

COMPORTAMIENTO MECÁNICO Y FISIOLÓGICO DE FRUTOS DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) BAJO COMPRESIÓN AXIAL

MECHANICAL AND PHYSIOLOGICAL BEHAVIOUR OF MELON (*Cucumis melo* L.) FRUITS UNDER AXIAL COMPRESSION

Carlos Alberto Villaseñor Perea^{1*}, Sergio Humberto Chávez Franco¹, Crescenciano Saucedo Veloz¹,
Alfredo Salazar Zazueta², Luis León Landois Palencia³ y Luis Héctor Hernández Gómez⁴

¹Programa en Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México- Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Tel. y Fax: 01 (555) 804-5933. Dirección actual: Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carr. México- Texcoco, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-1500 Ext. 1681. Correo electrónico: karlosvilla06@yahoo.com.mx ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 10, Chapingo, México. ³Programa de Cómputo, Colegio de Postgraduados. ⁴Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Sección de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Politécnico Nacional. Edificio 5, 3er piso. Unidad Profesional Adolfo López Mateos. Col. Lindavista. 07738, México D.F.

* Autor para correspondencia

RESUMEN

Los frutos de melón (*Cucumis melo* L.) enfrentan muchos problemas durante la comercialización por su corta vida de anaquel. La actividad metabólica inducida por factores externos e internos conduce a la pérdida prematura de calidad. Una forma de mantener las características de calidad en melón es minimizando los daños mecánicos que ocurren durante el manejo postcosecha. Se estudió el comportamiento fisiológico y mecánico de frutos de melón cv. 'Copa de oro' en dos estados de madurez (con desprendimiento manual, los que se separaron de la planta; y con desprendimiento natural, los que se separaron de manera natural), sometidos a compresión axial en dos posiciones (vertical y horizontal) y tres distancias de compresión (límite elástico, punto de biocedencia y punto de ruptura). Se midió producción de CO₂, producción de etileno, pérdidas de peso, carga de compresión, porcentaje de deformación y módulo de Young. Se registraron incrementos significativos en la producción de etileno y velocidad de producción de CO₂ al aumentar la deformación por la carga aplicada y con el estado de madurez avanzado del fruto. La compresión en posición vertical se tradujo en una reducción de la carga necesaria para la deformación y en incrementos en la deformación y pérdida de peso del fruto. Por tanto, la cosecha mediante desprendimiento manual, combinada con una posición horizontal del fruto con respecto a la carga de compresión, representa una buena opción para reducir los daños mecánicos durante el transporte y para conservar la calidad del fruto.

Palabras clave: *Cucumis melo* L., deformación, etileno, daño mecánico.

SUMMARY

Cantaloupe fruits (*Cucumis melo* L.) have many problems during handling and distribution due to their short shelf life. Metabolic activity can be adversely affected by both external and internal factors, thus leading to premature quality loss. A practical form of preserving fruit quality is by minimizing mechanical damages during post-harvest handling. The physiological and mechanical behavior of melon cv. 'Copa de Oro', was studied in two stages of fruit ripeness

(forced by manual detachment, and natural when naturally detached). Both treatments were submitted to axial compression in two directions (vertical and horizontal) at three compression distances (elastic limit, biocedence point and break point). Rates of CO₂ and ethylene production, physiological weight loss, compression, deformation and Young modulus, were measured as response variables. It was found that both ethylene and CO₂ production rates were significantly higher, as fruit deformation increased due to the applied force; such response was accentuated by fruit ripening. Vertical compression caused a reduction of the load necessary for deformation, and produced the highest deformation and fruit weight loss. Therefore, manual harvesting at physiological maturity combined with fruit compression at the horizontal position, is a good choice to reduce mechanical damages during handling and for preserving fruit quality.

Index words: *Cucumis melo* L., deformation, ethylene, mechanical damage.

INTRODUCCIÓN

Desde el momento en que un fruto es separado de la planta, se vuelve susceptible a factores externos e internos que conducen a la pérdida prematura de calidad. 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). Mohsenin (1977) menciona que los daños mecánicos en frutas y hortalizas por efecto de compresión, impacto o vibración se pueden manifestar como magulladuras, roces o abrasión, deformación, cortes, punciones, fisuras o facturas. Estos daños promueven la incidencia de enfermedades, aumentos en las velocidades de respiración y producción de etileno y en

consecuencia, menor calidad y vida postcosecha (Mittal, 1987).

La resistencia o comportamiento mecánico de los frutos 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 frutos, 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 (Ilker y Szczesniak, 1990).

Para caracterizar el comportamiento mecánico de algunas frutas y hortalizas se han empleado diversas pruebas que determinan las interacciones entre esfuerzo, deformación y tiempo, producidas por algún tipo de deformación o patrón de carga. Una de estas pruebas es la de esfuerzo-deformación, que consiste en someter a compresión o tensión el material y registra al mismo tiempo el esfuerzo y la deformación. Las principales variables obtenidas de este tipo de pruebas son el límite proporcional, el punto de biocedencia, el rango plástico, el punto de ruptura y el módulo de Young (Mohsenin, 1970).

El módulo de Young se ha sugerido como una medida de la firmeza del fruto, y el módulo de plasticidad permite conocer la carga máxima que el fruto puede soportar durante el almacenamiento bajo la acción de cargas estáticas (Chen *et al.*, 1987). Según Mohsenin (1970), el umbral de deterioro inicia con ruptura celular del tejido, la cual produce una excesiva deformación más allá del punto de biocedencia; la ruptura causa que el contenido celular se libere a los espacios intercelulares, manchado del tejido y desarrollo de procesos enzimáticos poco después de iniciado el daño.

El conocimiento de este tipo de propiedades mecánicas en los frutos de melón (*Cucumis melo* L.) tiene importantes aplicaciones, ya que se puede utilizar para determinar el momento óptimo de cosecha, para diseñar de equipos de clasificación y empaques y contenedores, que minimicen los daños mecánicos de los frutos durante el proceso de comercialización. La fisiología poscosecha de los frutos de melón se ha estudiado intensivamente; sin embargo, el estudio de sus propiedades mecánicas ha tenido poca atención, en especial el diseño de empaques y el establecimiento de umbrales que indiquen la carga máxima que pueden soportar sin sufrir daños, por lo que su utilidad económica

aún no se explota. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento mecánico y la respuesta fisiológica del fruto de melón cv. 'Copa de oro', a la compresión axial, en dos estados de madurez, dos posiciones de compresión (carga) y tres desplazamientos de cruceta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon frutos de melón cv. 'Copa de Oro' provenientes de una parcela comercial ubicada Arcelia, Guerrero, México. Se obtuvieron muestras homogéneas de frutos en dos estados de madurez: el primero se conoce como "forzado" y comprende a los frutos cuya guía fue separada manualmente a criterio del cosechador (Mo), y el segundo como "no forzado", en los que la guía se desprende de manera natural (M1). Las pruebas mecánicas y fisiológicas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Materiales del Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y en el Laboratorio de Fisiología Postcosecha del Colegio de Postgraduados.

Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2x2x3. El primer factor fue el estado de madurez de cosecha (M) con dos niveles: frutos forzados (Mo) y no forzados (M1). El segundo factor fue la posición del fruto en la compresión mecánica (P), también con dos niveles: pedúnculo hacia arriba (Po) y pedúnculo paralelo a la superficie de compresión (P1). El tercer factor fue el desplazamiento de la cruceta del equipo de compresión (D), con tres niveles de desplazamiento de cruceta: 1.5 cm (Do), 3.0 cm (D1) y la distancia necesaria para alcanzar la ruptura (D2). Las distancias de desplazamiento de cruceta se establecieron con base en el resultado de pruebas preliminares en frutos de melón, de donde se obtuvo la curva de esfuerzo-deformación correspondiente (Mohsenin, 1970), de tal manera que la distancia Do corresponde al límite elástico, D1 al punto de biocedencia y D2 al punto de ruptura del fruto.

Se obtuvieron así los siguientes tratamientos: MoPoDo, MoPoD1, MoPoD2, MoP1Do, MoP1D1, MoP1D2, M1PoDo, M1PoD1, M1PoD2, M1P1Do, M1P1D1, M1P1D2, y se agregaron como testigos los estados de madurez fisiológica Mo y M1. La unidad experimental fue un fruto de melón y en cinco repeticiones se evaluaron las variables mecánicas y fisiológicas de cada tratamiento. En los tratamientos que incluyen el nivel de desplazamiento de cruceta designado como D2 no se evaluaron las variables fisiológicas, debido a que el ensayo mecánico se realizó hasta causar ruptura de la piel del fruto.

En el estudio mecánico de compresión se empleó una máquina universal de ensayos mecánicos INSTRON (Universal Testing Machine) modelo 4469, con una velocidad de cruceta de 50 mm min⁻¹ y una celda de carga de 500 N. Las variables evaluadas fueron: carga de compresión reportada en kilonewtons (kN), porcentaje de deformación lateral del fruto por el esfuerzo aplicado, y el módulo de Young en megapascasles (MPa).

Las velocidades de respiración (CO₂) y producción de etileno se cuantificaron mediante un sistema estático (Mendoza-Wilson y Báez-Sañudo, 2000) que consistió en colocar frutos de peso conocido después de la compresión, en recipientes con volumen también conocido y cerrados herméticamente, durante 1 h. Posteriormente se tomó una muestra de 1 mL de aire del espacio de cabeza para inyectarla a un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II, equipado con detectores de ionización de flama (FID) y conductividad térmica (TCD). La columna metálica (Supelco®) fue de 2 m de largo y de 32 mm de diámetro interno, empacada con Hayesep N 80/100. Las temperaturas de inyección y columna fueron 100 y 150 °C, respectivamente; en los detectores las temperaturas fueron 150 °C para el FID y 180 °C para el TCD. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador a un flujo de 25 mL min⁻¹. Estas determinaciones se hicieron durante 4 d y se reportaron en mL de CO₂ kg-h⁻¹ y en µL de C₂H₄ kg-h⁻¹. El peso de los frutos se registró diariamente en una balanza digital, de donde se calculó el porcentaje de pérdida fisiológica de peso con base en el peso inicial.

Las variables fisiológicas estudiadas se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias entre tratamientos, con la prueba de Tukey a una $\alpha=0.05$, entre los tratamientos, por cada día de evaluación. Para ello se usó el paquete computacional Statistical Analysis System versión 6.12 (SAS, 1985). Los datos de respiración y producción de etileno fueron graficados con el paquete computacional Sigma Plot 2001, donde se señala la comparación de medias entre los tratamientos. Las variables mecánicas se sometieron a un análisis factorial y se presentan las medias del efecto de los factores principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad de respiración y producción de etileno

En los frutos de melón cv. 'Copa de Oro' cosechados como forzados, la producción de etileno en el día inicial fue estadísticamente similar entre los frutos testigo y los comprimidos hasta el punto del límite elástico (Do), con valores entre 11.8 y 16.4 µL C₂H₄ kg-h⁻¹. En la respira-

ción no hubo diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos para este mismo día (Figuras 1 y 2). A partir del segundo día se observaron incrementos significativos en etileno y en respiración, en los frutos que fueron comprimidos en posición vertical (Po) y hasta el punto de biocedencia (D1), con valores máximos de 90.5 µL C₂H₄ kg-h⁻¹ y 43.3 mL CO₂ kg-h⁻¹ para los tratamientos MoPoD1 y MoP1D1, respectivamente.

La compresión aplicada hasta el punto de biocedencia es un indicador del inicio de la ruptura celular (Mohsenin, 1970), la cual incrementa la producción de etileno y conduce al rápido deterioro del fruto. También Yang y Hoffman (1984) consideran que un síntoma inicial de la incidencia de daños físicos o condiciones de estrés en tejidos vegetales, es el incremento en la síntesis de etileno, el cual a su vez estimula otros eventos fisiológicos. Así mismo, Báez-Sañudo *et al.* (2002) señalan que los melones cv. 'Primo' sometidos a un efecto de estrés por inmersión en agua caliente, sintetizaron más etileno e incrementaron su actividad metabólica. Los frutos de este mismo estado de madurez manejados como testigo, mantuvieron bajos los niveles en estos gases durante el periodo de evaluación, con máximos de velocidad de respiración y de producción de etileno de 16.1 mL CO₂ kg-h⁻¹ y 30.8 µL C₂H₄ kg-h⁻¹, respectivamente. Estos valores son ligeramente más altos a los reportados por Báez-Sañudo *et al.* (2002) con 11.7 mL de CO₂ kg-h⁻¹ y 5.4 µL de C₂H₄ kg-h⁻¹; sin embargo, Miccolis y Saltveit (1995) indican que pueden encontrarse variaciones entre cultivares de melón.

Los frutos no forzados mostraron un patrón de comportamiento similar, pero con valores más elevados que los frutos forzados, en velocidad de respiración y producción de etileno, a partir del segundo día de la compresión (Figuras 1 y 2). Un incremento en la producción de etileno por efecto del estrés físico estuvo acompañado de altas velocidades de respiración de los frutos, al alcanzar valores de entre 108 a 135 µL de C₂H₄ kg-h⁻¹ y 41.8 a 45.2 mL de CO₂ kg-h⁻¹ en los tratamientos M1PoD1 y M1P1D1, cuyos valores superaron ($P < 0.05$) a los medidos en el tratamiento testigo.

El comportamiento fisiológico de los frutos forzados y no forzados sometidos a compresión no difiere estadísticamente del comportamiento mostrado por un fruto intacto, mientras la carga de compresión no exceda el límite elástico del fruto. Esto es independiente de la posición que éste adopte durante la aplicación de la carga. Sin embargo, una vez que se alcanza la deformación correspondiente al punto de biocedencia, el incremento en la síntesis de etileno acelera el metabolismo que conduce a la senescencia (Hadfield *et al.*, 1995). Al respecto, la producción de CO₂ y de etileno en frutos de *Carica papaya* cv. 'Maradol' roja

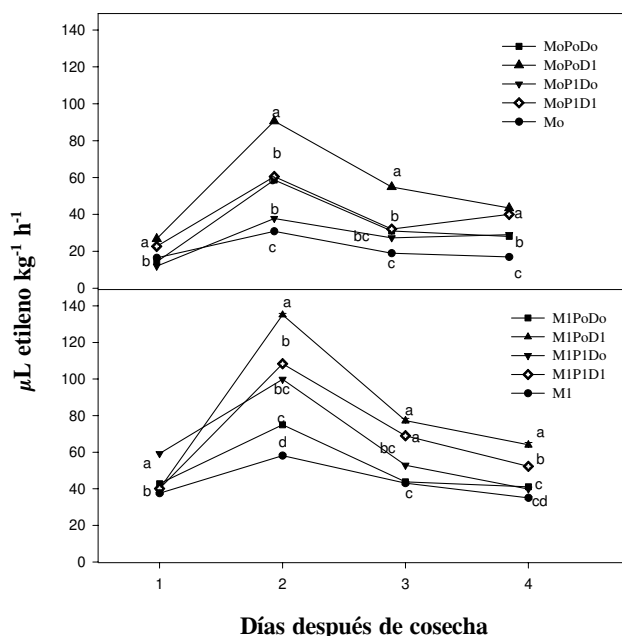


Figura 1. Producción de etileno en frutos de melón (*Cucumis melo* L.) cosechados en los estados de madurez forzado (Mo) y no forzado (M1), sometidos a compresión mecánica en posición vertical (Po) y horizontal (P1), y con desplazamientos de cruceta de 1.5 cm (Do) y 3.0 cm (D1), almacenados durante 4 d a temperatura ambiente (20 ± 2 °C). Medias de tratamientos con letras iguales, para cada día de evaluación, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

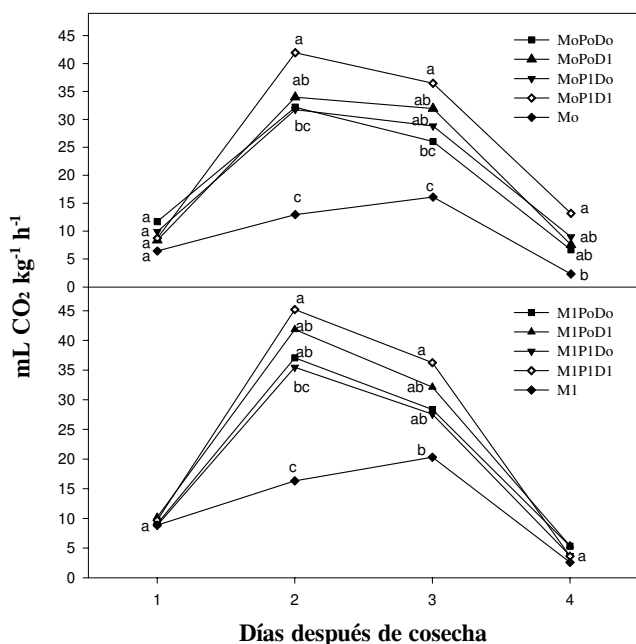


Figura 2. Velocidad de respiración en frutos de melón (*Cucumis melo* L.) cosechados en los estados de madurez forzado (Mo) y no forzado (M1), sometidos a compresión mecánica en posición vertical (Po) y horizontal (P1), y con desplazamientos de cruceta de 1.5 cm (Do) y 3.0 cm (D1), almacenados durante 4 d a temperatura ambiente (20 ± 2 °C). Medias de tratamientos con letras iguales, para cada día de evaluación, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

sometidas a compresión estática, no mostró diferencias significativas entre posiciones de compresión del fruto, pero sí entre niveles de compresión y con relación a los frutos intactos (testigo) (Vázquez, 2000; Com. personal)¹.

Pérdida de peso

En los frutos cosechados a mano (forzados) y comprimidos en posición vertical hasta el punto de biocedencia (MoPoD1), la pérdida de peso fue mayor desde el primer día de almacenamiento, que en los demás tratamientos. Al tercer día estos frutos alcanzaron pérdidas de hasta 2.3 % (Figura 3). En el resto de los tratamientos se observó un incremento en la pérdida de peso con respecto al testigo, a partir del segundo día de almacenamiento, con valores máximos de hasta 1.8 % (MoP1Do).

Un comportamiento similar se manifestó en los frutos del estado de madurez más avanzado (no forzados), en donde por efecto de la compresión al que fueron sometidos se provocaron mayores pérdidas de peso con respecto al testigo. Los valores más altos se detectaron en el tratamiento M1PoD1, con 2.5 % (Figura 3b). Este comportamiento probablemente se debe a la poca resistencia a la pérdida de agua que ofrece el tejido corchoso de la red que forma la superficie del fruto, por el ablandamiento y la remoción de ceras epicuticulares (Lester y Bruton, 1986; Lester y Dunlap, 1995; Báez-Sañudo *et al.*, 2002). El fruto de melón reticulado, a diferencia de otros frutos, tiene una capa cuticular que protege contra la pérdida de agua por transpiración, pero ésta se pierde desde las primeras etapas del crecimiento, y en su lugar se forma un tejido grueso corchoso llamado peridermo que no posee efecto antitranspirante (Roth, 1977).

Carga de compresión

En los frutos forzados (Mo) se requiere de mayor carga de compresión (entre 0.41 a 1.95 kN) para alcanzar el límite elástico (Do), el punto de biocedencia (D1) y el punto de ruptura (D2), en los frutos comprimidos en posición vertical (Po) que en los que fueron comprimidos en posición horizontal (P1). Así mismo, en los frutos de cosecha forzada estos valores fueron más altos que en los cosechados en el estado fisiológico no forzado (M1). Los factores estado de madurez (M), desplazamiento de cruceta, y la interacción MxD fueron significativos ($P < 0.001$) sobre la variable carga de compresión, lo cual evidencia que un fruto en estado de madurez comercial se deforma más rápidamente hasta ruptura del tejido, y para ello requiere de menos fuerza. La posición que adopta el fruto también

¹Vázquez G E (2000) Propiedades mecánicas de frutos de papaya (*Carica papaya* L.) cv. 'Maradol Roja' bajo compresión estática y cuasiestática. Tesis de Doctorado. Fruticultura, Colegio de Posgraduados, Montecillo, México. 110 p.

resulta significativo ($P < 0.05$) en la carga requerida para la deformación (PxD), en donde la posición vertical ofrece la mayor resistencia.

Deformación porcentual

Los frutos sometidos a compresión en posición vertical mostraron un valor más alto en su deformación que los comprimidos en posición horizontal. En el estado de madurez Mo y en la posición vertical (Po) los frutos alcanzaron hasta 0.4, 1.2 y 12.3 % más de deformación que en la posición horizontal (P1) para alcanzar su límite elástico, punto de biocedencia y punto de ruptura, respectivamente (Cuadro 1). Un comportamiento similar se observó para el estado de madurez M1. Por tanto, la posición que adopta el fruto de melón durante su compresión es significativo ($P < 0.001$) en el grado de deformación del fruto (PxD), y es mejor la posición horizontal del fruto durante la compresión. Esta posición puede tomarse como un criterio en el diseño de empaques. Al respecto, en frutos de papaya se encontró una mayor sensibilidad a la ruptura de tejido en el mesocarpio y exocarpio en la zona ecuatorial, por efecto de la tensión durante la compresión vertical de frutos (Vázquez, 2000; *Opus cit.*).

Cuadro 1. Interacción entre los factores estado de madurez (M), posición del fruto (P) y desplazamiento de cruceta del equipo de compresión (D), sobre las variables carga de compresión (CCOM), deformación porcentual (DEF) y módulo de Young (MYG), en frutos de melón (*Cucumis melo* L.) almacenados a la temperatura del ambiente (20 ± 2 °C).

Factor nivel	CCOM (kN)	DEF (%)	MYG (MPa)
MxP	2.49 ns	0.29 ns	0.01 ns
MxD	8.04***	1.78 ns	4.06*
PxD	3.88*	30.88***	1.94 ns
MxPxD	0.23 ns	0.00 ns	0.61 ns
CV (%)	34.86	10.41	30.54

ns, *, *** = no significativo o significativo a $P < 0.05$ y 0.001, respectivamente. CV=Coeficiente de variación.

Módulo de Young

El módulo de Young está relacionado con la rigidez del tejido del fruto (Chen *et al.*, 1987). Los valores para el estado de madurez forzados (Mo) son más altos ($P < 0.001$) que en el estado de madurez no forzada (M1) (Cuadro 1). Para el estado Mo se obtuvieron valores máximos de hasta 0.21, 0.31 y 0.38 MPa, y en el estado M1 hasta de 0.17, 0.13 y 0.19 MPa, para alcanzar el límite elástico, punto de biocedencia y de ruptura en los frutos de melón, respectivamente. Por tanto, los frutos cosechados antes de la madurez comercial ofrecen mayor capacidad de resistencia a la deformación y de recuperación a su forma original ante la aplicación de una fuerza de compresión (Fekete, 1994). Según Finney (1967), existe una disminución en el módulo de Young en los frutos de *Prunus persica* cv. 'Late Alberta' de 0.19 a 0.01 MPa, de *Pyrus* cv. 'Kieffer' de 0.28 a 0.11 MPa, y de *Malus* cv. 'Mcintosh' de 0.13 a

0.07 MPa, durante los últimos días de maduración del fruto en el árbol.

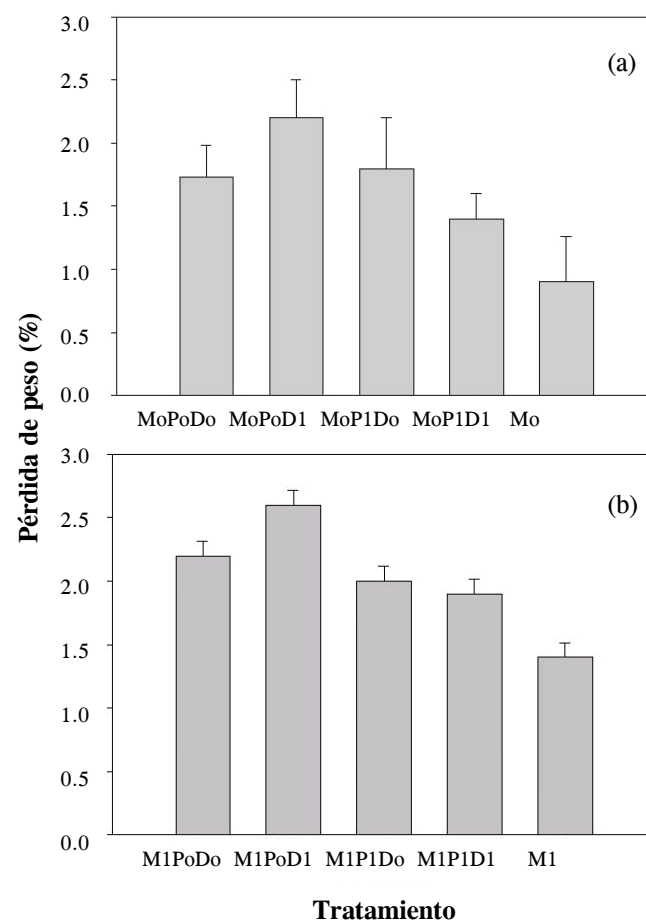


Figura 3. Pérdidas de peso en frutos de melón (*Cucumis melo* L.) cosechados en el estado de madurez forzada (Mo)(a) y no forzada (M1)(b) y después de ser sometidos a compresión axial en posición vertical (Po) y horizontal (P1) con desplazamientos de cruceta de 1.5 cm (Do) y 3.0 cm (D1), después de 3 d de almacenamiento a temperatura del ambiente (20 ± 2 °C). Las líneas verticales sobre las barras representan el error estándar.

CONCLUSIONES

El fruto de melón mostró sensibilidad fisiológica a la aplicación de cargas externas (daño mecánico). La producción de etileno y la velocidad de producción de CO_2 se incrementaron significativamente al aumentar la deformación por la carga aplicada, lo que aceleró la senescencia del fruto. El estado de madurez fisiológica del fruto correspondiente a la cosecha manual y conocida como forzada, mostró menor producción de etileno y velocidad de producción de CO_2 en relación con los frutos no forzados que se dejan desprender en forma natural.

La aplicación de carga en los frutos de melón desde una posición vertical se tradujo en una reducción de la carga de compresión necesaria para alcanzar el límite elástico, biocedencia y ruptura del material, así como en un incremento en la deformación y rápida pérdida de peso del fruto debido a daños irreversibles ocasionados en el tejido. Este comportamiento se acentúa conforme el estado de madurez del fruto es más avanzado. Por tanto, un estado de madurez fisiológico de cosecha forzada en combinación con una posición horizontal del fruto, con respecto a la carga de compresión, durante el manejo o transporte, son una opción conveniente de manejo poscosecha para reducir los daños mecánicos y conservar la calidad del fruto.

BIBLIOGRAFÍA

- Baéz-Sañudo R, C V Saucedo, B R Pérez, E T Bringas, A M W Mendoza (2002) Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente en la conservación de melón reticulado. Rev. Fitotec. Mex. 25(4):375-379.
- Chen P, A M Ruiz, A A Kader (1987) Study of impact and compression damage on Asian pears. Trans. ASAE 30(4):1193-1197.
- Fekete A (1994) Elasticity characteristics of fruits. Acta Hort. 386:199-205.
- Finney E E (1967) Dynamic elastic properties of some fruits during growth and development. J. Agric. Eng. Res. 12:249.
- Hadfield K A, J K Rose, A B Bennett (1995) The respiratory climacteric is present in charentais (*Cucumis melo* cv. Reticulates F1 Alpha) melons ripened on or off the plant. J. Exp. Bot. 46: 1923-1925.
- Ilker R, A S Szczesniak (1990) Structural and chemical bases for texture of plant foodstuffs. J. Text. Stud. 21:1-36.
- Khan A A, J F V Vincent (1991) Bruising and Splitting of apple fruit under uni-axial compression and the role of skin in preventing damage. J. Text. Stud. 22:251-263.
- Lester G E, J R Dunlap (1995) Physiological changes during development and ripening of "Perlita" muskmelon fruits. Sci. Hort. 26:323-331.
- Lester G E, B D Bruton (1986) Relationship of muskmelon fruit water loss to post-harvest storage life. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(5):727-731.
- Mendoza-Wilson A M, R Báez-Sañudo (2000) Medición de la tasa respiratoria por sistema cerrado en melón cantaloupe. Hort. Mex. 8(2):158-163.
- Miccolis V, M E Saltveit (1995) Influence of storage period and temperature on the postharvest characteristics of six melons (*Cucumis melo* L., inodorus group) cultivars. Postharv. Biol. Technol. 5:211-219.
- Mittal J P (1987) Rheological characterization of apple cortex. J. Text. Stud. 22:251-263.
- Mohsenin N N (1970) Applications of engineering techniques to evaluation of texture of solid food materials. J. Text. Stud. 1(2):133-134.
- Mohsenin N N (1977) Characterization and failure in solid food with particular reference to fruits and vegetables. J. Text. Stud. 8:169-193.
- Pantástico E B (1984) Fisiología de la Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas. Ed. Continental S.A. México. 663 p.
- Roth Y (1977) Fruit of Angiosperm. Gebruder Borntraeger, Berlin. 474 p.
- Ruiz A M (1991) Damage Mechanisms in the Handling of Fruits. CAB International. Wallingford R.U. USA. pp:231-257.
- SAS (1985) Statistical Analysis System. User's guide. Version 5th Ed. The SAS Institute. Cary, NC.
- Yang S E, N E Hoffman (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 35:155-189.