre en frutas y verduras incluyen géneros como *Botrytis*, *Monilia*, *Cladosporium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, y *Alternaria*.

El *Aspergillus* es conocido por producir aflatoxinas, que son carcinógenas y pueden ser peligrosas para la salud humana. La aflatoxina B1 es especialmente relevante en alimentos y ha sido clasificada como carcinogénica para los humanos. El *Penicillium* también produce aflatoxinas y otras micotoxinas, como la ocratoxina, que tiene efectos nefrotóxicos e inmunosupresores. Para prevenir la contaminación con mohos y micotoxinas en productos vegetales como el tomate riñón, es esencial controlar las condiciones de temperatura, pH y humedad relativa durante el almacenamiento y la postcosecha, ya que estas condiciones favorecen el crecimiento de los mohos productores de micotoxinas. A continuación, se detallan en las gráficas su efecto



Penicillium



Fusarium



Alternaria

Figura 6 Microorganismos contaminantes

Eliminación de frutos dañados o defectuosos

Los criterios para identificar frutos dañados se basan en una evaluación exhaustiva de aspectos clave como los daños físicos, las condiciones sanitarias, los signos de ataque por plagas y el aspecto general del fruto, a continuación, se detallan los factores:

Daños físicos

La presencia de grietas, cortes, perforaciones o heridas abiertas en los tomates puede facilitar la entrada de patógenos, comprometiendo así su calidad y seguridad. Las grietas en los frutos suelen originarse por factores ambientales y de manejo agrícola. Un factor determinante es el riego irregular: cuando una planta experimenta un cambio abrupto de condiciones, pasando de un estado de sequía a un exceso de agua, el tomate absorbe grandes cantidades de agua en un corto periodo, lo que provoca la expansión de su pulpa y, en consecuencia, la formación de grietas en la piel. Este fenómeno facilita el acceso

de agentes patógenos, aumentando el riesgo de enfermedades y deterioro del fruto.



Figura 74 Agrietamiento del tomate riñón

Perforaciones y heridas abiertas

Las perforaciones en la piel del fruto suelen ser provocadas por insectos como la mosca blanca, la araña roja y algunas orugas, además de los nematodos. Durante la cosecha, los tomates pueden golpearse entre sí o con las herramientas, lo que también causa perforaciones. El manejo inapropiado, como el uso de maquinaria sin protección o el apilamiento excesivo, genera presión que puede dañar los tomates y facilitar su descomposición.



Figura 8 Perforaciones del tomate riñón

Daños por presión

El daño por presión en los tomates ocurre cuando los frutos son sometidos a una presión excesiva durante las diferentes etapas de la cadena de producción, desde la cosecha hasta el transporte y almacenamiento. Las causas principales de este daño incluyen el apilamiento excesivo, el uso de contenedores

inadecuados y la manipulación brusca. El apilamiento inadecuado provoca que el peso de los tomates superiores ejerza presión sobre los inferiores, lo que puede causar abolladuras y deformaciones. Además, los contenedores mal diseñados o demasiado grandes pueden generar presión adicional, mientras que el manejo imprudente con maquinaria o de forma manual durante la cosecha y el transporte también contribuye al daño.

Este daño afecta la apariencia y calidad del tomate, resultando en abolladuras, magulladuras y deformaciones, lo que disminuye su atractivo comercial. Los tomates dañados por presión son menos deseables para los consumidores, quienes prefieren frutas de aspecto uniforme y fresco. Esto reduce su valor en el mercado y puede resultar en pérdidas económicas para los productores. Para prevenir estos daños, es esencial reducir el apilamiento, usar contenedores adecuados que ofrezcan soporte y protección, y mejorar la manipulación durante la cosecha y el transporte mediante el uso de maquinaria con protección y el cuidado en el manejo de los frutos.

Método de lavado y desinfección del tomate

Es una etapa esencial en el manejo poscosecha para garantizar la inocuidad y calidad del producto. Este proceso busca eliminar suciedad, residuos químicos, microorganismos patógenos y otras impurezas presentes en la superficie del fruto, reduciendo los riesgos para la salud del consumidor y prolongando su vida útil. La desinfección es un proceso esencial en la poscosecha del tomate riñón, ya que garantiza la reducción de microorganismos patógenos y deteriorantes, contribuyendo a extender la vida útil del fruto y mantener su calidad microbiológica. Existen múltiples métodos de desinfección con características específicas que influyen en su eficacia y aplicabilidad. En la tabla 6 se presentan diversos métodos.

Tabla 6 Métodos de limpieza y desinfección del tomate riñón

Método	Características principales	Aplicación adaptada al tomate riñón
Hipoclorito de sodio	Corrosivo Pierde eficacia en agua con alta turbidez o exceso de materia orgánica.	- Ideal para una limpieza preliminar en agua tratada para reducir la carga orgánica. - Evitar el contacto prolongado para prevenir daños en la piel del tomate.

Dióxido de cloro	<ul style="list-style-type: none"> - Gas amarillo verdoso soluble en agua. - Desinfectante y biocida de amplio espectro. - No deja residuos olorosos. - Requiere poco tiempo de contacto. - No corrosivo en altas concentraciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración recomendada: 50-200 ppm con tiempos de exposición de 1-2 minutos. - Adecuado para desinfección superficial sin afectar características organolépticas. - Concentración recomendada: 2-4 ppm durante 1-3 minutos. - Eficaz para reducir bacterias y hongos sin generar subproductos tóxicos.
Peróxido de hidrogeno	<ul style="list-style-type: none"> - Líquido incoloro y corrosivo. - Se descompone por exposición a la luz. - Tiene un efecto blanqueador. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso limitado debido al riesgo de blanqueo del fruto. - Se recomienda en concentraciones $\leq 3\%$ y tiempos de exposición breves (<1 min) para evitar alteraciones visuales. - Eficaz como complemento en el lavado inicial.
Acido peracético	<ul style="list-style-type: none"> - Líquido incoloro con olor a vinagre. - Amplia acción bactericida, viricida y fungicida. - No genera residuos tóxicos. - Bajo costo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recomendado para tratamientos rápidos en concentraciones de 80-200 ppm. - Tiempo de contacto: 1-2 minutos. - Compatible con sistemas de inmersión en agua tratada para evitar acumulación de materia orgánica.
Ozono	<ul style="list-style-type: none"> - Gas azul con alto poder oxidante. - Eficaz contra bacterias, virus y hongos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicado en agua ozonizada a concentraciones de 1-2 ppm.

	<ul style="list-style-type: none">- No genera subproductos tóxicos.- Extiende la vida útil de alimentos.	<ul style="list-style-type: none">- Tiempo de inmersión: 30 segundos a 5 minutos según el tipo de microorganismo.- Preserva la calidad del fruto y mejora la vida útil poscosecha.
Amonio Cuaternario	Líquido transparente y soluble en agua o alcohol. <ul style="list-style-type: none">- No explosivo ni corrosivo.- Permanece activo por largo tiempo.- Desodorante.	No recomendado para contacto directo con alimentos frescos por posibles residuos químicos. <ul style="list-style-type: none">- Puede emplearse para la desinfección de superficies y equipos en contacto con los tomates.

Fuente: Autores

Pre-enfriamiento y control de temperatura.

El preenfriamiento y el control de temperatura son procesos fundamentales en la poscosecha del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), una hortaliza altamente sensible a las condiciones ambientales. Estas prácticas resultan cruciales para preservar características clave como textura, sabor y color, además de extender la vida útil del producto y mejorar su competitividad en el mercado.

Preenfriamiento

El preenfriamiento consiste en la rápida disminución de la temperatura inmediatamente después de la cosecha, con el objetivo de desacelerar el metabolismo respiratorio y minimizar la producción de etileno, principal hormona responsable de acelerar la maduración. Según Kader (2002), las tasas de respiración y transpiración de las hortalizas aumentan exponencialmente con la temperatura, destacando la importancia de implementar sistemas eficientes de enfriamiento.

Entre los métodos más utilizados se encuentran:

Hidrogenfriamiento: Enfriamiento por inmersión en agua fría, eficaz para reducir rápidamente el calor de campo.

Enfriamiento por aire forzado: Utilización de corrientes de aire frío para lograr un enfriamiento homogéneo en grandes volúmenes.

Enfriamiento en vacío: Ideal para productos con alta relación superficie-volumen, donde se extrae el calor rápidamente al reducir la presión atmosférica.

Control de Temperatura

El mantenimiento de temperaturas adecuadas durante la poscosecha es esencial para prevenir el deterioro y preservar la calidad del tomate. Los rangos recomendados son de 12-15 °C con una humedad relativa del 85-90 %, condiciones que minimizan la pérdida de peso, retrasan la incidencia de patógenos y evitan daños por frío (Cantwell & Suslow, 2002).

Efectos Principales del Control de Temperatura

Reducción del metabolismo: Disminuye la actividad enzimática y ralentiza el ablandamiento del tejido.

Conservación organoléptica: Mantiene la estabilidad de compuestos clave como carotenoides, azúcares y ácidos, asegurando el sabor y el color característico del tomate.

Prevención de daños por frío: Temperaturas inferiores a 10 °C pueden causar manchas superficiales, pérdida de firmeza y aumentar la susceptibilidad a infecciones secundarias.

Tecnología de Refrigeración

Las cámaras frigoríficas emplean ciclos termodinámicos avanzados basados en los principios de evaporación, compresión, condensación y expansión isoentálpica. Estas tecnologías permiten:

Mantener temperaturas óptimas.

Reducir costos operativos mediante la reutilización de refrigerantes.

Extraer calor eficientemente gracias a los agentes refrigerantes de bajo punto de ebullición.

Importancia de la Temperatura en el Almacenamiento

La temperatura es el factor más crítico para la conservación de la calidad poscosecha. Si bien algunos productos pueden almacenarse a temperatura ambiente, la mayoría de las hortalizas requieren refrigeración para prolongar su

vida útil. En el caso del tomate, una temperatura inadecuada (21-27 °C) reduce su vida útil a pocos días, mientras que un almacenamiento adecuado a 5-7 °C puede extenderla a 1-2 semanas.

Además, el uso de bolsas plásticas perforadas y cajones ventilados permite reducir los efectos perjudiciales del etileno producido por ciertas frutas sobre las hortalizas. Sin embargo, temperaturas excesivamente bajas (<5 °C) pueden dañar ciertos tipos de tomates, especialmente los destinados a almacenamiento prolongado.

El control de temperatura en el almacenamiento poscosecha del tomate es fundamental para ralentizar los cambios fisiológicos y químicos asociados a la maduración, contribuyendo significativamente a la reducción del deterioro del fruto.

La temperatura desempeña un papel fundamental en la maduración del tomate, ya que regula las reacciones bioquímicas y fisiológicas que ocurren en el fruto. Este proceso implica la transformación de componentes internos, como almidones, ácidos orgánicos y pigmentos, que definen su textura, sabor, color y valor nutricional. A continuación, se detalla la influencia de la temperatura en la maduración del tomate:

Temperaturas bajas (< 12 °C)

Ralentización del proceso de maduración:

Se inhibe la síntesis de etileno, lo que retrasa los cambios de color y textura.

Las bajas temperaturas pueden causar daño por frío, especialmente en frutos verdes, afectando la calidad final (manchas, pérdida de sabor y textura).

Alteración en la pigmentación:

A temperaturas por debajo de los 12 °C, la síntesis de licopeno se reduce, dando lugar a frutos que no alcanzan el color rojo brillante característico.

Conservación prolongada:

Aunque las bajas temperaturas ralentizan la maduración, esta estrategia se usa para conservar frutos maduros durante más tiempo en condiciones controladas (0-5 °C).

Tabla 6 Influencia de la temperatura en la maduración del tomate

Escalas de madurez	1	2	3	4	5	6
Producto						
Temperatura Promedio	13.5 °C	13 °C	12.5 °C	12 °C	11 °C	8.5 °C

Figura 9 Escalas de madurez del tomate riñón

Fuente: (Enríquez, 2017)

Equipos y tecnologías de manipulación inicial

La manipulación inicial del tomate riñón (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) es una etapa crítica que abarca desde la cosecha hasta el preenfriamiento, y está orientada a mantener la calidad y prolongar la vida útil del producto. Los equipos y tecnologías utilizados en esta fase incluyen:

- a. *Tijeras de poda*: Para cortar los frutos sin dañar la planta o el tomate.



Figura 10 Tijeras de poda

- b. Contenedores plásticos o bandejas: Usados para recolectar los frutos evitando la compresión o daño físico.



Figura 11 Bandejas de plástico

- c. Cajas ventiladas: Facilitan la aireación y reducen la acumulación de humedad durante el transporte al área de manipulación.



Figura 12 Envases de cartón

Sección 4 Procesos de Almacenaje

Aplicación exógena de ácido giberélico al tomate riñón

La importancia del ácido giberélico en la conservación del tomate riñón radica en su capacidad para mejorar la producción y calidad poscosecha sin afectar negativamente características clave como la pérdida de peso, los sólidos solubles totales (SST) y la firmeza de los frutos. El estudio mostró que una dosis moderada de 100 mg/L de ácido giberélico es la más efectiva para generar una mayor producción de frutos de calidad extra y primera, con un rendimiento total considerable y una baja producción de frutos de menor tamaño. Además, esta dosis no produjo efectos negativos en la calidad poscosecha, manteniendo la integridad de los frutos durante el almacenamiento. En contraste, dosis altas como 10,000 mg/L resultaron en una menor producción total y una alta producción de frutos de menor calidad, además de posibles efectos adversos en la apariencia y conservación de los frutos. Por lo tanto, el uso de ácido giberélico en dosis moderadas es crucial para mejorar la producción y calidad

de los frutos de tomate, asegurando su conservación y comercialización efectiva (Laiton et al., 2012).

Manejo de las enfermedades poscosecha

Las enfermedades que afectan los tomates después de la cosecha pueden provocar pérdidas significativas en cantidad y calidad. En la tabla 7 se detallan los elementos.

Tabla 7 Manejo de enfermedades Poscosecha

<i>Enfermedad</i>	<i>Agente Causal</i>	<i>Condiciones favorables</i>	<i>Prácticas de manejo</i>
Antracnosis	<i>Colletotrichum</i> spp.	Alta humedad, heridas en la fruta	Evitar heridas, manejo adecuado en campo y postcosecha
Mancha bacteriana (Bacterial spot)	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> (varias razas)	Climas cálidos y húmedos, heridas en la fruta	Manejo fitosanitario en campo, eliminación de frutos enfermos
Pudrición agria (Sour rot)	<i>Geotrichum candidum</i> (<i>Oidium lactis</i> , <i>Oospera lactis</i>)	Alta humedad, heridas en la piel	Buenas prácticas de higiene, eliminación de frutas afectadas
Pudrición blanda bacteriana (Bacterial soft rot)	<i>Erwinia carotovora</i> pv. <i>Carotovora</i>	Heridas en la fruta, humedad elevada	Heridas en la fruta, humedad elevada
Pudrición del moho gris o mancha fantasma (Gray mold rot or ghost spot)	<i>Botrytis</i> cinérea	Temperaturas moderadas, alta humedad	Control de humedad, eliminación de frutos afectados
Pudrición ojo de cabro (Buckeye rot)	<i>Phytophthora parasitica</i> , <i>P. drechsleri</i>	Suelos húmedos, P. contacto con agua contaminada	Evitar acumulación de humedad, mejorar drenaje
Pudrición por <i>Rhizopus</i> (<i>Rhizopus</i> rot)	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Alta humedad, frutas lesionadas	Evitar daños mecánicos,

mejorar
ventilación

Pudrición por tizón temprano (Early blight rot)	Alternaria solani	Alta humedad, temperaturas cálidas	Buenas prácticas agrícolas, control de esporas en el ambiente
---	-------------------	------------------------------------	---

Prácticas sanitarias para la reducción de microorganismos

Se recomienda manejar de forma cuidadosa el riego y la aplicación de nitrógeno antes de la cosecha para minimizar la aparición de rajaduras en la fruta. Además, es fundamental evitar daños durante la cosecha, utilizando guantes para prevenir rasguños y asegurándose de que los envases no tengan bordes filosos o superficies ásperas. Las frutas deben colocarse cuidadosamente en los contenedores en lugar de ser arrojadas, protegerlas de quemaduras solares trasladándolas a la sombra lo antes posible y evitar que permanezcan sumergidas en el tanque de flotación por más de dos minutos, preferiblemente en una sola camada, para disminuir la absorción de agua a través de la cicatriz del cáliz o cualquier otra abertura. Para reducir daños en la fruta y minimizar la incidencia de rajaduras radiales o concéntricas, es fundamental manejar adecuadamente el riego y la aplicación de nitrógeno, especialmente antes de la cosecha. Se debe evitar causar daños durante la recolección, utilizando guantes para prevenir rasguños por uñas largas y asegurándose de que los envases no tengan bordes filosos ni superficies ásperas. Asimismo, es importante colocar las frutas con cuidado en los contenedores, en lugar de tirarlas, y protegerlas de las quemaduras solares llevándolas a la sombra lo antes posible. Finalmente, para prevenir la absorción excesiva de agua a través de la cicatriz del cáliz u otras aberturas, se recomienda que las frutas permanezcan sumergidas en el tanque de flotación por menos de dos minutos y, preferiblemente, en una sola camada (Enriquez, 2017).

Cuestionario

1. **¿Qué criterios se utilizan para seleccionar los tomates tras la cosecha?**
 - A) Únicamente el color
 - B) Integridad del fruto, condición sanitaria, limpieza externa y estado de madurez
 - C) Solo el tamaño
 - D) Solo el estado de madurez
2. **¿Cuál es la finalidad principal de la clasificación del tomate?**
 - A) Reducir el costo de producción
 - B) Organizar los tomates en categorías homogéneas según tamaño, color, forma y peso
 - C) Mejorar el sabor del tomate
 - D) Facilitar el transporte
3. **¿Qué factores pueden causar grietas en los tomates?**
 - A) Exceso de calor
 - B) Riego irregular y cambios abruptos de condiciones
 - C) Daños por presión durante el almacenamiento
 - D) Contacto con insectos
4. **¿Qué provoca las perforaciones en la piel del tomate?**
 - A) Exceso de humedad
 - B) Insectos, como la mosca blanca, y el manejo inapropiado durante la cosecha
 - C) Temperaturas bajas
 - D) El uso de maquinaria especializada
5. **¿Cómo se produce el daño por presión en los tomates?**

- A) Apilamiento excesivo y uso de contenedores inadecuados
 - B) Manipulación manual cuidadosa
 - C) Daño por frío durante el transporte
 - D) Uso de tijeras de poda
6. **¿Qué propósito tiene el proceso de lavado y desinfección del tomate?**
- A) Mejorar el sabor
 - B) Eliminar suciedad, residuos químicos, microorganismos patógenos y otras impurezas
 - C) Acelerar la maduración
 - D) Reducir la acidez
7. **¿Qué método de desinfección es adecuado para eliminar bacterias y hongos sin generar subproductos tóxicos?**
- A) Hipoclorito de sodio
 - B) Dióxido de cloro
 - C) Peróxido de hidrógeno
 - D) Ácido peracético
8. **¿Qué es el preenfriamiento en el manejo poscosecha del tomate?**
- A) Aceleración del proceso de maduración
 - B) Rápida disminución de la temperatura para desacelerar el metabolismo respiratorio
 - C) Enfriamiento por inmersión en agua caliente
 - D) Aumento de la temperatura para mejorar el sabor
9. **¿Qué temperatura se recomienda para el almacenamiento adecuado del tomate riñón?**
- A) 0-5 °C
 - B) 21-27 °C

- C) 12-15 °C con 85-90% de humedad relativa
- D) 5-7 °C

10. ¿Cuál es la función de las cámaras frigoríficas en el proceso de manipulación inicial del tomate?

- A) Mejorar la textura del tomate
- B) Mantener temperaturas óptimas y reducir costos operativos
- C) Acelerar la maduración del tomate
- D) Aumentar la presión para mejorar el sabor

Capítulo IV

Condiciones óptimas de almacenamiento: temperatura, atmosferas controladas

El almacenamiento adecuado del tomate riñón desempeña un papel fundamental en la preservación de su calidad poscosecha, prolongación de la vida útil y reducción de pérdidas. Este proceso implica un manejo óptimo de factores como la temperatura, atmósfera, firmeza, contenido nutricional y metabolismo, que afectan tanto las características organolépticas como su viabilidad comercial.

Temperatura y su impacto en el almacenamiento

La temperatura es el factor más crítico para regular los procesos metabólicos del tomate. Según su madurez, las recomendaciones oscilan entre 7 y 15 °C. Los tomates verdes maduros pueden mantenerse hasta 14 días entre 12,5 y 15 °C, mientras que los maduros firmes solo 3-5 días a 7-10 °C. No obstante, temperaturas menores a 12,5 °C pueden causar daños por frío, afectando el color, sabor y aumentando la incidencia de enfermedades como la causada por *Alternaria* sp. (Salehi, 2020). Por el contrario, temperaturas superiores aceleran la maduración debido al aumento exponencial de la respiración, lo que reduce drásticamente la vida útil del tomate.

Influencia de la atmósfera controlada

El almacenamiento en atmósfera controlada (AC) a 12 °C y bajo oxígeno (4kPaO₂) retrasa inicialmente el cambio de color y la síntesis de carotenoides. Sin embargo, este beneficio disminuye con el tiempo, igualándose al comportamiento de tomates almacenados en aire. Esto demuestra que la AC es útil para retrasar los cambios fisiológicos en las etapas iniciales de maduración (Tejada-Mendoza et al., 2022).

Firmeza y calidad estructural

La firmeza del tomate se ve afectada por la actividad enzimática, principalmente de la poligalacturonasa y la pectinmetilesterasa. Bajo AC, la pérdida de firmeza se retrasa inicialmente, pero eventualmente converge con los valores de tomates almacenados en aire. Este fenómeno destaca la necesidad de estrategias complementarias para mantener la firmeza durante el almacenamiento prolongado (Tejada-Mendoza et al., 2022).

Contenido de sólidos solubles totales (SST)

Los SST, relacionados con el sabor, tienden a aumentar durante el almacenamiento debido a la hidrólisis de almidón. Bajo AC, los niveles de SST son inicialmente menores, pero alcanzan o superan a los almacenados en aire al final del periodo, reflejando un metabolismo más lento en las primeras etapas (Asgar et al., 2010).

Pérdida de peso y uso de recubrimientos

La pérdida de peso es uno de los indicadores más críticos en el almacenamiento. En condiciones ambientales, los recubrimientos comestibles, como goma de sapote, pueden reducir la transpiración al actuar como barreras adicionales sobre las estomas. Sin embargo, su eficacia varía dependiendo de la formulación y permeabilidad al vapor de agua. En refrigeración, los recubrimientos demostraron ser más efectivos, reduciendo las pérdidas hasta un 8,33 % frente a tratamientos sin cobertura (Dávila-Avina et al., 2011; Salehi, 2020).

Tasa de respiración y contenido nutricional

La tasa de respiración del tomate es mayor en condiciones ambientales que en refrigeración, lo que explica el deterioro más rápido a temperaturas altas. En términos nutricionales, la vitamina C y carotenoides como el licopeno se mantienen mejor bajo AC, garantizando una calidad superior para los consumidores (Tejada-Mendoza et al., 2022).

Características del almacenamiento óptimo de los tomates

El almacenamiento adecuado de tomates es crucial para preservar su calidad durante el transporte y la comercialización. El tomate, siendo un fruto climatérico, es altamente susceptible a la degradación si no se mantienen condiciones óptimas, por lo que la selección de materiales y técnicas para su embalaje y almacenamiento es fundamental. En este contexto, se analizan diversos aspectos, desde el tipo de material para el embalaje hasta las condiciones de temperatura y ventilación durante el almacenamiento.

Materiales de Embalaje

En la investigación se compararon tres tipos de materiales alternativos para el embalaje del tomate: madera, cartón y plástico. Aunque la madera ha sido tradicionalmente usada, el cartón y el plástico ofrecen ventajas significativas en cuanto a la protección del fruto durante el transporte y almacenamiento. Las

cajas de plástico, en particular, presentan varios beneficios, como la reducción de daños mecánicos (golpes y aplastamientos), un factor crítico para la calidad del tomate. Además, estas cajas son ligeras, apilables y reutilizables, lo que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y eficiencia en la logística (Zaragoza et al., 2019).

Protección contra Daños Mecánicos

El tomate es muy sensible a los daños físicos, por lo que la elección del contenedor debe garantizar la protección contra impactos y deformaciones. Las gavetas plásticas, gracias a su rigidez y diseño perforado, distribuyen de manera uniforme el peso de los frutos y permiten apilar las cajas sin comprometer la integridad de los tomates. De esta manera, se minimizan los riesgos de magulladuras, que son una de las principales causas de deterioro acelerado del producto (López et al., 2020).

Higiene y Seguridad Alimentaria

Otro factor clave es la higiene, especialmente en productos frescos como el tomate, que es susceptible a la contaminación por microorganismos. Las gavetas plásticas son fáciles de limpiar y desinfectar, lo que reduce el riesgo de contaminaciones cruzadas y mejora la seguridad alimentaria. Esto es particularmente relevante en la prevención de enfermedades poscosecha causadas por hongos como *Alternaria* spp. o *Botrytis cinerea* (Martínez et al., 2021).

Ventilación y Regulación Térmica

El almacenamiento en cajas o gavetas plásticas con perforaciones facilita la circulación del aire, lo que es esencial para la regulación térmica. Los tomates, como frutos climatéricos, liberan etileno durante su maduración, lo que puede acelerar el proceso si no se controla adecuadamente. La ventilación adecuada ayuda a evitar la acumulación de etileno y a mantener una temperatura homogénea dentro del contenedor. Esto, a su vez, puede extender la vida útil del tomate en hasta un 30% en comparación con otros métodos (García et al., 2022).

Reducción de Pérdida de Peso

El proceso de almacenamiento también debe minimizar la pérdida de agua del tomate, que afecta directamente su peso y calidad comercial. El diseño de las

cajas plásticas favorece la circulación de aire y reduce la pérdida de agua, a diferencia de los materiales como el cartón, que pueden retener humedad y promover la descomposición (Ramírez & Herrera, 2020). Esto resulta en una mejor preservación del peso y la frescura del producto.

Impacto en la Cadena de Suministro

La eficiencia logística es otro aspecto relevante en el almacenamiento de tomates. Las gavetas plásticas optimizan el espacio en el almacenamiento y el transporte debido a su capacidad de apilamiento, lo que reduce los costos asociados con daños durante el transporte y almacenamiento (Núñez & Ortega, 2018). La durabilidad del plástico frente a otros materiales también favorece su reutilización, lo que implica un ahorro a largo plazo.

Parámetros de calidad del tomate

Durante el proceso de cosecha, la manipulación del tomate riñón debe realizarse con extremo cuidado para evitar daños físicos o impactos que afecten su calidad. Posteriormente, los frutos deben clasificarse bajo sombra, eliminando aquellos que presenten signos de daños causados por plagas o enfermedades. Para minimizar pérdidas, se recomienda el uso de cajas plásticas para el transporte, clasificando los tomates según tamaño, forma, estado sanitario y nivel de madurez (INEA, 2008).

El manejo poscosecha del tomate implica su traslado preferentemente en cajas de madera a sitios frescos y sombreados, garantizando condiciones adecuadas para preservar su calidad. La madurez óptima para la cosecha se determina por el desarrollo interno del fruto, donde las semillas están completamente formadas y no se dañan al cortar. El estado "verde maduro" se caracteriza por un color verde brillante y representa el punto de mayor desarrollo del fruto (INEA, 2008).

Propiedades fisiológicas del tomate

Respiración

El tomate presenta un comportamiento climatérico, con una tasa de respiración elevada que varía en función de la temperatura (10-43 mg CO₂/kg h entre 5 y 25 °C) y una emisión de etileno moderada, oscilando entre 3 y 10 µL/kg h a 20 °C. Esta emisión alcanza su máximo cercano al pico respiratorio (José, 2013).

Pérdida de peso

El tomate, como fruto climatérico, continúa su maduración después de la cosecha, lo que incrementa la tasa de respiración y producción de etileno. Este proceso provoca una pérdida significativa de peso debido a la transpiración, generando arrugas en la superficie del fruto. La respiración aumenta hasta alcanzar un pico, seguido de una disminución durante la senescencia (FAO, 2013).

pH

El tomate cherry presenta valores óptimos de sólidos solubles entre 4.5 y 5.5 °Brix, acidez titulable entre 0.5 % y 1.0 %, y un pH inferior a 4.4, adecuados para su comercialización en fresco. En cambio, para el tomate destinado a la industria, el pH debe ser de 4.4, mientras que en fresco varía entre 4.17 y 4.59 (Jonás et al., 2018; Navarro et al., 2012).

Firmeza

La firmeza del tomate depende de su estado de madurez y variedad, siendo un indicador crucial de su calidad durante la cadena de suministro. Este parámetro se ve afectado por la degradación enzimática de componentes celulares como protopectina, pectina y celulosa. Adicionalmente, la pérdida de firmeza está relacionada con la transpiración y la consiguiente pérdida de humedad (Natalia, 2021; García Espejel et al., 2017).

Humedad

La firmeza del tomate disminuye significativamente durante la maduración debido a la actividad enzimática en la pared celular, lo que conduce al ablandamiento del tejido. Este efecto puede mitigarse parcialmente mediante el control de la temperatura, lo que reduce la actividad enzimática (Navarro et al., 2012).

Etileno

El etileno, una hormona vegetal, regula procesos clave durante la maduración, como la síntesis de poligalacturonasa y el incremento en la respiración. Es producido naturalmente durante el envejecimiento y como respuesta a daños mecánicos o estrés. La biosíntesis del etileno incluye la conversión de metionina

a etileno a través de intermediarios como S-adenosil-L-metionina y 1-aminociclopropano-1-carboxílico (Balaguera et al., 2014; Intagri, 2019).

Inhibidores del etileno

El uso de inhibidores químicos como el 1-Metilciclopropeno (1-MCP) retrasa la maduración al bloquear la respuesta al etileno, prolongando la vida útil del tomate y reduciendo pérdidas poscosecha. Este compuesto no tóxico, inodoro y estable, actúa interfiriendo en la cascada de señalización del etileno (Balaguera et al., 2014).

Ethyl Fresh

Ethyl Fresh es un regulador vegetal que limita los efectos del etileno, extendiendo la vida útil de frutas, vegetales y flores. Su uso favorece el control de bacterias y hongos, incrementa la durabilidad y es ambientalmente amigable gracias a la utilización de materiales biodegradables (Ltda., 2021).

Beneficios de Ethyl Fresh

Reduce el impacto del etileno interno y externo.

Inhibe la actividad de hongos y bacterias como *Botrytis* sp.

Aumenta la vida útil durante poscosecha.

Compatible con diferentes tipos de productos vegetales.

Condiciones de Almacenamiento en Cámaras Frigoríficas

Para garantizar las mejores condiciones de conservación del tomate, es recomendable almacenarlo en cámaras frigoríficas que mantengan temperaturas entre 12°C y 15°C, con una humedad relativa del 85% al 95%. Esto minimiza la pérdida de agua y reduce la velocidad de maduración. Además, la implementación de sistemas de renovación de aire y la utilización de gases refrigerantes eficientes aseguran un ambiente controlado para el tomate durante su almacenamiento (Rodríguez et al., 2023).

En la tabla 9 se presenta parámetros específicos para el almacenamiento óptimo de tomates, tanto en gavetas plásticas como en cámaras frigoríficas:

Tabla 9 Parámetros de almacenamiento de tomate riñón

Parámetro	Valor Optimo	Referencia
Temperatura de Almacenamiento	12-15°C	Zaragoza et al. (2019)
Humedad Relativa Ventilación	85-95% Circulación de aire constante	López et al. (2020) Martínez et al. (2021)
Protección contra Daños	Gavetas plásticas con perforaciones para ventilación	García et al. (2022)
Reducción de Pérdida de Agua	Baja evaporación gracias a diseño perforado	Ramírez & Herrera (2020)
Reutilización del Material	Alta (gavetas plásticas reutilizables)	Núñez & Ortega (2018)
Tasa de Etileno	< 0.1 ppm (para evitar maduración prematura)	Pérez & Sánchez (2019)
Condiciones de Cámara Frigorífica (Temperatura)	0°C para prolongar la vida útil de cebollas y tomates	García & López (2020)
Condiciones de Cámara Frigorífica (Humedad)	90-95% para evitar deshidratación y mantener firmeza	López et al. (2020)
Durabilidad del Material	Resistencia mínima de 5 años para garantizar una reutilización efectiva	Núñez & Ortega (2018)
Tasa de Etileno	< 0.1 ppm (para evitar maduración prematura)	Pérez & Sánchez (2019)
Condiciones de Cámara Frigorífica (Temperatura)	0°C para prolongar la vida útil de cebollas y tomates	García & López (2020)

Uso de la atmosfera controlada y otros métodos de conservación en el tomate riñón

El tomate riñón (*Solanum lycopersicum*) es un fruto climatérico, lo que significa que su proceso de maduración continúa después de la cosecha debido a la producción de etileno y su alta tasa respiratoria. Estas características, aunque naturales y esenciales para el desarrollo organoléptico del fruto, representan un

desafío significativo para su manejo poscosecha, ya que aceleran su deterioro y reducen su vida útil. Este comportamiento hace que el tomate riñón sea altamente susceptible a daños mecánicos, pérdida de firmeza, deshidratación, cambios en el color y desarrollo de enfermedades fúngicas durante el almacenamiento, transporte y comercialización (Enríquez, 2018).

Las atmósferas controladas (AC) y modificadas (AM) son técnicas poscosecha que buscan ajustar la composición gaseosa del entorno de almacenamiento, modificando las concentraciones de oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y etileno (C₂H₄) para retrasar los procesos fisiológicos del fruto. Estas técnicas resultan especialmente útiles para productos como el tomate riñón debido a su elevada sensibilidad a la concentración gaseosa.

Importancia de las atmósferas controladas y modificadas en la conservación del tomate riñón

Para contrarrestar estas limitaciones, se han implementado tecnologías de conservación poscosecha, entre las que destacan las atmósferas controladas (AC) y atmósferas modificadas (AM). Estas tecnologías permiten regular la concentración de gases como oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y etileno, con el fin de ralentizar la tasa metabólica del fruto y, por ende, su proceso de maduración.

Atmosferas Controladas (AC)

En un sistema de AC, las condiciones de temperatura, humedad relativa y concentración de gases son estrictamente monitoreadas y controladas. Una reducción en los niveles de oxígeno y un incremento moderado de dióxido de carbono disminuyen la respiración celular y la síntesis de etileno, retrasando así el proceso de maduración (Domínguez et al., 2019). Los parámetros óptimos para el tomate riñón suelen oscilar entre 2-5% de O₂ y 3-5% de CO₂, dependiendo de la variedad y las condiciones específicas del almacenamiento. Esta tecnología es altamente efectiva para el transporte a largas distancias y la prolongación de la vida útil comercial (Membreño, 2014).

Atmósferas Modificadas (AM)

A diferencia de las AC, las atmósferas modificadas no requieren un control continuo, ya que se generan de forma pasiva a partir del intercambio gaseoso del fruto con su entorno, generalmente dentro de envases de plástico con permeabilidad selectiva. Los envases permiten que el tomate regule su entorno gaseoso, reduciendo los niveles de oxígeno y aumentando el dióxido de carbono de manera natural. Esta técnica es más económica y fácil de

implementar, siendo ideal para la conservación en periodos cortos y mercados locales.

Efectos del uso de las atmósferas controladas en el tomate riñón.

La implementación de atmósferas controladas (AC) en la conservación de productos hortofrutícolas, como el tomate riñón, juega un papel fundamental para prolongar su vida útil y mantener su calidad. Esta técnica se basa en modificar la concentración de los gases oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno (N₂) en el entorno de almacenamiento, lo cual reduce significativamente la tasa respiratoria y retrasa procesos metabólicos como la maduración y el deterioro. El nitrógeno desplaza el oxígeno, limitando su disponibilidad y, por ende, ralentizando la oxidación de los tejidos, mientras que el dióxido de carbono, en concentraciones moderadas, inhibe la producción de etileno y controla el desarrollo de microorganismos, evitando la proliferación de bacterias y hongos patógenos (INTAGRI, 2017).

Entre los efectos fisiológicos más importantes de las atmósferas controladas se encuentra la reducción de la tasa respiratoria, lograda al disminuir los niveles de oxígeno e incrementar moderadamente el dióxido de carbono, lo que ralentiza la actividad metabólica del fruto. Adicionalmente, se inhibe la biosíntesis de etileno, una hormona vegetal clave en la maduración, lo que prolonga la fase de conservación y mantiene la firmeza del tomate. Este control se traduce en la preservación de la calidad visual y textural, ya que los bajos niveles de oxígeno y el incremento de CO₂ evitan la acción de enzimas degradativas como la poligalacturonasa y la pectinesterasa, responsables del ablandamiento de los tejidos (Hernández, 2013)

Los sistemas de AC incluyen convencionales, rápidos y ultra bajos en oxígeno, dependiendo del grado de control y de los requerimientos específicos del producto. En el tomate riñón, estudios experimentales han demostrado que, bajo atmósferas modificadas, se alcanza una atmósfera de equilibrio con $18.5 \pm 1.2\%$ de CO₂ y $2.8 \pm 0.7\%$ de O₂, lo cual mantiene constante la producción de etileno y retrasa la maduración. Sin embargo, exposiciones prolongadas a altas concentraciones de CO₂ pueden generar efectos negativos en las propiedades organolépticas, como el sabor y aroma, debido a la acumulación de compuestos no deseados como acetaldehído y etanol (Moura, 1997). La aplicación de atmósferas controladas no solo permite reducir las pérdidas poscosecha, sino que también asegura una mayor aptitud comercial del tomate riñón, especialmente durante su almacenamiento y transporte a mercados locales e

internacionales. Esta tecnología resulta especialmente beneficiosa para productos de exportación, donde la prolongación de la vida útil y el mantenimiento de la calidad son aspectos críticos para su comercialización. Además, el uso de sistemas más avanzados como la AC rápida y ultra bajo oxígeno ofrecen tiempos de respuesta más cortos y mejores resultados en términos de conservación, lo cual representa un avance significativo en la gestión poscosecha de productos perecederos (Cano, 2012).

Efectos en la modificación de atmósferas controladas

Los efectos de la técnica de atmósfera modificada (AM) varían según el tipo de producto, variedad, estado fisiológico, composición atmosférica, temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento, lo que genera diferentes resultados incluso para un mismo producto. Su adecuada aplicación mejora los resultados de la refrigeración convencional, siempre que se mantengan condiciones óptimas de temperatura, humedad y niveles de gases como O₂, CO₂ y C₂H₄ dentro de límites tolerables para evitar efectos adversos (Mullan, 2002). La AM minimiza o inhibe factores alterantes en los alimentos al reducir reacciones químicas, enzimáticas y microbianas, preservando así la calidad durante el almacenamiento. Entre sus beneficios destacan la inhibición de la maduración, la reducción de la actividad respiratoria, la conservación de textura, color, y vitaminas, y la limitación de pérdidas de acidez, azúcares y clorofila. Además, prolonga la vida útil, mantiene características organolépticas, reduce el desarrollo microbiano, minimiza el uso de aditivos y evita residuos en los productos. Sin embargo, esta técnica presenta desventajas, como el costo de los equipos y materiales, y la pérdida de beneficios al abrir los envases. También, niveles inadecuados de O₂ pueden inducir respiración anoxigénica, deteriorando la calidad de los alimentos (Valverde, 2005). En la tabla 10 y 11 se detallan los efectos de la modificación en la atmósfera controlada.

Tabla 10 Efectos del empobrecimiento en Oxígeno de la atmósfera de conservación del tomate.

Favorables	Desfavorables (por debajo del límite tolerable)
Reducción de la actividad respiratoria y del calor generado durante el proceso.	Maduración anormal del producto.
Prolongación del periodo de conservación de los productos.	Fermentación interna que ocasiona alteraciones en el sabor y aroma.
	Proliferación de bacterias ácido-lácticas que afectan las características organolépticas.

Inhibición de la maduración y degradación de la clorofila.	Sensibilización de los tejidos a daños por frío y altas concentraciones de CO ₂ , lo que provoca pardeamientos y necrosis.
Ralentización del metabolismo de carbohidratos, proteínas, lípidos, ácidos, vitaminas y pectinas, entre otros compuestos.	Aparición de pardeamientos superficiales, internos o desarrollo de corazón pardo.
Disminución en la biosíntesis de etileno (C ₂ H ₄) y compuestos aromáticos.	Formación de cavernas internas en los tejidos.
Minimización del pardeamiento enzimático.	Desarrollo de depresiones o picados en la epidermis.
Reducción de los daños ocasionados por bajas temperaturas.	Necrosis de los tejidos afectados.
Limitación del desarrollo de hongos fitopatógenos en condiciones de muy bajas temperaturas.	Incremento en las alteraciones fúngicas en zonas dañadas por heridas.

Fuente: Ospina, 2008

Tabla 11 Efecto del empobrecimiento de CO₂ de la atmosfera de conservación de tomate.

Favorables	Desfavorables (por debajo del límite tolerable)
Inhibición de la actividad respiratoria y reducción del calor generado durante este proceso.	Maduración irregular que compromete la calidad del producto.
Disminución de la transpiración del producto.	Fermentación interna que genera modificaciones indeseadas en el sabor y aroma.
Extensión de la vida útil de conservación en ciertos casos.	Desarrollo de bacterias ácido-lácticas que alteran las propiedades organolépticas.
Reducción o inhibición de la síntesis de etileno (C ₂ H ₄) y retraso en la aparición del punto climaterio.	Mayor susceptibilidad de los tejidos a daños por frío y altas concentraciones de CO ₂ , causando necrosis y pardeamientos.
Ralentización de los procesos de maduración, incluyendo el metabolismo de azúcares, proteínas, lípidos, ácidos, vitaminas y la degradación de la clorofila.	Formación de pardeamientos superficiales, internos o de corazón pardo en el producto.
A concentraciones superiores al 15%, se observa una ligera disminución en	Aparición de cavidades internas en los tejidos.

el desarrollo de hongos, bacterias e insectos.	Generación de depresiones o lesiones tipo picado en la epidermis. Daño estructural con necrosis en los tejidos comprometidos. Incremento de infecciones fúngicas en áreas previamente dañadas.
--	--

El contacto con el aire y el oxígeno afecta negativamente a las vitaminas A y C, altera los colores, sabores y otros elementos de los alimentos. Para frenar el desarrollo de microorganismos que dependen de oxígeno, se emplean métodos como el envasado en atmósferas con bajo contenido de este gas, lo cual incluye el uso de dióxido de carbono (CO₂), nitrógeno (N₂) y atmósferas controladas o modificadas.

El dióxido de carbono, un gas soluble y más pesado que el aire, limita el desarrollo de microorganismos aeróbicos y reduce la actividad metabólica de frutas y hortalizas, aunque su concentración elevada puede ocasionar daños en los tejidos vegetales. Además, disminuye la acción del etileno, favoreciendo la conservación (Ospina, 2008).

El oxígeno, cuando está presente en niveles inferiores al 21%, disminuye la respiración y retrasa la maduración de productos. Sin embargo, concentraciones menores al 2.5% pueden generar fermentación, afectando el aroma y sabor. Por este motivo, se desaconseja el uso prolongado de niveles extremadamente bajos en algunos alimentos.

El nitrógeno, inerte y con baja solubilidad, reemplaza el oxígeno en envases para prevenir la oxidación y mantener la integridad del empaque. Sin embargo, no es eficaz contra bacterias anaerobias, por lo que se adiciona algo de oxígeno para controlarlas.

Para lograr resultados óptimos en el envasado con atmósferas modificadas, es crucial considerar factores como la mezcla de gases, el tipo de envase, las condiciones de almacenamiento y las propiedades del tomate, como se detalla en la tabla 12.

Tabla 12 Gases utilizados en las atmósferas modificadas

	N ₂	CO ₂	O ₂
Propiedades físicas	Inerte, insoluble	insípido, ligero sabor ácido, soluble en agua y grasa	Comburente, insípido e inodoro.
Ventajas	El desplazamiento del oxígeno (O ₂) inhibe el desarrollo de microorganismos aerobios y previene la oxidación de grasas, contribuyendo a una conservación más eficaz de los alimentos.	Bacteriostático. Fungistático. Insecticida	Oxigena carnes rojas. Inhibe anaerobios. Sostiene metabolismos vegetales.
Desventajas	-	Solubilidad en agua y grasa	Oxidación de grasas.

Fuente: Ospina, 2008

La combinación óptima de gases para el envasado del tomate riñón en atmósferas modificadas (AM) debe ser cuidadosamente ajustada para maximizar la vida útil del producto y preservar sus características organolépticas. Generalmente, se recomienda una atmósfera con un bajo nivel de oxígeno (O₂) y una mayor concentración de dióxido de carbono (CO₂). En particular, una mezcla común es de aproximadamente 5-10% de O₂ y 10-15% de CO₂, lo que reduce la tasa respiratoria del tomate, retrasa la maduración y minimiza la proliferación de microorganismos. Esta combinación favorece la conservación del color y la textura del tomate riñón, además de reducir el riesgo de desarrollo de enfermedades. Es crucial que esta atmósfera se mantenga a temperaturas bajas para optimizar el efecto conservador de los gases, ya que temperaturas más altas pueden acelerar el proceso respiratorio y la maduración, contrarrestando los beneficios del envasado en AM (Ospina, 2008).

Durabilidad y vida útil del tomate riñón en almacenamiento

La durabilidad y vida útil del tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) durante el almacenamiento representa un desafío crítico en la gestión poscosecha, debido a su naturaleza altamente perecedera y a su sensibilidad tanto a factores bióticos

como abióticos. Estos incluyen fluctuaciones en la temperatura, la humedad relativa, la exposición a gases como el etileno, y el ataque de microorganismos que aceleran su deterioro. Dado que el tomate es uno de los cultivos más consumidos a nivel mundial, garantizar su calidad durante el almacenamiento y transporte es esencial para satisfacer la demanda del mercado, reducir pérdidas económicas y optimizar su disponibilidad para los consumidores.

Las estrategias contemporáneas dirigidas a extender la vida útil del tomate riñón no solo se enfocan en retrasar los procesos de maduración y senescencia, sino también en preservar atributos clave como la firmeza, el sabor, el color y el contenido de nutrientes, tales como los carotenoides y la vitamina C, que son determinantes de su valor comercial y nutricional. Al mismo tiempo, estas estrategias están alineadas con los objetivos globales de sostenibilidad, buscando minimizar el impacto ambiental que genera el uso de materiales no biodegradables para el embalaje.

En este contexto, las investigaciones se han centrado en el desarrollo e implementación de tecnologías innovadoras, como los recubrimientos comestibles y las atmósferas modificadas, que permiten un control más efectivo de las condiciones ambientales y los procesos fisiológicos del fruto. Estas tecnologías han demostrado ser herramientas efectivas para regular la tasa de respiración y la producción de etileno, los cuales son factores críticos en la degradación del tomate. Por ejemplo, el uso de películas biodegradables a base de proteínas, lípidos o carbohidratos no solo extiende la vida de anaquel del tomate, sino que también contribuye a la reducción de residuos plásticos, promoviendo prácticas más responsables con el medio ambiente.

Películas y Recubrimientos Comestibles para el Tomate Riñón

Un recubrimiento biodegradable aplicado al tomate riñón puede definirse como una matriz delgada, continua y transparente que se forma alrededor del fruto mediante procesos como la inmersión en una solución formadora de recubrimiento. Este tipo de tecnología busca preservar la calidad del tomate, prolongando su vida útil y actuando como un empaque funcional y sostenible.

Los recubrimientos biodegradables activos son particularmente efectivos para mantener la calidad y extender la vida útil del tomate riñón. Además, ayudan a prevenir el deterioro microbiano, un problema común en este tipo de fruto debido a su alta actividad biológica. Los procesos de transpiración (pérdida de humedad), respiración (intercambio de gases), maduración y otras reacciones bioquímicas inherentes al tomate son factores que aceleran su deterioro. La

aplicación de recubrimientos biodegradables puede mitigar estos procesos al crear barreras protectoras semipermeables.

Estos recubrimientos ayudan a reducir la pérdida de humedad y la migración de solutos en los tomates riñón, ofreciendo una solución efectiva para conservar su frescura, valor nutricional y calidad organoléptica. Funcionan como barreras semipermeables al intercambio de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono, y al vapor de agua, reduciendo así la tasa de respiración y la pérdida de agua. Además, tienen efectos similares a las atmósferas modificadas, retrasando el deterioro y la senescencia de los frutos.

Sin embargo, los recubrimientos biodegradables deben cumplir con ciertas exigencias funcionales para ser efectivos en el tomate riñón. Es esencial que permitan un nivel controlado de permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono, ya que una barrera demasiado hermética podría inducir condiciones de respiración anaeróbica. Esto no solo puede generar desórdenes fisiológicos en el fruto, sino que también puede acelerar la pérdida de calidad y reducir drásticamente su vida de anaquel. Por lo tanto, el diseño y aplicación de estos recubrimientos requieren un equilibrio cuidadoso entre la preservación de la calidad y el mantenimiento de las condiciones fisiológicas óptimas del tomate riñón.

Asimismo, la durabilidad del tomate riñón está influenciada por las características genéticas del cultivar y su manejo durante las etapas de producción y cosecha. Cultivares con mayor firmeza, resistencia a enfermedades y capacidad antioxidante intrínseca tienen un rendimiento superior en almacenamiento, aunque estas características deben equilibrarse con las demandas del consumidor en cuanto a sabor y calidad. De esta manera, los esfuerzos de mejora genética y las tecnologías poscosecha se complementan para abordar este desafío, ofreciendo soluciones que abarcan desde el campo hasta el punto de venta, en la tabla 13 se presentan las ventajas y desventajas de la utilización de estos elementos.

Tabla 13 Características de las películas biodegradables en el tomate riñón

Características	Libre de tóxicos y seguros para la salud Tecnología simple para su elaboración Transparentes Mejoran las propiedades mecánicas y preservar la textura del tomate.
-----------------	--

Recubrimientos y películas biodegradables para tomate riñón	Ventajas	<p>Reducen la pérdida de peso</p> <p>Protegen la textura de los frutos</p> <p>Reducen la velocidad de respiración y la producción de etileno en la maduración</p> <p>Reducen la degradación microbiológica</p> <p>Protegen los componentes aromáticos, vitaminas, antioxidantes, antocianinas y pigmentos.</p>
	Desventajas	<p>Reacciones alérgicas</p> <p>Aumento de costos</p> <p>Uso de maquinaria</p> <p>Necesidad de un segundo embalaje porque tienen menos resistencia física y química en comparación.</p>

Uso de Películas Comestibles para Extender la Vida Útil

Las películas o films comestibles han sido intensamente investigadas durante las últimas décadas como una alternativa sostenible para prolongar la vida útil de frutas y hortalizas. Dependiendo de su composición, estas películas pueden regular procesos de transferencia de masa, como la difusión de oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua y etileno, todos ellos determinantes en la tasa de maduración y descomposición del tomate. La tabla 14 presenta las características de las películas comestibles.

Tabla 14 Aplicación de películas comestibles al tomate riñón

Componente de la película	Propiedades barreras	Aplicación en tomate riñón	Requerimientos de optimización
Proteínas de suero de leche	Buena barrera contra gases (O ₂ y CO ₂)	Regula la respiración y maduración	Incrementa la resistencia al vapor de agua mediante el uso de biocapas hidrofóbicas.

Glicerol (plastificante)	Mejora elasticidad flexibilidad material	la y del	Facilita adhesión al fruto, minimizando efectos estructurales en la película durante el almacenamiento	la	Ajusta concentración para evitar fragilidad o retención excesiva de humedad
Películas hidrofóbicas (biocapas)	Genera excelente transferencia vapor de agua	una de	Minimiza deshidratación del fruto, conservando sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas por más tiempo.	la	Integra capas hidrofílicas para mantener un balance funcional
Interacción con etileno	Capacidad de modulación niveles de etileno	de de	Ralentiza maduración conservando calidad extendiendo el periodo de almacenamiento	la	Incorpora agentes activos para mejorar el control de acción de etileno.

Importancia de los Recubrimientos en Tomates Perecederos

Los recubrimientos comestibles son útiles en verduras como el tomate, que se caracteriza por una elevada tasa de respiración y generación de etileno durante la poscosecha. En un estudio específico sobre la aplicación de una biocapa formada por aislado de proteína de suero de leche y monoesterato de glicerilo acetilado, se demostró una mejora significativa en la vida útil del tomate riñón, reduciendo la pérdida de peso, el ablandamiento y la incidencia de pudrición durante el almacenamiento (Galiotta, 2001). Esto se debe a que dichos recubrimientos actúan como una barrera selectiva, ralentizando los procesos de deterioro.

Retos Genéticos y Fisicoquímicos en la Durabilidad del Tomate

El tomate riñón, al igual que otras variedades comerciales, ha sido sujeto a un proceso de domesticación intensivo que ha priorizado características como el rendimiento y la uniformidad, a expensas de la variabilidad genética y la resistencia a factores abióticos y bióticos (Bai y Lindhout, 2007). Esta limitada diversidad genética ha resultado en frutos más susceptibles al deterioro durante el almacenamiento. No obstante, investigaciones recientes han identificado genotipos nativos con mayor resistencia a condiciones de estrés y mejor calidad fisicoquímica, lo que los posiciona como una fuente potencial para el mejoramiento de cultivares comerciales (Nieto-Ángel et al., 2019; Florido et al., 2016).

Impacto de la Composición Fisicoquímica en la Vida Útil

La composición química de los tomates también influye directamente en su durabilidad. Frutos con mayor contenido de sólidos solubles, como glucosa y fructosa, así como ácido cítrico, tienden a presentar una calidad sensorial superior, pero pueden ser más susceptibles a la descomposición si no se manejan adecuadamente (Hernández et al., 2008). Por ello, la implementación de tecnologías poscosecha, como el uso de atmósferas controladas y recubrimientos funcionales, es esencial para maximizar la conservación de estos atributos.

Cuestionario

1. ¿Cómo afecta el almacenamiento en condiciones de aire controlado (AC) a los niveles de sólidos solubles totales (SST) en los tomates?

- a) Los niveles de SST son menores en AC comparado con el almacenamiento en aire.
- b) Los niveles de SST aumentan durante el almacenamiento en AC.
- c) Los niveles de SST se mantienen constantes durante todo el almacenamiento.
- d) Los SST disminuyen a medida que avanza el almacenamiento en AC.

2. ¿Qué efecto tienen los recubrimientos comestibles en la pérdida de peso de los tomates durante el almacenamiento?

- a) Aumentan la pérdida de peso debido a su permeabilidad.
- b) No tienen ningún efecto sobre la pérdida de peso.
- c) Reducen la pérdida de peso al reducir la transpiración.
- d) Solo son efectivos en refrigeración, no en condiciones ambientales.

3. ¿Qué material de embalaje ofrece beneficios significativos en la protección de los tomates durante el transporte y almacenamiento?

- a) Madera
- b) Cartón
- c) Plástico
- d) Vidrio

4. ¿Cómo afectan las gavetas plásticas al manejo de los tomates durante el almacenamiento?

- a) Provocan más daños mecánicos debido a su rigidez.
- b) Permiten apilar las cajas sin comprometer la integridad de los tomates.
- c) Son difíciles de limpiar y desinfectar, lo que aumenta el riesgo de contaminación.

d) Reducen la circulación de aire y favorecen la acumulación de etileno.

5. ¿Qué factor influye en la pérdida de peso del tomate postcosecha?

a) La temperatura y la transpiración.

b) El tipo de material de embalaje.

c) La cantidad de etileno producido.

d) La reducción de la humedad en el ambiente.

6. ¿Cuál es el valor óptimo de temperatura para el almacenamiento del tomate riñón?

a) 0-5°C

b) 12-15°C

c) 20-25°C

d) 5-10°C

7. ¿Qué tipo de cajas son recomendadas para reducir los daños mecánicos durante el transporte del tomate riñón.

a) Cajas de cartón

b) Cajas de madera

c) Gavetas plásticas con perforaciones

d) Cajas de metal

8. ¿Qué concentración de dióxido de carbono (CO₂) es ideal para el almacenamiento del tomate riñón en atmósferas controladas?

a) 1-3%

b) 2-5%

c) 3-10%

d) 5-10%

9. ¿Qué técnica de conservación se caracteriza por un control pasivo de la concentración de gases en el entorno de almacenamiento del tomate?

- a) Atmosferas controladas (AC)
- b) Atmosferas modificadas (AM)
- c) Refrigeración
- d) Atmósferas de oxígeno elevado

10. ¿Cuál es el efecto principal de la atmósfera controlada (AC) en la conservación del tomate riñón?

- a) Aumenta la tasa de respiración
- b) Retrasa la maduración y deterioro
- c) Acelera la maduración
- d) Incrementa la producción de etileno

Capítulo V

Perdidas poscosecha del Tomate Riñón

Las pérdidas alimentarias que ocurren en la poscosecha del tomate riñón pueden clasificarse en dos tipos principales: cuantitativas y cualitativas. Estas pérdidas son consecuencia de la naturaleza de los productos agroalimentarios, los cuales son organismos vivos que, al respirar y transformarse, interactúan con su entorno y se convierten en fuente de alimento para diversos organismos. Este proceso de interacción natural es el origen de las pérdidas poscosecha.

Una pérdida alimentaria se define como cualquier modificación o degradación que afecta la cantidad, los atributos comestibles o la calidad del alimento, volviéndolo no apto para el consumo humano (FAO, 2013). Estas pérdidas no solo generan impactos económicos significativos para los productores y la industria alimentaria, sino que también tienen implicaciones ambientales y sociales importantes, como el desperdicio de recursos utilizados durante el cultivo, incluyendo agua, energía y tierra (Parfitt et al., 2010).

En el caso específico del tomate riñón, un producto de alta demanda en Ecuador y otros países, la gestión adecuada de la poscosecha es esencial para minimizar pérdidas y asegurar que el producto llegue al consumidor final en óptimas condiciones. Esto implica implementar prácticas de manejo, almacenamiento y transporte que mantengan la calidad y reduzcan la exposición a factores que aceleran su deterioro, como el daño mecánico, la temperatura y la humedad inadecuada (Kader, 2002). Por lo tanto, la optimización de procesos poscosecha no solo contribuye a la sostenibilidad del sistema alimentario, sino que también puede mejorar los ingresos de los agricultores y garantizar el acceso de los consumidores a alimentos de alta calidad.

Perdidas Poscosecha

Las pérdidas poscosecha del tomate riñón representan un desafío significativo en la cadena de suministro agrícola, impactando tanto la economía como la seguridad alimentaria. Estas pérdidas pueden ser cuantitativas, como la reducción del peso debido a la deshidratación, o cualitativas, relacionadas con el deterioro de la calidad, como manchas, ablandamiento o infecciones fúngicas. Factores como el transporte inadecuado, la falta de control en las condiciones de almacenamiento y la manipulación excesiva en la comercialización contribuyen a estas pérdidas. Además, al ser un producto perecedero, el tomate riñón es particularmente vulnerable a cambios en temperatura, humedad relativa y presión mecánica. Para mitigar estas pérdidas, es fundamental implementar prácticas de manejo poscosecha que incluyan un transporte cuidadoso,

almacenamiento en ambientes controlados y estrategias de empaque que minimicen el daño mecánico y prolonguen la vida útil del producto. Estas acciones no solo mejoran la calidad final del tomate, sino que también contribuyen a la sostenibilidad de la producción agrícola (Enríquez, 2017).

Perdidas en Transporte

El transporte es una de las etapas más críticas en la poscosecha del tomate riñón, ya que los daños mecánicos son frecuentes debido a la manipulación inadecuada, vibraciones, golpes y apilamientos excesivos. Estos factores contribuyen a la ruptura de la epidermis del fruto, aumentando la susceptibilidad a infecciones y acelerando su deterioro (Kader, 2002). Además, condiciones ambientales adversas como altas temperaturas o falta de ventilación durante el transporte pueden intensificar la pérdida de agua, reduciendo el peso del producto y su calidad (FAO, 2013). La implementación de vehículos adecuados, sistemas de amortiguación y el uso de empaques protectores son estrategias esenciales para mitigar estas pérdidas (Mahajan et al., 2014).

Perdidas en almacenamiento

Durante el almacenamiento, el tomate riñón continúa su proceso de respiración y maduración, lo que puede derivar en pérdidas significativas si no se controlan adecuadamente las condiciones ambientales. La temperatura y la humedad relativa son factores clave: temperaturas altas aceleran la respiración y el etileno, mientras que la humedad insuficiente favorece la deshidratación y arrugamiento del fruto (Thompson, 2010). Las pérdidas también ocurren debido a la proliferación de microorganismos patógenos, especialmente en condiciones de almacenamiento prolongado sin refrigeración (Kader, 2002). Por lo tanto, el uso de cámaras refrigeradas, sistemas de monitoreo de condiciones y tratamientos antifúngicos puede reducir estas pérdidas y extender la vida útil del producto.

Perdidas en comercialización

En la etapa de comercialización, las pérdidas suelen estar relacionadas con la exposición del producto a condiciones subóptimas en puntos de venta, como mercados y supermercados. Los tomates suelen ser expuestos a fluctuaciones de temperatura, manipulación excesiva por parte de los consumidores y exposición directa al sol o al viento, lo que acelera su deterioro físico y visual (Parfitt et al., 2010). Además, la falta de estándares en la clasificación y empaque puede resultar en productos dañados o no aptos para la venta. La adopción de empaques atractivos y protectores, así como la educación de los comerciantes

sobre el manejo adecuado del tomate, son estrategias fundamentales para minimizar estas pérdidas (FAO, 2013).

Calculo de la perdida poscosecha

Se deben evaluar en diferentes etapas como: cosecha, transporte, almacenamiento y comercialización. Para lo cual utilizaremos la ecuacion 1.

$$PP = \frac{PI-PF}{PI} X 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

PI: Peso Inicial

PF: Peso Final

PP: Peso Porcentual

Ejemplo:

Un agricultor evaluó las pérdidas poscosecha de 100 kg de tomate riñón en tres etapas clave: transporte, almacenamiento y comercialización. Durante el proceso, se registraron los siguientes datos: un peso inicial de 100 kg, una reducción a 95 kg tras el transporte, a 92 kg después del almacenamiento, y finalmente a 88 kg en la etapa de comercialización. **Calcule las perdidas porcentuales y la pérdida total acumulada.**

1. Calculamos las perdidas por etapas:

Transporte:

$$PP \text{ Transporte} = \frac{100 - 95}{100} X 100 = 5 \%$$

Almacenamiento

$$PP \text{ Almacenamiento} = \frac{95 - 92}{95} X 100 = 3.16 \%$$

Comercialización

$$PP \text{ Comercialización} = \frac{92 - 88}{88} X 100 = 4.35 \%$$

$$PP \text{ total} = 5 \% + 3.16 \% + 4.35 \% = 12.51 \%$$

Para cuantificar las pérdidas, se calcularon los porcentajes en cada etapa, resultando en una pérdida del 5 % en el transporte, 3,16 % en el almacenamiento y 4,35 % durante la comercialización.

Al sumar estas pérdidas, se obtuvo una pérdida acumulada total del 12,51 %. Estos resultados destacan la importancia de implementar estrategias de manejo poscosecha para minimizar el impacto de las pérdidas y mejorar la eficiencia en la cadena de suministro del tomate riñón.

Perdidas de calidad (Color, firmeza y textura)

La evaluación de las pérdidas poscosecha por atributos de calidad como color, firmeza y frescura implica determinar el porcentaje de frutos que no cumplen con los estándares aceptables establecidos para el mercado o el consumidor final. Esto se puede realizar mediante análisis físico-químicos y clasificaciones visuales o instrumentales. Para el cálculo vamos a utilizar la ecuación 2.

$$PPQ = \frac{NI}{TI} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

PPQ: Porcentaje de Pérdidas por Calidad (%)

NI: Número de frutos o cantidad de producto no apto según los estándares de calidad.

TI: Número total de frutos o cantidad inicial evaluada.

Método de evaluación:

Color: Se utiliza un colorímetro o una escala visual para clasificar los frutos según escala de madurez.

Firmeza: Se mide con un penetrómetro, estableciendo un rango de firmeza aceptable (por ejemplo, de 3 a 5 kgf/cm²).

Frescura: Se evalúa con criterios visuales y sensoriales como el brillo, ausencia de arrugas o señales de deshidratación.

Ejemplo:

Un agricultor recolectó 100 tomates donde evaluó su calidad después del almacenamiento y transporte, en función a sus parámetros definidos: *color*: Frutos aceptables: 80, Frutos no aptos: 20. *Firmeza aceptable*: Entre 3 y 5 kgf/cm². Frutos aceptables: 75. Frutos no aptos: 25. *Frescura aceptable*: Sin arrugas ni manchas visibles. Frutos aceptables: 85. Frutos no aptos: 15. **Calcular las pérdidas por cada atributo y la pérdida total promedio.**

1 Calculo de pérdidas por atributo:

Color

$$PPQ = \frac{20}{100} \times 100 = 20 \%$$

Firmeza

$$PPQ = \frac{25}{100} \times 100 = 25 \%$$

Frescura

$$PPQ = \frac{15}{100} \times 100 = 15 \%$$

Pérdida total promedio

$$PPQ_{total} = \frac{20 + 25 + 15}{3} \times 100 = 20 \%$$

El agricultor experimentó una pérdida promedio del 20 % debido a la no conformidad de los tomates con los estándares de calidad establecidos. Este análisis evidencia la necesidad de implementar mejoras en el manejo poscosecha, como el uso de empaques adecuados y el monitoreo de condiciones ambientales, para mantener atributos clave como color, firmeza y frescura.

Cuestionario

Resolver

Un agricultor recolectó 150 tomates y evaluó su calidad después del almacenamiento y transporte según los siguientes parámetros:

Color:

Frutos aceptables: 130

Frutos no aptos: 20

Firmeza (kgf/cm²):

Frutos aceptables (3-5 kgf/cm²): 120

Frutos no aptos: 30

Frescura:

Frutos aceptables (sin arrugas ni manchas): 140

Frutos no aptos: 10

Pregunta:

Calcular las pérdidas por cada atributo y la pérdida total promedio.

Resolver

Un agricultor recolectó 200 tomates y evaluó su calidad después del almacenamiento y transporte según los siguientes parámetros:

Color:

Frutos aceptables: 180

Frutos no aptos: 20

Firmeza (kgf/cm²):

Frutos aceptables (3-5 kgf/cm²): 170

Frutos no aptos: 30

Frescura:

Frutos aceptables (sin arrugas ni manchas): 190

Frutos no aptos: 10

Pregunta:

Calcular las pérdidas por cada atributo y la pérdida total promedio.

Capítulo VI

Análisis fisicoquímico y microbiológicos del tomate riñón

El análisis físico del tomate riñón es esencial en los sistemas de aseguramiento de calidad, ya que permite determinar y controlar su valor nutricional, así como verificar el cumplimiento de criterios específicos para garantizar su calidad (Vallejo, 2022). Además, ayuda a identificar desviaciones, anomalías y contaminaciones en los tomates, tanto en su estado crudo como después de haber sido procesados. Este análisis proporciona herramientas poderosas para caracterizar al tomate riñón desde una perspectiva nutricional y toxicológica, constituyendo una disciplina científica de gran relevancia para el desarrollo de otras áreas del conocimiento, como la bioquímica, la medicina y las ciencias farmacéuticas (Enríquez, 2022).

El análisis físico debe considerar la descripción del tomate riñón desde distintos enfoques: estructural, termodinámico, molecular, cinético y hedónico-nutricional. La complejidad de estos enfoques radica en que los alimentos, incluido el tomate riñón, son en su mayoría sistemas coloidales, lo que hace que su estudio requiera una atención detallada a su estructura y propiedades en diversas condiciones.

Determinación del Contenido de agua

Se utiliza el método de desecación por intermedio de la estufa que tiene el siguiente procedimiento:

Materiales:

Tomates riñón frescos.

Balanza analítica (con precisión de al menos 0.001 g).

Estufa de secado.

Papel filtro o recipientes adecuados para el secado.

Desecador (opcional, para evitar la absorción de humedad ambiental).

Pinzas.

Termómetro (para monitorear la temperatura de la estufa).

Procedimiento

Selección y Preparación de la Muestra:

Selecciona varios tomates riñón frescos para asegurar representatividad en la muestra.

Lava y seca bien los tomates, luego corta una pequeña porción de cada uno (por ejemplo, 10-20 g por muestra).

Pesado Inicial:

Pesa la muestra fresca (con la porción de tomate ya cortada) en la balanza analítica. Registra el peso inicial de la muestra como peso fresco (W_f).

Secado:

Coloca la muestra (ya pesada) en un recipiente adecuado o en papel filtro.

Introduce la muestra en la estufa de secado a una temperatura controlada entre 60-70 °C. El tiempo de secado dependerá del tamaño de la muestra, pero generalmente oscila entre 24 y 48 horas.

Durante el proceso de secado, asegúrate de que la temperatura en la estufa no exceda los 70 °C para evitar la descomposición de algunos compuestos en el tomate.

Pesado Final:

Después del tiempo de secado, saca el recipiente con la muestra de la estufa.

Deja enfriar en un desecador para evitar la absorción de humedad ambiental.

Pesa la muestra seca (después del secado total). Este será el peso seco (W_s).

Cálculo del contenido de agua:

El contenido de agua se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de agua (\%)} = \frac{W_f - W_s}{W_f} \times 100$$

Donde:

Wf: es el peso fresco.

Ws: es el peso seco.

Determinación del pH en Tomates Frescos

La determinación del pH en tomates frescos es un proceso importante para evaluar su madurez y calidad. Aquí te presento un procedimiento general para medir el pH de los tomates frescos:

Materiales Necesarios:

Tomates frescos a analizar.

Medidor de pH portátil o de laboratorio.

Electrodo de pH adecuado para productos alimenticios.

Cuchillo limpio para cortar los tomates.

Vaso de precipitados o recipiente limpio.

Agua destilada para enjuagar el electrodo.

Papel de filtro o toallas de papel.

Procedimiento:

Preparación de la Muestra:

Selecciona los tomates frescos que deseas analizar.

Lávalos con agua limpia para eliminar cualquier suciedad superficial.

Corta los tomates en trozos pequeños utilizando un cuchillo limpio.

Preparación del Medidor de pH:

Enciende el medidor de pH y calibra el electrodo según las instrucciones del fabricante. Generalmente, esto implica el uso de soluciones tampón de pH conocidas (pH 4.0 y pH 7.0).

Asegúrate de que el electrodo esté limpio y en buen estado.

Medición del pH:

Coloca los trozos de tomate en un vaso de precipitados o recipiente limpio.

Inserta el electrodo de pH directamente en la pulpa del tomate. Si el electrodo tiene una forma cónica, puede penetrar fácilmente en el tomate.

Asegúrate de que el electrodo esté completamente sumergido en la pulpa del tomate para obtener una lectura precisa.

Espera unos segundos hasta que la lectura del pH se estabilice en el medidor.

Registro de Resultados:

Anota el valor del pH que se muestra en el medidor.

Repite el proceso con varias muestras de tomate para obtener un promedio representativo.

Limpieza del Electrodo:

Enjuaga el electrodo con agua destilada después de cada medición para evitar la contaminación cruzada.

Seca el electrodo con papel de filtro o toallas de papel antes de la siguiente medición.

Importancia del pH en Tomates Frescos:

El pH del tomate es un indicador de su madurez y calidad. Un pH óptimo para tomates maduros es aproximadamente 4.61

En alimentos procesados, el pH debe estar por debajo de 4.2 para evitar el crecimiento de patógenos y microorganismos.

La medición del pH ayuda a determinar el momento óptimo de cosecha y a asegurar la calidad del producto durante su procesamiento y almacenamiento.

Sólidos Solubles Totales (SST)

Se mide en grados Brix (°Bx) y está relacionado con el contenido de azúcares. Valores entre 4 y 6 °Bx indican un tomate con buen nivel de dulzura y madurez adecuada.

Acidez Total Titulable (ATT)

Expresada en porcentaje de ácido cítrico, la ATT varía entre 0.3 % y 0.6 %, afectando el sabor y la estabilidad del tomate.

Humedad

El contenido de agua en el tomate es aproximadamente del 94 %, lo que lo hace un producto perecedero. La determinación de humedad es clave para evaluar su calidad y vida útil.

Contenido de Vitamina C

Se mide por titulación con reactivo de 2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP). La vitamina C es un antioxidante esencial y su concentración promedio en el tomate es de 10 a 20 mg/100 g.

Carotenoides

Los carotenoides, especialmente el licopeno, confieren el color característico al tomate y tienen propiedades antioxidantes. Se determinan mediante espectrofotometría.

Análisis Microbiológico

El control microbiológico es fundamental para asegurar la inocuidad del tomate riñón. Se evalúan los siguientes parámetros:

Recuento de Aerobios Mesófilos

Este análisis indica la carga microbiana general del producto. Valores superiores a 10^6 UFC/g pueden indicar contaminación.

Coliformes Totales y Fecales

Se determina mediante técnicas de filtración y medios diferenciales. La presencia de coliformes fecales indica contaminación por fuentes de agua insalubre o malas prácticas de higiene.

Salmonella spp.

El tomate debe estar libre de *Salmonella*, ya que su presencia representa un riesgo significativo para la salud pública.

Mohos y Levaduras

Los hongos pueden deteriorar el tomate y afectar su calidad comercial. Se evalúa la presencia de mohos y levaduras con técnicas de cultivo en medios selectivos.

Relevancia Nutricional y Seguridad Alimentaria

El tomate riñón es una fuente importante de antioxidantes, vitaminas y minerales. La aplicación de análisis fisicoquímicos y microbiológicos permite identificar factores que pueden afectar su calidad y seguridad, garantizando un producto apto para el consumo humano.

Firmeza

Es un parámetro crucial que refleja la calidad del fruto y su capacidad para resistir daños durante su manejo, cosecha, transporte y almacenamiento. La firmeza se define como la fuerza necesaria para romper el tejido de la carne del tomate, siendo un indicador importante de su resistencia al daño físico (Alcántara, 2009). En el caso del tomate riñón, la firmeza está estrechamente vinculada con su grado de madurez, lo que impacta su integridad estructural, su color externo y su aceptación por parte de los consumidores.

En cuanto a las características específicas de firmeza para el tomate riñón según su variedad, esta debe estar relacionada con los siguientes factores:

Grado de madurez: Los tomates riñón más firmes generalmente se encuentran en etapas intermedias de madurez, antes de alcanzar su punto de madurez fisiológica completa. A medida que el fruto madura, su firmeza disminuye debido a la descomposición de los polisacáridos que componen la pared celular, lo que provoca un aumento en la susceptibilidad al daño físico (Alcántara, 2009).

Estructura de la pared celular: La firmeza también depende de la integridad de los tejidos conectivos, en particular de la pared celular. En los tomates riñón, una mayor cantidad de pectinas y celulosa contribuye a una mayor resistencia a la deformación y daño. Por tanto, un tomate con una pared celular intacta y bien estructurada tendrá mayor firmeza.

Color externo: La firmeza de un tomate riñón puede correlacionarse con su color. Los frutos en etapas tempranas de maduración, cuando tienen un color verde-amarillo o ligeramente rosado, suelen ser más firmes. Sin embargo, a medida que alcanzan su madurez completa y el color se torna rojo intenso, la firmeza tiende a disminuir.

Resistencia al daño físico: Un tomate riñón con buena firmeza resistirá mejor los impactos y las presiones durante el manejo y transporte, lo que reduce las probabilidades de que se dañen o se desgasten, asegurando su calidad en los mercados.

Humedad: El grado de firmeza también está influenciado por la cantidad de agua en los tejidos. Un tomate riñón con alto contenido de agua tenderá a ser menos firme que uno con menor contenido de agua, ya que el exceso de agua reduce la rigidez de las paredes celulares.

Pruebas de análisis químico del tomate riñón

Procedimiento para medir el grado Brix

La medición de los grados Brix se realiza mediante el índice de refracción, utilizando un refractómetro digital. Este método específico permite determinar el contenido de sólidos solubles totales (SST) en una solución, expresado como el porcentaje en peso de sacarosa químicamente pura disuelta en agua destilada a una temperatura estándar de 20°C. Este parámetro es ampliamente reconocido como un indicador de la calidad y madurez de productos agrícolas, como el tomate riñón, ya que se correlaciona con su dulzura y sabor.

Procedimiento Técnico para la Medición de Grados Brix

Preparación del Refractómetro

Verificar que el refractómetro digital esté correctamente calibrado antes del uso. Para ello, se coloca unas gotas de agua destilada en el lente de medición del equipo.

El agua destilada actúa como un estándar de referencia para garantizar la precisión de la medición.

Una vez aplicada el agua destilada, se procede a cerrar el lente, asegurando su contacto total con el líquido.

Limpieza del Lente

Se elimina el exceso de agua destilada utilizando un paño limpio, suave y no abrasivo. Este paso es esencial para evitar contaminaciones cruzadas y garantizar la exactitud de los resultados. El lente debe quedar completamente seco antes de la aplicación de la muestra.

Aplicación de la Muestra

Se extrae una pequeña cantidad del zumo de la muestra, generalmente utilizando un instrumento limpio como una pipeta o un gotero para evitar impurezas. Unas gotas del zumo se depositan directamente sobre el lente del refractómetro. Es importante que la muestra cubra toda la superficie del lente para asegurar una lectura precisa.

Toma de la Lectura

Se cierra nuevamente el lente del refractómetro y se espera unos segundos para estabilizar la medición. El resultado aparece directamente en la pantalla digital del equipo, expresado en grados Brix. Esta lectura indica el porcentaje de sólidos solubles en la muestra. El nivel de azúcar de una fruta o una hortaliza no es lo único que importa a la hora de conseguir un buen sabor, de los de antes. Junto a los azúcares, factores como la mencionada acidez, aminoácidos o multitud de compuestos volátiles son los responsables, en conjunto, de unos sabores y aromas determinados (Yachachin, 2013).



Figura 13 Brix en tomate – Foto: Liliana Fuchs

El grado Brix, representado por el símbolo °Bx, es una unidad de medida utilizada para cuantificar los sólidos solubles totales presentes en un líquido, expresados principalmente como materia seca. Este parámetro se emplea comúnmente en el análisis de alimentos y bebidas para determinar el contenido de azúcar y otros compuestos solubles, como ácidos y minerales. Un grado Brix (°Bx) equivale a 1 gramo de sacarosa disuelta en 100 gramos de solución. Por ejemplo, una solución con un valor de 25 °Bx contiene 25 gramos de sacarosa en cada 100 gramos de líquido, lo que implica que los 75 gramos restantes corresponden al solvente, generalmente agua (Silva, 2021). Es métrica esencial para evaluar la calidad sensorial y comercial de productos líquidos y semisólidos, como jugos, néctares, frutas frescas y concentrados. Si bien el consumidor

promedio desconoce el valor específico de los grados Brix en los productos que adquiere, sus preferencias están directamente relacionadas con esta medición. El equilibrio entre dulzura y acidez, percibido como agradable, suele depender de los sólidos solubles que componen el Brix.

Acidez titulable

La prueba de acidez titulable en el tomate riñón permite evaluar la concentración de ácidos orgánicos, especialmente ácido cítrico, presente en los frutos durante el almacenamiento. Mahovic et al., (2007) se observó que la descomposición y el incremento del proceso respiratorio pueden aumentar la acidez en tomates tratados con cera comercial y solución de almidón, mientras que los frutos sin cobertura presentan menor volatilización de ácidos. Durante la maduración, la acidez disminuye debido a la respiración, que genera y volatiliza estos compuestos. La figura 7 indica las escalas de medida.

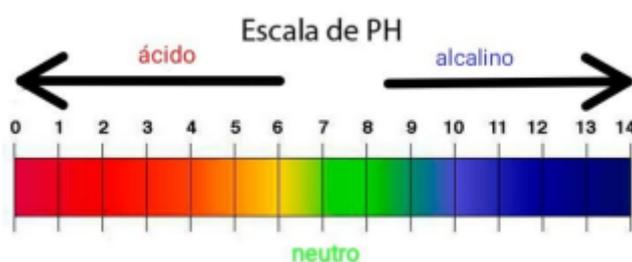


Figura 14 Escala de pH

Determinación de acidez titulable

La determinación de la acidez titulable en el tomate riñón consiste en cuantificar la concentración total de ácidos presentes en el fruto, utilizando un método de volumetría ácido-base. Este análisis permite identificar ácidos solubles como el cítrico, málico, láctico, oxalacético, succínico, fosfórico, tartárico, entre otros, que son indicadores clave de la calidad y madurez del fruto.

Procedimiento Técnico

Preparación de la Muestra

Se extraen 10 mL de zumo del tomate riñón utilizando utensilios limpios y estériles para evitar contaminaciones.

Preparación de la Disolución

Al zumo se le adicionan 50 mL de agua destilada para diluir la muestra, asegurando una mejor reacción durante la valoración.

Se añaden unas gotas de fenolftaleína como indicador, el cual permitirá visualizar el punto final de la reacción mediante un cambio de color.

Valoración Ácido-Base

La disolución preparada se valora utilizando NaOH 0,1 N, añadiéndolo gota a gota mientras se agita constantemente.

El punto final se alcanza cuando la solución cambia de transparente a un color rosado tenue, lo que indica la neutralización de los ácidos presentes.

Registro y Cálculo

Se anota el volumen de NaOH consumido durante la valoración. Con estos datos, se realizan los cálculos correspondientes para expresar la acidez titulable en términos de ácido cítrico equivalente, un estándar en el análisis de frutas.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times \text{Meq} \times 100}{\text{g o mol de la muestra}} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

V: es el volumen de NaOH consumidos

N: es la normalidad del NaOH

Meq: es el peso miliequivalente del ácido predominante en la muestra (ácido cítrico 0.064, ácido).

Producción de etileno

El etileno desempeña un papel clave en el proceso de maduración, induciendo diversos cambios fisiológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas. El monitoreo de este compuesto puede realizarse mediante la extracción de una muestra del interior de la fruta o a través de la medición de su emisión volátil. El procedimiento experimental comienza con la colocación de 1 kg de fruta en un recipiente hermético. La cámara se airea utilizando aire humidificado a 20 °C, manteniendo un flujo constante durante 21 horas. Posteriormente, se extrae 1 mL de muestra de gas, que se inyecta en un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización por llama y una columna empacada de óxido de aluminio (1.5 m × 3 mm). El análisis cromatográfico se realiza de forma isotérmica a 100 °C. Los flujos del gas portador (N₂), aire y H₂ son de 45, 400 y 45 mL min⁻¹,

respectivamente. Tanto el inyector como el detector se mantienen a temperaturas constantes de 120 °C y 180 °C, respectivamente (Cali, 2018).

Análisis Microbiológico

El análisis microbiológico tiene como objetivo principal identificar riesgos potenciales para la salud humana o animal, determinando los factores que causan la contaminación de alimentos y estableciendo medidas para prevenirla. Este tipo de análisis se realiza mediante métodos biológicos, bioquímicos, moleculares o químicos para identificar, cuantificar y detectar puntos críticos de contaminación microbiana en los productos. Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-2, se establecen procedimientos generales para la toma, envío y preparación de muestras para análisis microbiológicos. Esta norma incluye los pasos necesarios para recolectar muestras representativas, su transporte bajo condiciones controladas y su manejo en laboratorios para prevenir contaminación. Los parámetros a considerar según la normativa ecuatoriana son:

Microorganismos indicadores:

Mesófilos aerobios totales: Indican la carga microbiana general.

Coliformes totales y fecales: Reflejan la posible contaminación fecal.

Patógenos específicos:

Salmonella spp. y Escherichia coli O157:H7: Relacionados con enfermedades graves transmitidas por alimentos.

Listeria monocytogenes: Indicador clave en productos listos para el consumo.

Requisitos específicos de inocuidad: Los valores límites establecidos por la normativa ecuatoriana garantizan que el producto cumpla con estándares internacionales de seguridad alimentaria.

Cuestionario

1. ¿Cuál de los siguientes factores está más relacionado con la firmeza de un tomate riñón?

- A) La cantidad de agua en los tejidos
- B) La cantidad de pectinas y celulosa en la pared celular
- C) El color rojo intenso del tomate
- D) La exposición a altas temperaturas durante la cosecha

2. ¿En qué etapa de madurez se espera que el tomate riñón tenga mayor firmeza?

- A) En su etapa completamente madura (color rojo intenso)
- B) En su etapa inmadura (color verde)
- C) En etapas intermedias de madurez
- D) Cuando ya está deshidratado

3. ¿Cómo afecta el contenido de agua a la firmeza del tomate riñón?

- A) Un mayor contenido de agua aumenta la firmeza
- B) Un mayor contenido de agua reduce la firmeza
- C) El contenido de agua no afecta la firmeza
- D) La firmeza es independiente del contenido de agua

4. ¿Cuál es la relación entre la firmeza y la resistencia al daño físico en los tomates riñón?

- A) A mayor firmeza, menor resistencia al daño físico
- B) A mayor firmeza, mayor resistencia al daño físico
- C) La firmeza no tiene efecto sobre la resistencia al daño físico
- D) La resistencia al daño físico solo depende del color del tomate

5. ¿Qué causa una disminución de la firmeza en los tomates riñón durante la maduración?

- A) El aumento de los polisacáridos en la pared celular
- B) La descomposición de los polisacáridos de la pared celular
- C) El aumento del contenido de agua
- D) La pérdida de ácidos orgánicos

6. ¿Qué color externo del tomate riñón se asocia generalmente con mayor firmeza?

- A) Rojo intenso
- B) Amarillo-amarillo
- C) Verde-amarillo o ligeramente rosado
- D) Naranja

7. ¿Cuál es el impacto de una baja firmeza en los tomates riñón durante el transporte y almacenamiento?

- A) Menor riesgo de daños por impacto
- B) Mayor riesgo de daño físico y descomposición
- C) Mejor conservación de color y textura
- D) Menor susceptibilidad a enfermedades fúngicas

Capítulo VII

Innovaciones y Tecnologías en la Conservación del Tomate Riñón

Aplicación de nuevas tecnologías en la conservación de tomate riñón

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es uno de los frutos más importantes en la dieta humana debido a sus atributos sensoriales y beneficios para la salud. Sin embargo, su corta vida poscosecha en estado fresco limita su distribución y comercialización. Por ello, la aplicación de nuevas tecnologías en su conservación es crucial para extender su vida útil y mantener su calidad.

Tecnología de deshidratación

La deshidratación es una técnica de conservación ampliamente utilizada en alimentos altamente perecederos, particularmente en frutas y hortalizas, las cuales presentan un contenido de agua superior al 90%. El propósito fundamental de este proceso es disminuir el contenido de humedad del producto, lo que conlleva una reducción en la actividad enzimática y en la proliferación microbiana, extendiendo así su vida útil.

La eficiencia en la eliminación del agua durante la deshidratación está determinada por dos tipos de resistencias: una interna, asociada a la estructura del tejido vegetal y su capacidad para permitir el movimiento del agua, y una resistencia externa, que se presenta en la interfaz entre la superficie del alimento y el medio de secado, el cual, en la mayoría de los casos, es aire caliente. Los principales factores que influyen en la velocidad de deshidratación son el tiempo y la temperatura del proceso. Un aumento en la temperatura acelera la eliminación del agua, pero puede generar alteraciones significativas en los atributos de calidad del alimento (Muratore et al., 2008).

El uso de temperaturas elevadas en la deshidratación de tomate induce fenómenos como el pardeamiento, la pérdida de compuestos nutricionales y el desarrollo de un perfil sensorial modificado, caracterizado por un sabor más dulce debido a la caramelización de los azúcares (Zanoni et al., 1998; Muratore et al., 2008). Además, se ha reportado un incremento en la formación de 5-hidroximetilfurfural, un marcador de degradación de carbohidratos, en tomates sometidos a temperaturas excesivas durante el secado (Muratore et al., 2008).

Por otro lado, la reducción de la temperatura de secado prolonga la duración del proceso, pero favorece la conservación de características organolépticas y nutricionales del tomate, tales como color, aroma, sabor y textura (Rajkumar et al., 2007). Se ha determinado que temperaturas inferiores a 65 °C permiten una mejor preservación del color y sabor, así como de compuestos bioactivos clave, entre ellos polifenoles, flavonoides, licopeno, β -caroteno y ácido ascórbico (Toor et al., 2006). Estos compuestos confieren al tomate una elevada actividad antioxidante y han sido asociados con efectos beneficiosos en la prevención de diversas patologías, incluidas enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Shi et al., 1999).

Uso de la Nanotecnología

Recubrimientos Nanoemulsiones para tomate Riñón

Los recubrimientos a base de nanoemulsión son una tecnología innovadora que se utiliza para conservar la calidad poscosecha de los tomates riñón. Estos recubrimientos están compuestos por una mezcla de lípidos, polisacáridos y proteínas que forman una capa fina sobre el tomate. Esta capa actúa como una barrera semipermeable, controlando el intercambio de gases y vapor de agua, lo que ayuda a mantener la frescura y firmeza del fruto (Solis et al., 2021).

Dosis Recomendadas

La aplicación de recubrimientos de nanoemulsión generalmente se realiza mediante inmersión o pulverización. Las dosis recomendadas pueden variar según la formulación específica del recubrimiento, pero en general, se sugiere una concentración de nanoemulsión entre el 1% y el 5%. Es importante seguir las instrucciones del fabricante para asegurar una aplicación uniforme y efectiva (Solis et al., 2021).

Temperaturas de Conservación

Para maximizar la efectividad de los recubrimientos de nanoemulsión, es crucial mantener los tomates riñón a las temperaturas adecuadas. Los tomates son sensibles al frío, por lo que deben conservarse a temperaturas entre 10°C y 15°C. Si los tomates están aún verdes, la temperatura no debe bajar de 12°C. La humedad relativa ideal para la conservación debe estar entre el 85% y el 90%.

Otras Variables a Considerar

Humedad Relativa: Mantener una humedad relativa alta (85%-90%) es esencial para evitar la deshidratación del tomate.

Madurez del Fruto: Los tomates deben ser recolectados en el punto óptimo de madurez para asegurar la máxima vida útil y calidad.

Manipulación: Minimizar el daño físico durante la cosecha y el transporte es crucial para mantener la integridad del recubrimiento y la calidad del tomate.

Almacenamiento: Utilizar empaques adecuados que permitan la circulación de aire y eviten la acumulación de humedad excesiva.

Tecnologías emergentes para la conservación de tomate

La conservación del tomate es un desafío importante debido a su alta perecibilidad. Las tecnologías emergentes ofrecen soluciones innovadoras para prolongar la vida útil del tomate, mantener su calidad y reducir las pérdidas poscosecha, en la tabla 15 se presenta las tecnologías emergentes aplicadas en el tomate.

Tabla 15 Tecnologías emergentes

Tecnología	Procedimiento	Dosis	Referencia
Recubrimientos de Nanoemulsión	Aplicación por inmersión o pulverización de una mezcla de lípidos, polisacáridos y proteínas que forman una barrera semipermeable en el tomate.	1-5 %	Solís et al., (2021)
Altas Presiones Hidrostáticas (APH)	Exposición de los tomates a presiones de 200-800 MPa durante varios minutos para eliminar microorganismos y enzimas sin afectar sus	200-800 MPa	

propiedades
organolépticas.

Pulsos Eléctricos de Alta Intensidad (PEAI) en la Conservación del Tomate

Los pulsos eléctricos de alta intensidad (PEAI) son una tecnología emergente que utiliza campos eléctricos para inactivar microorganismos en los alimentos. Este método es eficaz para prolongar la vida útil del tomate sin alterar su sabor ni textura.

Mecanismo de Acción

El tratamiento con PEAI consiste en la aplicación de campos eléctricos de alta intensidad (1-80 kV/cm) y corta duración (1-100 μ s) a los tomates colocados entre dos electrodos¹. Este proceso provoca la permeabilización de las membranas celulares mediante el fenómeno de electroporación, creando poros en las membranas que pueden ser reversibles o irreversibles¹. La electroporación inactiva microorganismos patógenos y reduce la actividad enzimática, lo que ayuda a prolongar la vida útil del tomate.

Parámetros del Proceso

La eficacia del tratamiento con PEAI depende de varios parámetros:

Intensidad del Campo Eléctrico: La intensidad del campo eléctrico aplicada es crucial para la inactivación microbiana.

Duración del Pulso: La duración de los pulsos eléctricos afecta la permeabilización de las membranas celulares.

Número de Pulsos: Un mayor número de pulsos puede aumentar la eficacia del tratamiento.

Temperatura: La temperatura durante el tratamiento puede influir en la eficacia de la inactivación microbiana.

Conductividad Eléctrica: La conductividad eléctrica del medio o alimento es un factor importante que afecta la eficacia del tratamiento.

Ventajas del PEAI

Prolongación de la Vida Útil: El PEAI ayuda a prolongar la vida útil del tomate al inactivar microorganismos y reducir la actividad enzimática.

Mantenimiento de la Calidad: Este método no térmico mantiene las propiedades organolépticas del tomate, como sabor, textura y color.

Reducción de Conservantes Químicos: El PEAI reduce la necesidad de conservantes químicos, haciendo que el producto sea más natural y saludable.

Aplicaciones en la Industria Alimentaria

El PEAI se utiliza en la industria alimentaria para tratar diversos productos, incluidos los tomates. Este método es especialmente útil para productos frescos y mínimamente procesados, donde la conservación de la calidad es esencial³. Además, el PEAI puede combinarse con otras tecnologías emergentes, como los recubrimientos de nanoemulsión, para mejorar aún más la conservación del tomate (Vivanco et al., 2021).

Consideraciones Prácticas

Temperaturas de Conservación: Los tomates tratados con PEAI deben conservarse a temperaturas entre 10°C y 15°C, con una humedad relativa del 85% al 90%².

Manipulación y Almacenamiento: Es importante minimizar el daño físico durante la cosecha y el transporte para mantener la calidad del tomate tratado.

Radiaciones Ionizantes en la conservación de Tomate Riñón

La radiación ionizante es una tecnología eficaz para prolongar la vida útil del tomate y mantener su calidad al reducir la carga microbiana. Este método utiliza rayos gamma, rayos X o electrones acelerados para destruir microorganismos patógenos y retardar el deterioro del fruto.

Mecanismo de Acción

La radiación ionizante actúa sobre el ADN de los microorganismos, causando daños que impiden su reproducción y supervivencia. Este proceso es eficaz para inactivar bacterias, hongos y parásitos sin afectar significativamente las propiedades organolépticas del tomate.

Dosis Recomendadas

Las dosis de radiación varían según el objetivo del tratamiento:

Pasteurización: Se utilizan dosis de 1-6 kGy para reducir la carga microbiana sin eliminar completamente todos los microorganismos. Este nivel de radiación es suficiente para prolongar la vida útil del tomate y mejorar su seguridad alimentaria.

Esterilización: Para una eliminación más completa de microorganismos, incluidas esporas bacterianas, se requieren dosis más altas, entre 15-50 kGy³. Este nivel de radiación es adecuado para productos que necesitan una vida útil prolongada y una mayor seguridad microbiológica.

Tiempos de Exposición

El tiempo de exposición a la radiación ionizante depende de la dosis aplicada y del tipo de radiación utilizada:

Rayos Gamma: Los tomates se exponen a rayos gamma en cámaras de irradiación durante un período que puede variar desde unos pocos minutos hasta varias horas, dependiendo de la dosis requerida.

Rayos X y Electrones Acelerados: Estos métodos suelen requerir tiempos de exposición más cortos debido a su mayor tasa de dosis. Los tratamientos pueden durar desde segundos hasta minutos.

Ventajas de la Radiación Ionizante

Prolongación de la Vida Útil: La radiación ionizante puede extender significativamente la vida útil del tomate al reducir la carga microbiana.

Mantenimiento de la Calidad: Este método no térmico preserva las propiedades sensoriales del tomate, como sabor, textura y color.

Reducción de Conservantes Químicos: La radiación ionizante reduce la necesidad de conservantes químicos, haciendo que el producto sea más natural y saludable².

Consideraciones Prácticas

Temperaturas de Conservación: Después del tratamiento, los tomates deben conservarse a temperaturas entre 10°C y 15°C, con una humedad relativa del 85% al 90% para mantener su frescura y calidad.

Manipulación y Almacenamiento: Es importante minimizar el daño físico durante la cosecha y el transporte para mantener la integridad del tomate tratado (Robles et al., 2007).

Ultrasonido en la conservación de tomate riñón

El ultrasonido es una tecnología emergente que utiliza ondas sonoras de alta frecuencia (20-100 kHz) para inactivar microorganismos y enzimas en los tomates. Este método es eficaz para prolongar la vida útil del tomate sin afectar su calidad.

Mecanismo de acción

El ultrasonido genera un fenómeno conocido como cavitación acústica, donde se forman microburbujas en el líquido que implosionan, creando microchorros que desestabilizan las paredes celulares de los patógenos². Este proceso inactiva microorganismos y reduce la actividad enzimática, lo que ayuda a prolongar la vida útil del tomate (Laborde, 2019)

Dosis Recomendadas

La eficacia del ultrasonido depende de varios factores, incluyendo la intensidad y duración del tratamiento:

Intensidad: Se recomienda una intensidad de ultrasonido de alta frecuencia, generalmente entre 20 y 100 kHz².

Duración: Los tiempos de exposición pueden variar, pero típicamente se utilizan tratamientos de 5 a 30 minutos, dependiendo del nivel de inactivación microbiana deseado (Tecnoagro, 2025).

Ventajas del Ultrasonido

Prolongación de la Vida Útil: El ultrasonido ayuda a prolongar la vida útil del tomate al inactivar microorganismos y reducir la actividad enzimática.

Mantenimiento de la Calidad: Este método no térmico preserva las propiedades organolépticas del tomate, como sabor, textura y color.

Reducción de Conservantes Químicos: El ultrasonido reduce la necesidad de conservantes químicos, haciendo que el producto sea más natural y saludable (Tecno Agro, 2025).

Aplicaciones en la Industria Alimentaria

El ultrasonido se utiliza en la industria alimentaria para tratar diversos productos, incluidos los tomates. Este método es especialmente útil para productos frescos y mínimamente procesados, donde la conservación de la calidad es esencial⁴. Además, el ultrasonido puede combinarse con otras tecnologías emergentes, como los recubrimientos de nanoemulsión, para mejorar aún más la conservación del tomate (FBK, México, 2025).

Consideraciones Prácticas

Temperaturas de Conservación: Los tomates tratados con ultrasonido deben conservarse a temperaturas entre 10°C y 15°C, con una humedad relativa del 85% al 90% para mantener su frescura y calidad.

Manipulación y Almacenamiento: Es importante minimizar el daño físico durante la cosecha y el transporte para mantener la integridad del tomate tratado.

Recubrimientos Comestibles utilizados en tomates

Los recubrimientos biodegradables son una solución innovadora para la conservación de alimentos, incluyendo los tomates. Estos recubrimientos están diseñados para descomponerse de manera natural, reduciendo el impacto ambiental y mejorando la sostenibilidad de la cadena de suministro.

Polisacáridos

Los polisacáridos son una clase de carbohidratos que incluyen almidones, celulosa y quitina. Estos materiales son ampliamente utilizados en recubrimientos biodegradables debido a sus propiedades filmógenas y biodegradables.

Almidón: El almidón es un polisacárido natural que se obtiene de fuentes como el maíz, la papa y el trigo. Es utilizado en recubrimientos debido a su capacidad para formar películas transparentes y flexibles (Archdially, 2008)..

Celulosa: La celulosa, derivada de plantas, es otro polisacárido comúnmente utilizado en recubrimientos. Es conocida por su alta resistencia mecánica y capacidad para formar películas duraderas (Archdially, 2008)..

Quitina y Quitosano: La quitina y su derivado, el quitosano, se obtienen de exoesqueletos de crustáceos. Estos materiales tienen propiedades

antimicrobianas y son efectivos en la conservación de alimentos (Archdially, 2008).

Proteínas

Las proteínas son macromoléculas que pueden formar películas biodegradables con buenas propiedades mecánicas y barrera.

Proteína de Suero de Leche: Esta proteína se obtiene del suero de leche y es utilizada en recubrimientos debido a su capacidad para formar películas transparentes y resistentes³.

Gelatina: La gelatina, derivada del colágeno, es utilizada en recubrimientos por su capacidad para formar películas flexibles y biodegradables.

Proteína de Soya: La proteína de soya es otra opción popular para recubrimientos biodegradables debido a su disponibilidad y propiedades filmógenas.

Lípidos

Los lípidos son grasas y aceites que pueden formar películas hidrofóbicas, mejorando la resistencia a la humedad de los recubrimientos.

Cera de Abejas: La cera de abejas es un lípido natural utilizado en recubrimientos por su capacidad para formar barreras efectivas contra la humedad.

Ácidos Grasos: Los ácidos grasos, como el ácido oleico, se utilizan en la formulación de recubrimientos para mejorar la flexibilidad y resistencia a la humedad.

Compuestos Bioactivos

Los recubrimientos biodegradables pueden incorporar compuestos bioactivos que proporcionan beneficios adicionales, como propiedades antimicrobianas y antioxidantes.

Aceites Esenciales: Los aceites esenciales, como el aceite de orégano y el aceite de tomillo, tienen propiedades antimicrobianas y antioxidantes que pueden mejorar la conservación de los alimentos.

Extractos de Plantas: Extractos de plantas como el té verde y el romero son utilizados en recubrimientos por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas.

Aplicación de Radiación y su Efecto en la Calidad del Tomate

El uso de radiación en la conservación postcosecha del tomate ha demostrado ser una estrategia eficaz para prolongar la vida útil, reducir la carga microbiana y minimizar el deterioro fisiológico del fruto. La aplicación de radiación puede influir en aspectos como la textura, el color, la firmeza y el contenido nutricional del tomate riñón. Las principales variables de medición utilizadas en los estudios incluyen la firmeza (N), el contenido de sólidos solubles (Brix), la pérdida de peso (%), la respiración (mg CO₂/kg/h) y la carga microbiana (UFC/g).

Uso de Radiación Ultravioleta (UV)

La radiación UV se ha utilizado en la industria alimentaria como una técnica para desinfectar y reducir la proliferación de microorganismos patógenos en frutas y hortalizas. En el caso del tomate, la exposición a radiación UV-C (200-280 nm) con dosis entre 1 y 5 kJ/m² ha mostrado efectos positivos en la reducción de microorganismos sin alterar significativamente la calidad organoléptica del producto. Estudios han reportado que una exposición de 3 kJ/m² durante 30 segundos puede reducir hasta un 90 % de la carga microbiana sin afectar la firmeza ni el color del fruto². No obstante, dosis superiores a 6 kJ/m² pueden inducir daños en la cutícula y afectar la textura del fruto (Díaz et al., 2017).

Aplicación de Irradiación en la Conservación

La irradiación con rayos gamma, rayos X o electrones acelerados es una tecnología efectiva para aumentar la vida útil del tomate mediante la inhibición del crecimiento de hongos y bacterias, así como la ralentización del proceso de maduración³. Estudios han demostrado que dosis de 0.5 a 1 kGy pueden preservar la calidad del tomate sin afectar su valor nutricional ni sus características sensoriales. Se ha reportado que una dosis de 0.8 kGy prolonga la vida útil hasta e.n 15 días sin afectar el contenido de vitamina C y licopeno (Ayala et al., 2011).

Mecanismo de Acción

La irradiación actúa sobre el ADN de los microorganismos, causando daños que impiden su reproducción y supervivencia. Este proceso es eficaz para inactivar

bacterias, hongos y parásitos sin afectar significativamente las propiedades organolépticas del tomate.

Dosis Recomendadas

Las dosis de radiación varían según el objetivo del tratamiento:

Pasteurización: Se utilizan dosis de 0.5 a 1 kGy para reducir la carga microbiana sin eliminar completamente todos los microorganismos. Este nivel de radiación es suficiente para prolongar la vida útil del tomate y mejorar su seguridad alimentaria.

Esterilización: Para una eliminación más completa de microorganismos, incluidas esporas bacterianas, se requieren dosis más altas, entre 15-50 kGy³. Este nivel de radiación es adecuado para productos que necesitan una vida útil prolongada y una mayor seguridad microbiológica.

Efectos en la Calidad del Tomate

La aplicación de irradiación puede influir en varios aspectos de la calidad del tomate, incluyendo la textura, el color, la firmeza y el contenido nutricional. A continuación, se detallan algunos de estos efectos:

Textura y Firmeza: La irradiación puede ayudar a mantener la firmeza del tomate al inhibir la actividad de las enzimas que degradan la pared celular⁵. Sin embargo, dosis muy altas pueden causar ablandamiento del fruto.

Color: La irradiación a dosis adecuadas no afecta significativamente el color del tomate. Estudios han demostrado que dosis de hasta 1 kGy no alteran el color del fruto.

Contenido Nutricional: La irradiación a dosis de 0.8 kGy ha demostrado prolongar la vida útil del tomate hasta en 15 días sin afectar el contenido de vitamina C y licopeno.

Pérdida de Peso: La irradiación puede reducir la pérdida de peso del tomate durante el almacenamiento al disminuir la tasa de respiración y transpiración.

Uso de Atmósferas Inteligentes y Sensores de Calidad

Las atmósferas inteligentes permiten modificar y controlar la composición gaseosa en el entorno de almacenamiento del tomate para reducir la tasa de respiración y retrasar la maduración. Variables críticas incluyen la concentración

de oxígeno (O_2 , %), dióxido de carbono (CO_2 , %), etileno (ppm) y humedad relativa (%).

Aplicaciones de Sensores en el Monitoreo Postcosecha

Los sensores de gas y humedad se utilizan para evaluar las condiciones de almacenamiento del tomate y detectar cambios en su fisiología. Tecnologías como los sensores electroquímicos y de infrarrojo cercano (NIR) permiten realizar un análisis no destructivo de la calidad interna del fruto (Majidi et al., 2012).

Sensores Electroquímicos: Estos sensores son utilizados para medir la concentración de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono. Funcionan mediante reacciones químicas que generan una corriente eléctrica proporcional a la concentración del gas (Mohankumar et al., 2024).

Sensores de Infrarrojo Cercano (NIR): Los sensores NIR son utilizados para evaluar la calidad interna del tomate, incluyendo el contenido de sólidos solubles y la firmeza. Estos sensores funcionan mediante la absorción de luz infrarroja por los componentes del fruto, proporcionando una evaluación rápida y no destructiva (Rodrigues, 2024).

Evaluación en Tiempo Real de la Calidad del Tomate

La implementación de sistemas de Internet de las Cosas (IoT) ha facilitado la integración de sensores con plataformas digitales que permiten monitorear en tiempo real el estado de conservación del tomate. Estos sistemas utilizan sensores para recopilar datos sobre la concentración de gases, humedad y temperatura, que luego se transmiten a una plataforma IoT para su análisis y visualización (Rodrigues, 2024).

Sistemas IoT: Los sistemas IoT permiten la monitorización continua de las condiciones de almacenamiento del tomate. Los datos recopilados por los sensores se envían a la nube, donde se analizan y se generan alertas en caso de que se detecten condiciones adversas (Raja & Shanmugasundaram, 2019).

Plataformas Digitales: Las plataformas digitales integradas con IoT permiten la visualización en tiempo real de los datos de calidad del tomate. Estas plataformas pueden utilizar algoritmos de inteligencia artificial para predecir el deterioro del fruto y optimizar las condiciones de almacenamiento (Raja & Shanmugasundaram, 2019).

Beneficios de las Atmósferas Inteligentes y Sensores de Calidad

Reducción de la Tasa de Respiración: Al controlar la concentración de oxígeno y dióxido de carbono, las atmósferas inteligentes pueden reducir la tasa de respiración del tomate, prolongando su vida útil (Majidi et al., 2012).

Retraso de la Maduración: La reducción de la concentración de etileno en el entorno de almacenamiento ayuda a retrasar la maduración del tomate, manteniendo su frescura por más tiempo.

Monitoreo Continuo: Los sensores permiten un monitoreo continuo de las condiciones de almacenamiento, proporcionando datos en tiempo real que pueden ser utilizados para ajustar las condiciones y evitar el deterioro del fruto.

Cuestionario

1. ¿Cuál es el principal objetivo de la deshidratación del tomate?

- A) Aumentar su contenido de agua
- B) Reducir la actividad enzimática y microbiana
- C) Mejorar su sabor y textura
- D) Acelerar su maduración

2. ¿Cuál de los siguientes factores influye en la velocidad de deshidratación del tomate?

- A) Nivel de acidez del tomate
- B) Cantidad de azúcar presente en el tomate
- C) Tiempo y temperatura del proceso
- D) Tamaño de las semillas del tomate

3. ¿Qué compuesto se genera en el tomate cuando se somete a temperaturas excesivas durante la deshidratación?

- A) Ácido ascórbico
- B) 5-hidroximetilfurfural
- C) Antocianinas
- D) Ácido cítrico

4. ¿Cuál de los siguientes compuestos se conserva mejor a temperaturas inferiores a 65 °C durante la deshidratación del tomate?

- A) Glucosa y fructosa
- B) Almidón y fibra dietética
- C) Polifenoles, flavonoides y licopeno
- D) Clorofila y antocianinas

5. ¿Cuál es la función principal de los recubrimientos a base de nanoemulsión en el tomate riñón?

- A) Mejorar el color del tomate
- B) Acelerar el proceso de maduración
- C) Formar una barrera semipermeable para controlar la pérdida de agua y gases
- D) Aumentar el contenido de azúcares

6. ¿Cuál es la concentración recomendada de nanoemulsión en los recubrimientos aplicados al tomate riñón?

- A) 10-15%
- B) 1-5%
- C) 20-25%
- D) 5-10%

7. ¿Cuál es la temperatura recomendada para conservar los tomates riñón tratados con recubrimientos de nanoemulsión?

- A) 0-5°C
- B) 5-8°C
- C) 10-15°C
- D) 20-25°C

8. ¿Cuál es el mecanismo principal de acción de los pulsos eléctricos de alta intensidad (PEAI) en la conservación del tomate?

- A) Inhibir la fotosíntesis
- B) Producir calor para eliminar microorganismos
- C) Generar electroporación en las membranas celulares
- D) Acelerar la fermentación del tomate

9. ¿Cuál de los siguientes factores NO influye en la eficacia del tratamiento con PEA?

- A) Intensidad del campo eléctrico
- B) Número de pulsos aplicados
- C) Conductividad eléctrica del alimento
- D) Contenido de fibra del tomate

10. ¿Qué tipo de radiación se utiliza en la conservación del tomate mediante radiaciones ionizantes?

- A) Luz ultravioleta
- B) Rayos gamma, rayos X y electrones acelerados
- C) Microondas
- D) Infrarrojos

11. ¿Qué dosis de radiación ionizante se utiliza para la pasteurización del tomate?

- A) 1-6 kGy
- B) 10-15 kGy
- C) 20-30 kGy
- D) 50-100 kGy

12. ¿Cuál de las siguientes ventajas NO está asociada al uso de la radiación ionizante en la conservación del tomate?

- A) Prolongación de la vida útil
- B) Reducción de la carga microbiana
- C) Eliminación total de todos los microorganismos sin importar la dosis
- D) Mantenimiento de las propiedades sensoriales

Referencias bibliográficas:

- Alcántara González, M. D. L. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Arbonés, G., Carbajal, A., Gonzalvo, B., González-Gross, M., Joyanes, M., Marques-Lopes, I., ... & Vaquero, M. (2003). Nutrición y recomendaciones dietéticas para personas mayores: Grupo de trabajo "Salud pública" de la Sociedad Española de Nutrición (SEN). *Nutrición Hospitalaria*, 18(3), 109-137.
- ArchDaily. (2018, 5 abril). 8 materiales biodegradables que la industria de la construcción necesita conocer. ArchDaily. <https://www.archdaily.mx/mx/893955/8-materiales-biodegradables-que-la-industria-de-la-construccion-necesita-conocer>
- Asgar, A., et al. (2010). Uso de goma arábica en la conservación de tomates. *Revista Hortofrutícola Internacional*, 22(3), 34-42.
- Ayala-Tafoya, Felipe, Zatarain-López, Daniela María, Valenzuela-López, Marino, Partida-Ruvalcaba, Leopoldo, Velázquez-Alcaraz, Teresa de Jesús, Díaz-Valdés, Tomás, & Osuna-Sánchez, Jesús A.. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 403-410. Recuperado en 11 de marzo de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400403&lng=es&tlng=es
- Balaguera, L. H., Hernández, A., & Ligarreto, G. A. (2014). El etileno y su aplicación en la agricultura. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 81-96.
- Bembibre, R. (2011). Producción agrícola y su importancia económica y social.
- Benítez, M., García, L., & Rivas, J. (2021). Producción de tomate bajo condiciones de invernadero en la región Andina ecuatoriana. *Revista de Agricultura Andina*, 32(4), 45-58.
- Bernal, R. (2005). El tomate riñón y su relevancia en el consumo fresco en Ecuador. *Revista de Agroindustria*, 15(2), 45-51.
- Blancard, D. (2011). *Enfermedades del tomate*. Madrid-México: Mundi Prensa.

- Bosquez, E., Galicia, R., & Sánchez-Díaz, D. (2014). Tecnología para el procesamiento de frutas. Obtenido de Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa: Enlace.
- Cajo Cuji, B. P. (2024). Caracterización de las pérdidas de frutas y hortalizas en la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas "San Pedro de Riobamba" (EP-EMMPA).
- Calí, M. J. (2018). Análisis sensorial. Entrevista. Oregon State University, Estados Unidos: Nora Barda, Técnico INTA.
- Cano Salazar, J. A. (2012). Optimización de las tecnologías de conservación en diferentes variedades de melocotón y nectarina para la mejora de su calidad.
- Carvajal, M. (2012). Estudio sobre las pérdidas postcosecha en la agricultura ecuatoriana. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 8(4), 23-29.
- Carrillo, F. V., Rivera, C. O., Alegría, C. A., & Estrella, M. E. (2021). Influencia del uso de recubrimientos comestibles en la conservación poscosecha de productos hortofrutícolas. *RECIENA*, 1(1), 43-50.
- Castro, K., Restrepo, M. L., Taborda, G., & Quintero, G. A. (2009). Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en seis estados de madurez. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 7(1), 23-28.
- CENTA. (2018). Generalidades del cultivo de tomate riñón.
- Cih-Dzul, H., Jaramillo-Villanueva, M., Tornero Campante, M. A., & Schwentesius Rindermann, R. (2011). Caracterización de los sistemas de producción de tomate riñón en Jalisco, México.
- Chuquin, G., & Taipe, M. (2014). Estrategias para reducir las pérdidas postcosecha en hortalizas: El caso de la agricultura ecuatoriana. *Ciencia y Tecnología Agrícola*, 12(1), 60-75.
- Dávila-Avina, J., et al. (2011). Efectos de recubrimientos sobre la pérdida de peso en tomate. *Postharvest Biology and Technology*, 59(3), 87-93.
- Díaz-Leyva, C. E., Bacópulos-Mejía, E., Ruiz-Torres, N. A., Ibarra-Jiménez, L., Gonzales-Morales, S., & Benavides-Mendoza, A. (2017). Irradiación de semillas de tomate con UV-B y UV-C: impacto sobre germinación, vigor y crecimiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1), 105-118.

- Domínguez, I., Vila, I., Pérez-Vicente, A., Blanco-Díaz, M. T., Fayos, A., & Font, R. (2019). Beneficios del uso de atmósfera modificada para la conservación de tomate Raf. *Actas de Horticultura*, 1, 755-761.
- Enríquez Estrella, M. Á. (2017). Evaluación de la producción y manejo postcosecha del tomate riñón (*Solanum lycopersicum*), variedad Daniela, producido en la parroqui San Luis.
- Enríquez, M. Á. (2019). Obtención de productos frutícolas deshidratados; tomate de árbol (*Cypomandra betacea* L) y guayaba (*Psidium guajaba* L), mediante el empleo de un secador solar con colector plano. *Perfiles*, 2(22), 12-19.
- Enríquez, M. Á., Villafuerte-Mera, F., Figueroa, A., & Mariño, J. (2023). Efectos de los componentes bioactivos de frutas, vegetales, lácteos y plantas medicinales en la nutrición humana. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 6(11), 2-24.
- FBK México. (2025). Conservación de alimentos mediante ultrasonidos. Recuperado de <https://fbkmexico.com/conservacion-de-alimentos-mediante-ultrasonidos/>
- FAO. (2021). Estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2023). *FAO Statistical Yearbook 2023*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferrari, P., & Ferreira, M. (2007). Evaluation of fresh market tomato in packing houses. *Engenharia Agrícola*, 27(2), 579-586.
- García Espejel, M., Ramos Garrido, Y., & Rodríguez Pérez, A. (2017). Cambios en la firmeza del tomate durante la maduración. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 98-105.
- García, J., López, M., & Martínez, A. (2022). Estudio sobre la protección de frutas y hortalizas en contenedores plásticos perforados. *Revista Agroindustria*, 45(2), 78-85.
- García, M., & López, J. (2018). Análisis de factores de compra en productos hortofrutícolas: Un enfoque en el tomate riñón. *Agronegocios en Ecuador*, 7(3), 35-50.

- Giovannucci, E., Rimm, E. B., & Willett, W. C. (2012). Tomato products and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Journal of the National Cancer Institute*, 85(17), 1415-1426.
- Giugliano, D. (2000). Dietary antioxidants for cardiovascular prevention. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 10(1), 38-44.
- González, A., & Martínez, D. (2021). Percepción de calidad en productos agrícolas: Estudio de caso del tomate riñón en mercados ecuatorianos. *Ciencia Agropecuaria*, 10(2), 58-69.
- González, R., Pérez, M., & García, L. (2020). Nutritional value of tomatoes: A source of dietary fiber and antioxidants. *Journal of Nutritional Science*, 32(5), 265-272.
- Guzmán, D., Pérez, H., & López, S. (2020). Cultivo del tomate riñón: Variedades híbridas y ciclos de maduración. *Revista Agrícola del Ecuador*, 15(2), 150-165.
- Hardenburg, R. E., Watada, A. E., & Wang, C. Y. (1988). Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros (No. 16). IICA.
- Hernández Yépez, J. N. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente.
- INEA. (2008). Manual de cultivo de tomate. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (2020). Calidad y poscosecha del tomate riñón en Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP.
- INTAGRI. (2017). Atmósferas controladas y modificadas en postcosecha. Serie Postcosecha y Comercialización, 13, 5 p.
- Jonás, M. D., Hernández, P., & Morán, R. (2018). Parámetros de calidad en tomates para consumo fresco e industrial. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(3), 245-253.
- José, J. (2013). Comportamiento respiratorio del tomate durante la maduración. *Acta Hortícola*, 11(2), 75-83.

- Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources.
- Laborde, M. B. (2019). Mermeladas de bajo contenido calórico a partir de uva osmodeshidratada: efecto de la sustitución de azúcares naturales por steviósidos y maltodextrina en las propiedades físicas, antioxidantes y atributos sensoriales.
- Laiton, G. A., Almanza-Merchán, P. J., & Balaguera-López, H. E. (2012). Producción y calidad poscosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) larga vida sometido a la aplicación de ácido giberélico. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 183-195.
- Ltda., E. F. (2021). Ethyl Fresh: Solución natural para la vida útil de los productos frescos. *Biodegradable Packaging Solutions*.
- Majidi, H., Minaei, S., Almassi, M., & Mostofi, Y. (2012). Tomato quality in controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 2155-2161. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-012-0721-0>
- Mahajan, P. V., Caleb, O. J., Singh, Z., Watkins, C. B., & Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2017), 20130309.
- Mohankumar, P., & Venkatesh, E. T. (2024). Optimizing Post-Harvest Efficiency in Agriculture Through IoT and Machine Learning: A Random Forest Approach. *Nanotechnology Perceptions*, 20(6), 4326-4338. Recuperado de <https://nano-ntp.com/index.php/nano/article/download/3763/2830/7144>
- Martínez, F., Rodríguez, M., & Hernández, V. (2021). Estrategias de ventilación en el almacenamiento de productos hortícolas frescos. *Ingeniería Agrícola*, 36(1), 55-63.
- Merchán Méndez, L. A. (2023). Caracterización morfológica del tomate silvestre (*Solanum* sp.) en predios de los Ángeles en la Universidad Estatal del Sur de Manabí (Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador).

- Mullan, W. M. A. (2002). Science and technology of modified atmosphere packaging. Dairy Science and Food Technology. Recuperado el 25 de agosto de 2008 de 2024.
- Muratore, G., Rizzo, V., Licciardello, F. y Maccarone, E. 2008. Partial dehydration of cherrytomato at different temperature, and nutritional quality of the products. Food Chemistry, 111(4):887-891.
- Natalia, P. (2021). Cambios fisiológicos del tomate durante la poscosecha. Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria, 12(4), 45-53.
- Navarro, P., Olivares, E., & Zambrano, E. (2012). Calidad del tomate en diferentes etapas de maduración. Revista Agronómica del Noroeste, 32(1), 15-21.
- Nuez, J. (2001). El cultivo del tomate (1ª ed., reimp.). Madrid: Mundi-Prensa.
- OECD-FAO. (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032.
- Ordóñez, N. (2010). Impacto de los sistemas agrícolas protegidos en Ecuador.
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1554), 3065-3081.
- Pérez, R., & Sánchez, D. (2019). Efectos del etileno en la maduración de tomates durante el almacenamiento.
- Pérez, R., & Sánchez, D. (2019). Efectos del etileno en la maduración de tomates durante el almacenamiento. Revista de Tecnología Agroindustrial, 27(1), 45-58.
- Pilaquinga, P., & Espinoza, J. (2020). Evaluación de la vida útil del tomate riñón almacenado en diferentes condiciones de temperatura y humedad. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 14(3), 112-125.
- Pinzón, M. C., & Rodríguez, L. (2018). Propiedades antioxidantes del tomate y su impacto en la salud humana. Revista de Bioquímica y Nutrición, 9(2), 67-79.
- Quiñónez, F., & Salazar, G. (2021). Análisis de pérdidas poscosecha en la producción de tomate en Ecuador. Agroindustria y Desarrollo Rural, 5(1), 38-50.

- Rajkumar, P., Kulanthaisami, S., Raghavan, G.S.V., Gariépy, R.Y. y Orsat, V. 2007. Drying Kinetics of Tomato Slices in Vacuum Assisted Solar and Open Sun Drying Methods. *Drying Technology*, 25(7-8):1394-1357.
- Ramírez, A., & Gómez, P. (2022). Influencia del almacenamiento en la firmeza y color del tomate riñón. *Revista Agroalimentaria*, 33(4), 98-110.
- Reina, L., & López, C. (2017). Evaluación de empaques biodegradables para la conservación del tomate. *Tecnología y Ciencia Alimentaria*, 10(1), 55-70.
- Robles, P. A., de Campos, A. N. D. R. E., Artés-Hernández, F., Gómez, P., Calderón, A., & Ángeles, M. (2007). Acción combinada de la radiación UV-C y la atmósfera controlada para optimizar la calidad del tomate. En Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. *Tecnología, calidad y seguridad hortofrutícola: V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones* (vol. 29). Cartagena, España.
- Raja, V., & Shanmugasundaram, S. (2019). IOT based quality monitoring mote for tomato during ripening and storage. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 3840-3846. Recuperado de <https://www.chemijournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartBK/7-3-410-947.pdf>
- Rodrigues, D. M., et al. (2024). Monitoring and predicting corn grain quality on the transport and post-harvest operations in storage units using sensors and machine learning models. *Scientific Reports*, 14, 56879. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/s41598-024-56879-5.pdf>
- Rodríguez, H., & Mendoza, J. (2020). Estrategias para reducir pérdidas poscosecha en hortalizas. *Revista Internacional de Ciencias Agropecuarias*, 25(2), 75-90.
- Sáenz, J., & Villacís, P. (2019). Tecnologías emergentes para prolongar la vida útil del tomate. *Revista de Innovación Agroindustrial*, 8(2), 102-118.
- Sánchez, R., & Ortega, F. (2021). Aplicación de atmósferas controladas en la conservación del tomate. *Revista de Ingeniería Agroindustrial*, 15(3), 189-203.
- Shi, J.X., LeMaguer, M., Kakuda, Y., Liptay, A. y Niekamp, F. 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, 32(1), 15-21.

- Soto, M., & Herrera, D. (2016). Factores que afectan la calidad poscosecha del tomate. *Revista Agronómica Latinoamericana*, 22(1), 45-60.
- TecnoAgro. (2025). Nuevos tratamientos de vacío y ultrasonido: impacto en la conservación de frescura y reducción de patógenos. Recuperado de <https://tecnoagro.com.mx/2025/01/05/nuevos-tratamientos-de-vacio-y-ultrasonido-impacto-en-la-conservacion-de-frescura-y-reduccion-de-patogenos/>
- Tello, C., & Vargas, M. (2018). Parámetros fisicoquímicos del tomate en diferentes condiciones de almacenamiento. *Revista de Ciencia y Tecnología Agraria*, 11(2), 78-91.
- Tomás, R. P., Sala, F. J., Raso, J., & Cano, I. Á. (2000). La conservación de los alimentos mediante pulsos eléctricos de alto voltaje. *Alimentación, equipos y tecnología*, 19(8), 143-152.
- Torres, G., & Pérez, H. (2022). Uso de recubrimientos naturales en la poscosecha de tomate riñón. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 19(4), 120-135.
- Toor, R.K. y Savage, G.P. 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*. 94(1):90-97.
- Vallejo, J., & Paredes, E. (2020). Influencia del empaquetado en la conservación de hortalizas frescas. *Revista de Agroindustria y Ciencia*, 7(1), 45-59.
- Vargas, A., & Jiménez, L. (2019). Comparación de métodos de almacenamiento en la calidad del tomate. *Revista de Ciencia Agroalimentaria*, 14(3), 98-113.
- Vivanco, D., Ardiles, P., Castillo, D., & Puente, L. (2021). Tecnología emergente: Campo de pulsos eléctricos (PEF) para el tratamiento de alimentos y su efecto en el contenido de antioxidantes. *Revista chilena de nutrición*, 48(4), 609-619.
- Yáñez, C., & Guzmán, P. (2017). Evaluación de vida útil en tomates tratados con recubrimientos naturales. *Revista de Investigación Agroindustrial*, 5(2), 89-104.
- Zambrano, F., & Cárdenas, S. (2018). Análisis del efecto de la refrigeración en la conservación del tomate riñón. *Revista de Tecnología Agroindustrial*, 21(3), 150-165.
- Zanoni, B., Peri, C., Nani, R. y Levelli, V. 1998. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Journal of Food Engineering*. 31(5):395-401.

Miguel Ángel Enríquez Estrella

Ingeniero Agroindustrial, Magister en Gestión de la Producción Agroindustrial, Magister en Agroindustria mención Sistemas Agroindustriales, Docente de Instituciones de Educación Superior Instituto Tecnológico Eloy Alfaro, Universidad Nacional de Chimborazo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Universidad Agraria del Ecuador de Grado y Posgrado. Investigador Agregado 1 - REG-INV-19-03686. Ponente en Congresos nacionales e internacionales.

Publicaciones: <https://scholar.google.com/ec/citations?user=S6LpGo8AAAAJ&hl=es>

Hernán Alberto Uvidia Cabadiana.

PhD. En Ciencias Veterinarias. Máster en Ciencias. Mención Agricultura Sustentable. Ingeniero Zootecnista. Experiencia en: Docencia universitaria: Gestión Universitaria: Miembro del Consejo Editorial de la Revista Amazónica Ciencia y Tecnología; Miembro del Consejo Universitario de la UEA; Coordinador de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria; Director del Departamento de Ciencias de la Tierra Universidad Estatal Amazónica; Decano de la Sede El Pangui Universidad Estatal Amazónica; Evaluador de la Educación Superior; Dirección de Proyectos Productivos; Investigador acreditado (Investigador Agregado 2 de la SENESCYT); Publicación de artículos científicos; Arbitro internacional de artículos científicos.

Darwin Javier Sucoshañay Villalba.

PhD en Ciencias Geográficas, Ingeniero Ambiental, Docente de la Universidad Estatal Amazónica -UEA- de pregrado. Docente que ha participado en publicaciones científicas, ponente en eventos académicos nacionales e internacionales. Consultor Ambiental avalado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica MAATE, y Prestador de servicios profesionales en los Gobiernos Autónomos Descentralizados del país.

Santiago Nicolás Aguiar Novillo.

Ingeniero Agroindustrial, Magister en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, Magister en Agroindustria mención Sistemas Agroindustriales, Docente de Instituciones de Educación Superior: Instituto Tecnológico Isabel de Godín, Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Estatal Amazónica. Coordinador de la escuela de Agroindustria UEA. Responsable de Seguridad Ocupacional UEA. Responsable de Seguridad Industrial del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ponente en Congresos nacionales e internacionales.

Publicaciones: <https://scholar.google.es/citations?user=dXxPCAMAAAAJ&hl=es>

ISBN: 978-9942-33-906-5



Compás
capacitación e investigación