

ASPECTOS PRELIMINARES DEL DAÑO MECÁNICO EN FRUTAS Y HORTALIZAS

(Preliminary aspects of mechanical damage in fruits and vegetables)

Jordy Javier Gámez-Villazana

Integrante de la RedSIAL Americana y de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, UNELLEZ. Programa Ciencias del Agro y Mar, San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. e-mail: jordyjavier1@gmail.com.

Ángel Alexander Carrera Nuñez

Instituto Superior Tecnológico Crecermas, ISTEAC. Departamento de Ciencias de la Vida. Tecnología Superior en Procesamiento de Alimentos. Lago Agrío Sucumbíos, Ecuador. angelcarrera@istec.edu.ec

Revisión Bibliográfica

Recibido: 16-02-22

Aceptado: 29-03-22

RESUMEN

Las frutas y hortalizas siempre han sido populares entre los consumidores debido a que son una fuente notable de micronutrientes, fibras, vitaminas, compuestos bioactivos y antioxidantes, que las hacen muy recomendable como dieta saludable debido a numerosos beneficios nutricionales, no obstante, son muy susceptibles a los daños mecánicos, los cuales pueden provocar una reducción de la vida útil del vegetal. Esta investigación tiene como objetivo revisar preliminarmente el conocimiento disponible sobre los principales aspectos relacionados con daños mecánicos en frutas y hortalizas durante la manipulación. Los datos se recopilaron de estudios calificados de bases de datos (como Google Académico, Science Direct y otras plataformas web), se estudiaron y resumieron. Se revisaron los daños mecánicos por golpes o magulladuras detallando los parámetros que caracterizan el daño superficial e interno. Así mismo, se analizaron los factores influyentes en la incidencia y gravedad de los daños por abrasión y cortes en los vegetales mencionados. El resultado de la búsqueda bibliográfica evidenció que los daños mecánicos se pueden manifestar como magulladuras, abrasión, deformación, cortes, punciones, fisuras o fracturas, por efecto de compresión, impacto o vibración e inducen la pérdida de agua e incrementa la actividad respiratoria y por tanto la velocidad de deterioro, causando pérdidas significativas de estos productos.

Palabras Clave: daño mecánico, magulladura, abrasión, vegetales

SUMMARY

Fruits and vegetables have always been popular among consumers because they are a remarkable source of micronutrients, fibers, vitamins, bioactive compounds and antioxidants, which make them highly recommended as a healthy diet due to numerous nutritional benefits, however, they are

very susceptible to mechanical damage, which can cause a reduction in the useful life of the plant. This research aims to preliminarily review the available knowledge on the main aspects related to mechanical damage to fruits and vegetables during handling. Data was collected from qualified database studies (such as Google Scholar, Science Direct, and other web platforms), studied, and abstracted. Mechanical damage due to blows or bruises was reviewed, detailing the parameters that characterize the superficial and internal damage. Likewise, the influencing factors in the incidence and severity of damage by abrasion and cuts in the mentioned vegetables were analyzed. The result of the bibliographic search showed that mechanical damage can manifest as bruises, abrasion, deformation, cuts, punctures, fissures or fractures, due to the effect of compression, impact or vibration and induce water loss and increase respiratory activity. and therefore the speed of deterioration, causing significant losses of these products.

Keywords: Mechanical damage, bruise, abrasion, vegetables

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas son necesidades prioritarias para cumplir con los beneficios de salud requeridos por los seres humanos. La pirámide nutricional aconseja comer 5 raciones de frutas y verduras al día como principio básico de una dieta saludable, ya que aportan nutrientes esenciales como vitaminas y minerales, además de fibra y antioxidantes. Consumirlas en cantidades adecuadas mejora el sistema inmunológico y ayuda a prevenir enfermedades como la diabetes, la obesidad, enfermedades del corazón e incluso ciertos tipos de cáncer (Arias, Feijoo y Moreira, 2022). En este sentido, el aumento de la demanda de vegetales frescos ha provocado la necesidad de una mecanización a gran escala tanto en la cosecha como en las operaciones de manipulación poscosecha (Li y Tomas, 2014; Stropek y Golacki, 2015). En consecuencia, tanto las actividades de cosecha, como las de poscosecha, el manejo, la clasificación, el empaque y el transporte de productos agrícolas, requieren extensas operaciones mecánicas. En este particular, las acciones de fuerzas estáticas y dinámicas resultantes de las operaciones de manejo predisponen a los vegetales a daños mecánicos (Opara, 2007; Montero et al., 2009).

Dentro de los vegetales las frutas y hortalizas

frescas son de naturaleza perecedera y muy susceptibles a daños mecánicos durante la cosecha, el envasado y el transporte, lo que puede resultar en una reducción sustancial de la calidad de las mismas. Idealmente, tal daño se minimizaría mediante una mejor comprensión de los mecanismos. Si se produce un daño, las pérdidas económicas pueden minimizarse clasificando las frutas afectadas, según la gravedad del daño y de acuerdo a la susceptibilidad de las frutas y hortalizas a la compresión, impacto y vibración, de tal manera de identificar aquellas que necesitan más que un procesamiento adicional mínimo y aquellas que no. En cualquier caso, se requiere una evaluación objetiva y cuantitativa del grado de daño mecánico causado al vegetal. Sin embargo, esto aún está lejos de realizarse completamente y sigue siendo un desafío importante para los investigadores.

En este sentido, el principal desafío para evaluar objetivamente el daño mecánico a las frutas y hortalizas frescas es desarrollar un método para evaluar con precisión la extensión del daño interno a las frutas causado por fuerzas externas excesivas (Li y Tomas, 2014). Para ello, es necesario estudiar los daños mecánicos que

se producen por el mal manejo del producto, y que generalmente se manifiesta en forma de magulladuras y cortaduras. Estos daños pueden causar considerables pérdidas poscosecha y económicas, reducir la calidad del producto

y resultar en serios problemas de seguridad alimentaria. En base a este planteamiento, esta revisión tiene como objetivo analizar los aspectos básicos de los daños mecánicos en frutas y hortalizas.

MÉTODO

Se realizó un análisis de alcance sobre los principales aspectos relacionados con daños mecánicos en frutas y hortalizas durante la manipulación. El análisis de alcance adopta una estrategia de búsqueda más amplia y, al mismo tiempo, permite la reproducibilidad, la claridad y la confiabilidad en la situación actual de la literatura. En resumen, la técnica

de búsqueda incluyó una colección de palabras clave identificadas con la ayuda de buscadores como Google Académico, Science Direct y otras plataformas bibliográficas especializada para la búsqueda en línea de artículos científicos publicados en revistas, en español e inglés, sobre daños mecánicos en frutas, magulladuras en frutas, abrasión en vegetales, entre otras.

DAÑO MECÁNICO EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Desde el momento en que un fruto es separado de la planta, se vuelve susceptible a trastornos físicos, químicos, y microbiológicos a través de factores externos e internos que conducen a la pérdida prematura de calidad (Formiga *et al*, 2019; Al-Tayyar *et al.*, 2020). Una de las vías para mantener las características de calidad en los frutos es minimizar los daños mecánicos que ocurren durante las operaciones de cosecha, transporte, selección y almacenamiento del fruto (Ruiz, 1991). En este particular, Mohsenin (1977) y Silveira (2010) mencionan que los daños mecánicos en frutas y hortalizas se pueden manifestar como magulladuras, roces o abrasión, deformación, cortes, punciones, fisuras o fracturas, por efecto de compresión, impacto o vibración. Al respecto, Parra-Coronado (1989) define el daño mecánico como aquel que se produce por el mal manejo del producto, y se manifiesta en forma de magulladuras y cortaduras.

derivar de prácticas durante la cosecha poco cuidadosas, del uso de recipientes inadecuados, de un número de frutos por caja elevado o reducido, y de una manipulación del producto ya cosechado poco cuidadosa, entre otras. Es decir, en el caso de las frutas y hortalizas se puede indicar que el daño mecánico es la deformación plástica, ruptura superficial y / o destrucción de tejido vegetal (Montero *et al.*, 2009) y comprende magulladuras, aplastamiento o ruptura (Polat *et al.*, 2012).

En el mismo orden de ideas, Redondo-Taberner (2018) afirma que estos daños son evitables y se manifiestan en forma de golpes, raspaduras o aplastamientos, y que se pueden

La resistencia o comportamiento mecánico de las frutas y hortalizas a los daños mecánicos está definido básicamente por las siguientes características: físico-morfológicas, como volumen, forma y composición externa (exocarpio) e interna (mesocarpio, endocarpio y embrión) de los vegetales, debido a que estos componentes actúan de diferentes formas ante las mismas condiciones (Khan y Vincent, 1991); bioquímico-fisiológicas, como el grado de madurez que tiene estrecha relación con diversos cambios hormonales y enzimáticos que propician el ablandamiento del fruto (Pantástico, 1984) y anatómico-histológicas

como tipo de célula, forma, tamaño y dureza, así como el volumen del espacio intercelular y la orientación del crecimiento celular (Iker y Szczesniak, 1990). En consecuencia, estos daños promueven la incidencia de enfermedades, aumentos en las velocidades de respiración y producción de etileno, y por tanto, menor calidad y vida postcosecha (Mittal, 1987). En decir, los daños mecánicos determinan un aumento de la actividad metabólica y por consiguiente una reducción de la vida útil. Además, los daños mecánicos favorecen el ataque por agentes bióticos incrementando así las pérdidas.

Daño por golpe o magulladura

Dentro de los daños mecánicos, el daño por golpe o magulladura es uno de los más importantes. Resulta de impactos o presiones que no llegan a romper la epidermis pero que determinan que el tejido se vuelva corchoso y que se observe un cambio de color progresivo a

nivel externo. Las magulladuras son el tipo más común de daño mecánico que puede ocurrir durante la recolección, manipulación y transporte (Ahmadi *et al.*, 2010; Tabatabaekoloor, 2013). El daño por magulladura es muy importante en manzana (Figura 1), por ejemplo, siendo responsable de un alto número de rechazos en manzana de exportación. Se citan pérdidas de hasta un 25-30% del producto exportable. En el caso de manzana por ejemplo se reporta que los daños por golpes determinan un aumento de la respiración del fruto de entre 3 y 20 veces en relación a un fruto no dañado al cabo de 24 horas de producido el golpe. Se ha estimado, además, que un golpe superficial en una fruta de 10 cm³ reduce su conservación en un 50% (Silveira, 2010). En el caso de las hortalizas como la papa, los daños por golpes (Figura 1), causan menor incidencia que en las frutas, sin embargo, también requieren mucha atención durante la cosecha y postcosecha.

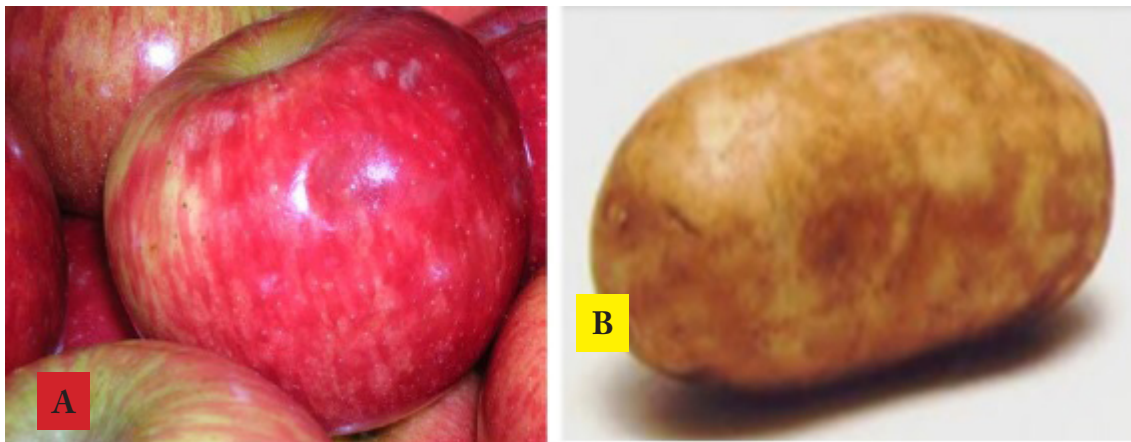


Figura 1. Daños mecánicos en vegetales: A) Daños por magulladura en Manzanas, B) Daños por golpes en Papas.

El daño por magulladuras de las frutas y hortalizas frescas es un problema importante en la industria hortícola, que puede ocurrir durante la precosecha, la cosecha y en todas las etapas de

la cadena de manipulación poscosecha. Sin duda alguna, este daño puede causar considerables pérdidas poscosecha y económicas, reducir la calidad del producto y resultar en serios

problemas de seguridad alimentaria. Por tanto, comprender los factores que influyen en la susceptibilidad o resistencia de los productos a los hematomas es importante para desarrollar estrategias para reducir el problema (Hessein, Amos-Fawole y Linus-Opara, 2018)

Desde otro punto de vista, el daño por magulladuras es el resultado de la acción de una fuerza externa excesiva sobre la superficie de la fruta u hortaliza durante el impacto contra un cuerpo rígido o de un rubro contra otro rubro (Li y Thomas, 2014; Stropek y Galocki, 2015). La evidencia física de hematomas es el resultado de la rotura celular (Schoorl y Holt, 1983), que resulta del estrés y la distorsión de las células individuales (Ruiz-Altisent y Moreda, 2011). Estos hematomas definen la intensidad del daño por magulladura, tal como se visualiza en la Figura 2 para el melocotón (Redondo-Taberner, 2018).

En el daño por magulladuras la rotura de las membranas celulares conduce a la liberación de enzimas citoplasmáticas en los espacios intercelulares y reaccionan con el contenido vacuolar (Mitsubishi-Gonzalez *et al.*, 2010). Esto se complementa con lo afirmado por Mohsenin (1986), que explica que un daño mecánico es el ocasionado por una fuerza externa que puede generar cambios de sabor, alteración química del color sin romper la superficie del producto. En este caso, desde el punto de vista reológico, puede considerarse como una fractura frágil, al respecto Bourne (2002), la define como aquella en la cual existe una pequeña deformación plástica antes de la fractura y es caracterizada por una baja absorción de energía.



Figura 2. Intensidad del daño por magulladura en frutas de hueso (melocotón).

Los impactos de las magulladuras en la calidad de los productos y su importancia económica en la industria hortícola son bien conocidos y documentados. La mayoría de los esfuerzos de investigación se han centrado en la evaluación de la susceptibilidad al daño por magulladuras en relación con las propiedades físicas, mecánicas y de ingeniería de la fruta (Kitthawee *et al.*, 2011; Shafie *et al.*, 2015). Así mismo, se ha prestado mucha atención a varios

aspectos de las magulladuras, dentro de los que destacan: efectos de las propiedades físicas de los productos frescos sobre la susceptibilidad, efecto de la energía de impacto o compresión sobre la susceptibilidad a las magulladuras, y la aparición de magulladuras en sí y la gravedad (Boydas *et al.*, 2014). Los principales intereses de investigación han sido principalmente las frutas con cáscara blanda, incluidas las de pepita como las manzanas (Stropek y Galocki, 2013) y peras

(Komarnicki et al., 2016) y frutas de hueso como nectarina (Polat *et al.*, 2012), cerezas (Blahovec, 1999) y melocotones (Tabatabakoor, 2013). También se han estudiados otros vegetales que incluyen tomates (Buccheri y Cantwell, 2014) y kiwis (Ahmadi, 2012).

Daños por abrasión y cortes

Los daños por abrasión se producen por el roce de los vegetales entre sí o contra las paredes del envase donde se almacenan o transportan. Es muy importante en aquellos productos de piel muy delicada como las peras, manzanas, tomates, y otros rubros no tan delicados como papas, plátanos, entre otros. Este tipo de lesión se limita casi con exclusividad a la cáscara o piel. Resultan importantes en productos dadas las características de la piel (Figura 3) y el resultado de la fricción. Por ejemplo, este daño se ha observado comúnmente en las peras que se envían a Europa a granel (Silveira, 2010)

En este renglón existen distintos tipos de lesiones, por un lado, están las heridas, cortes o laceraciones en donde existe la pérdida de integridad de los tejidos por acciones cortantes o punzantes. Este tipo de lesión es muy frecuente

durante la cosecha y producidas principalmente por las herramientas mecánicas con las que se realiza la separación de la planta madre o de la raíz del tubérculo, pero también ocurren heridas producidas manualmente por las uñas de los operarios responsables de la cosecha, o el mismo pedúnculo de un fruto que lesiona a otros. En el caso de los tubérculos, se puede destacar que son susceptibles a diversas formas de daño externo durante la producción comercial (añicos, corte, pelado, grietas) y lesiones internas (Baritelle et al., 2000 y Bentini *et al.*, 2006). Los factores que intervienen en el deterioro mecánico del producto están asociados a las características de las máquinas utilizadas para la recolección, el transporte y la manipulación del producto, además de las características mecánicas, fisicoquímicas y biológicas de los tubérculos que afectan a la respuesta a los impactos. Estas heridas son vías de penetración para hongos y bacterias que producen pudriciones. Este tipo de daño es fácilmente detectable y es normalmente eliminado en las operaciones de clasificación y empaque (FAO, 2003).



Figura 3. Daños mecánicos en frutas: A) Daños por abrasión en Peras, B) Daños por cortes en papas.

Consecuencias de los daños mecánicos

Cuando la recolección no se lleva a cabo con el suficiente cuidado y atención se le puede ocasionar daños al cultivo. Por ejemplo, la recolección manual puede causar daños por compresión cuando las fuerzas de agarre que rodean la fruta superan el umbral de falla del tejido (Li y Thomas, 2014). Por otra parte, un mal diseño de las líneas de acondicionamiento y los procesos a los que se someten las frutas y hortalizas durante su paso por todas las operaciones de acondicionamiento pueden

provocar alteraciones en la calidad de los rubros que se manifiestan de inmediato o durante su vida comercial. Se han realizado distintos estudios que clasifican el tipo de lesión mecánica según el efecto de la intensidad del golpe sobre frutas y hortalizas (Wills *et al.*, 1984). Esta clasificación de los tipos de lesión de diferentes frutas se observa en la Tabla 1, de acuerdo a la susceptibilidad que pueden tener a los daños por compresión, impacto y vibración.

Tabla 1. Susceptibilidad de algunas frutas y hortalizas a diversos tipos de lesiones mecánicas.

Fruta	Tipos de Lesión		
	Compresión	Impacto	Vibración
Manzana	Susceptible	Susceptible	Intermedio
Albaricoque	Intermedio	Intermedio	Susceptible
Plátano, verde	Intermedio	Intermedio	Susceptible
Plátano, maduro	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Melón	Susceptible	Intermedio	Intermedio
Uva	Resistente	Intermedio	Susceptible
Melocotón	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Pera	Resistente	Intermedio	Susceptible
Ciruela	Resistente	Resistente	Susceptible
Guayaba	Intermedio	Susceptible	Resistente
Fresa	Susceptible	Intermedio	Resistente
Mango	Susceptible	Susceptible	Resistente
Calabaza de Verano	Intermedio	Susceptible	Susceptible
Yuca o mandioca	Resistente	Intermedio	Resistente
Zanahoria	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Tomate, verde	Susceptible	Intermedio	Intermedio
Tomate, maduro	Susceptible	Susceptible	Intermedio

Fuente: Adaptado de Wills *et al.*, (1984).

Todas estas lesiones, cortes, impactos, compresiones y vibraciones generan una coloración parda por oxidación de los taninos y por exposición al aire de los tejidos dañados (Freifeld, 2005). De igual forma, estas lesiones también inducen la pérdida de agua e incrementan la actividad respiratoria y por tanto la velocidad de deterioro, causando pérdidas de producto (Wills et al., 1984). De hecho, las pérdidas ocasionadas por el impacto mecánico son el mayor causante de pérdidas poscosecha de productos agrícolas. Estas lesiones son producidas por el exceso de fuerza sobre la fruta, y pueden aparecer en diferentes escenarios, por ejemplo, la caída de la fruta al desprenderse del árbol, los choques y roces que ocurren cuando las frutas se transportan o las producidas por las máquinas durante su manejo en poscosecha. Las lesiones por compresión se generan cuando la presión que soporta el producto está por encima del nivel máximo o umbral. Este daño puede ser una función del tiempo especialmente cuando la presión está cerca al umbral por largos periodos (Thompson, 1998). Esta lesión se presenta generalmente por el exceso de fruta en las cajas, debido a que las cajas se suelen apilar excediendo el límite permitido de agrupamiento, provocando que las cajas inferiores soporten el peso excesivo de las cajas superiores.

Los cambios de color o manchas superficiales de las frutas y hortalizas ocurren como consecuencia de un impacto mecánico suficientemente fuerte como para causar la mezcla de sustrato y enzima, que hace que se produzca, por ejemplo, en el caso de las frutas, la decoloración oscura o pardeamiento enzimático por la oxidación de los compuestos fenólicos de las mismas. En este último caso, la

enzima responsable es la polifenoloxidasas, que se localiza en los cloroplastos y mitocondrias. Para que este fenómeno tenga lugar se requiere de la presencia de cuatro diferentes compuestos: el oxígeno molecular, sustratos apropiados, la polifenoloxidasas y la presencia de cobre en el centro activo de la enzima (Freifeld, 2005). Estos factores determinan la velocidad de pardeamiento, que puede tener lugar muy rápidamente, tras el golpe (Laurila et al., 1998). La velocidad de pardeamiento depende de factores tales como la concentración y la actividad de la enzima, la cantidad y naturaleza de los compuestos fenólicos, pH, temperatura, actividad del agua y de la cantidad de oxígeno disponible en el entorno del tejido vegetal (Mayer, 1987).

Por otro lado, los daños mecánicos facilitan la difusión de gases, aumentando la respiración aparente debido al escape de CO₂ acumulado en el espacio intercelular del tejido vegetal. Como consecuencia de ello, muchas veces es difícil realizar una clara distinción entre una difusión facilitada y los efectos del golpe en la respiración, cuando lo único que se mide es la producción de CO₂ (Kays, 1991). En este sentido, Uritani y Asahi (1980) citado por Freifeld, (2005) caracterizaron las diferencias de respuestas respiratorias entre tejidos vegetales dañados por impactos mecánicos y tejidos vegetales dañados por infecciones fúngicas. En ambos casos, los aumentos en la respiración coincidieron con el aumento del catabolismo de carbohidratos almacenados y con un aumento de los azúcares solubles en algunos tejidos. En general, las consecuencias de los impactos mecánicos sobre los frutos se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Consecuencias de los impactos mecánicos en frutas y hortalizas.

FACTORES	CONSECUENCIA
Físicas	La pérdida de una parte del producto, aparición de manchas oscuras, ablandamientos, roturas, entre otras.
Fisiológicas	La pérdida de peso causada por el incremento en las pérdidas de agua y por incrementos en la respiración.
Patológicas	Facilitan la entrada a microorganismos que influyen negativamente en el aspecto del producto, siendo estas especialmente peligrosas ya que pueden generar infecciones que contagien posteriormente a otras frutas sanas durante el almacenamiento o transporte.

Fuente: Adaptado de Kumar *et al.*, 2016 y Eissa *et al.*, 2013.

CONSIDERACIONES FINALES

Para una correcta conservación de frutas y hortalizas y alargar la vida útil lo máximo posible manteniendo la calidad, es necesario la aplicación de diferentes tecnologías de cosecha y postcosecha, principalmente una manipulación cuidadosa para evitar daños mecánicos que ocurren durante las operaciones de cosecha, transporte, selección y almacenamiento de los vegetales, ya que estas lesiones inducen la pérdida de agua e incrementan la actividad respiratoria y por tanto la velocidad de deterioro, causando pérdidas significativas de estos productos. Si bien es verdad que no hay una solución total para este tipo de daño, se puede disminuir en gran medida estudiando cada especie y el comportamiento externo e interno de los vegetales.

Todas estas etapas provocan principalmente

daños mecánicos por golpe o magulladura, por abrasión y cortes sobre la fruta u hortaliza, por eso es importante detectar aquella etapa/s en las que el vegetal resulta más dañado y ofrecer alguna solución o alternativa que evite la aparición de golpes, magulladuras, roces, cortaduras, lesiones u otros desórdenes durante el periodo de comercialización.

Dada la creciente demanda de frutas y hortalizas frescas en el mercado global y el uso cada vez mayor de técnicas mecanizadas tanto en las operaciones de cosecha como en las operaciones de manipulación poscosecha, las investigaciones futuras deben apuntar hacia la exploración de cómo las técnicas emergentes influyen en el hematoma en cada etapa y producto específico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmadi, E; Ghasemzadeh, H.R; Sadeghi, M; Moghadam, M; Zarifneshat. S. (2010). The effect of impact and fruit properties on the bruising peach. *J Food Eng*, 97: 110-117.

Ahmadi, E. (2012). Bruise susceptibilities of

kiwifruit as affected by impact and fruit properties. *Res Agr Eng*, 3: 107-113.

Al-Tayyar, N.A; Youssef, A.M; Al-Hindi, R.R. (2020). Recubrimiento comestibles y nanoemulsiones antimicrobianas para

- mejorar la vida útil y reducir los patógenos de frutas y hortalizas transmitidos por los alimentos: una revisión. *Materiales y Tecnologías sostenibles*, 26. Recuperado de: 10.1016/j.susmat.2020.e00215
- Arias, A; Feijoo, G; Moreira, M.T. (2022). Exploring the potential of antioxidants from fruits and vegetables and strategies for their recovery. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volumen 77, Mayo, 102974. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102974>
- Baritelle, A. L; M. Hyde; R. Thornton; R. Bajema. (2000). A Classification System For Impact-Related Defects In Potato Tuber, *American Journal Of Potato Research*, 77(3): 143–148.
- Bentini, M.; C. Caprara; R. Martelli. (2006). Harvesting Damage To Potato Tubers By Analysis Of Impacts Recorded With An Instrumented Sphere, University Of Bologna , Agricultural Economics And Engineering Department, Via G. Fanin 50, 40127 Bologna, Italy.
- Blahovec, J. (1999). Bruise resistance coefficient and bruise sensitivity of apples and cherries. *Int Agrophys*, 13: 315-321.
- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity. Concept and measurement 2nd. ed. New York: Academic Press. 416 p.
- Boydas, M.G; Ozbek, I.Y; Kara, M. (2014). An efficient laser sensor system for apple impact bruise volume estimation. *Postharvest Biol Technol*, 89: 49-55.
- Buccheri, M. y Cantwell, M. (2014). Damage to intact fruit affects quality of slices from ripened tomatoes. *LWT – Food Sci Technol*, 59: 327-334.
- Eissa, A.H.A; Albaloushi, N.S; Azam, M.M. (2013). Vibration analysis influence during crisis transport of the quality of fresh fruit on food security *Agric Eng Int CIGR J*, 15: 181-190.
- FAO. 2003. Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas Del campo al mercado. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/Y4893S/y4893s04.htm>
- Freifeld D. (2005). Desarrollo de métodos analíticos para la detección de cambios metabólicos frente a situaciones de estrés en fruta fresca. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. España, 252 p.
- Formiga, A .S; Pinsetta, J.S; Pereira, E.M; Cordero, I.N.F; Mattiuz, B.H. (2019). Uso de recubrimiento comestible a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abejas en la conservación de guayaba roja “Pedro Sato”. *Química Alimentaria*, 290: 144-151.
- Hussein, Z; Amos-Fawole, O; Linus-Opara, U. 2018. Preharvest factors influencing bruise damage of fresh fruits – a review. *Scientia Horticulturae*, 229 (9): 45-58. Recuerdo de: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.10.028>
- Iiker R, A S Szczesniak (1990) Structural and chemical bases for texture of plant foodstuffs. *J. Text. Stud.* 21:1-36.
- Kays S. (1991). Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. An a VI book. Van Nostrand Reinhold. 532 p.
- Khan A A, J F V Vincent (1991) Brusing and Splitting of apple fruit under uni-axial compression and the role of skin in preventing damage. *J. Text. Stud.* 22:251-263.
- Kitthawee, U. Pathaveerat, S. Srirungruang, T. Slaughter, D. (2011). Mechanical bruising of young coconut. *Biosyst Eng*, 109: 211-219.

- Komarnicki, P. Stopa, R. Szyjewicz, D. Mlotek, M. (2016). Evaluation of bruise resistance of pears to impact load. *Postharvest Biol Technol*, 114: 36-44.
- Kumar, V; Purbey, S.K; Anal A.K.D. (2016). Losses in litchi at various stages of supply chain and changes in fruit quality parameters *Crop Prot*, 79: 97-104
- Laurila E, Kervinen R, Ahvenainen R. (1998). The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest news and information*, 9 (4): 53-66.
- Li, Z. y Thomas, C. 2014. Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 35 (2): 138-150. Recuperado en: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.12.001>
- Mayer A. (1987). Polyphenol oxidases in plants: recent progress. *Phytochemistry*, 26 (1): 11-20.
- Mitsuhashi-Gonzalez, K; Pitts, M.J.; Fellman, J.K; Curry, E.A; Clary, C.D. (2010). Bruising profile of fresh apples associated with tissue type and structure. *Appl Eng Agric*, 26: 509-517.
- Mittal J P (1987) Rheological characterization of apple cortex. *J. Text. Stud.* 22:251-263.
- Montero, C.R.S; Schwarz, LL; Dos Santos, LC; Andrezza, CS; Kechinski, CP; Bender, RJ. (2009). El daño mecánico poscosecha afecta la calidad del fruto de las mandarinas 'Montenegrina' y 'Rainha'. *Pesq Agropec Bras*, 44: 1636-1640.
- Mohsenin N N (1977) Characterization and failure in solid food with particular reference to fruits and vegetables. *J. Text. Stud.*, 8:169-193.
- Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials: structure, physical, characteristics and mechanical properties. New York: Gordon and Breach Science Publishers. 664 p.
- Opara, L. (2007). Susceptibilidad a magulladuras de las manzanas 'Gala' afectadas por las prácticas de manejo del huerto y la fecha de cosecha *Postcosecha Biol Technol* , 43:47- 54.
- Pantástico E B (1984) Fisiología de la Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas. Ed. Continental S.A. México. 663 p.
- Parra-Coronado, A. (1989). Comercialización de frutas y hortalizas. *Revista Ingeniería e investigación*, 19 (1): 14-19. Recuperado en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingein/article/view/19666>
- Polat, R; Aktas, T; İkinci, A. (2012). Selected mechanical properties and bruise susceptibility of nectarine fruit. *Int J Food Prop*, 15: 1369-1380.
- Redondo-Taberner, D. (2018). Tecnologías poscosecha en frutas de hueso [online]. Biblioteca Horticultura. València: Serveis per la producció editorial SPE3.24 pp. Disponible en <http://www.bibliotecahorticultura.com/curso-poscosecha/material/>
- Ruiz A M (1991) Damage Mechanisms in the Handling of Fruits. CAB. International. Wallingford R.U. USA. pp:231-257.
- Ruiz-Altisent, M. Moreda, G. (2011). Fruits, mechanical properties and bruise susceptibility. *Encycl Agrophys*, Springer , pp. 318-321
- Schoorl, D. y Holt, J.E. (1983). Mechanical damage in agricultural products: a basis for management. *Agric Syst*, 11: 143-145
- Shafie, M.M; Rajabipour, A; Castro-Garcia, S; Jiménez-Jiménez, F; Mobli, H. (2015). Effect of fruit properties on pomegranate bruising. *Int J Food Prop*, 18: 1837-1846.

- Silveira, A. C. (2010). Capítulo 1. Problemas observados durante el transporte de frutas en Uruguay. Reunión Científico Técnica FRUTURA de Santiago (Chile). FRUTURA, Volumen 3: 2-16.
- Stropek, Z. y Gołacki, K. (2015). A new method for measuring impact related bruises in fruits. *Postharvest Biol Technol*, 110: 131-139.
- Tabatabaekoloo, R. (2013). Engineering properties and bruise susceptibility of peach fruits (*Prunus persica*). *Agric Eng Int CIGR J*, 15: 244-252.
- Thompson A.K. (1998). Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas. Natural Resources Institute (NRI), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA): Department for International Development (DFID) 262 p.
- Wills R, Lee T, McGlasson W, Hall E, y Graham D. (1984). Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas. Postrecolección. Ed. Acribia. 195 p.