

# CARACTERIZACIÓN DEL GARBANZO VERDE (*Cicer arietinum* L.) Y TECNOLOGÍAS POSCOSECHA PARA MANTENER SU CALIDAD

María Dolores Muy-Rangel<sup>1</sup>; Mercedes Verdugo-Perales<sup>1</sup>; Tomás Osuna-Enciso<sup>1</sup>; Manuel Alonso Báez-Sañudo<sup>1</sup>; José Basilio-Heredia<sup>1</sup>; Benigno Valdez-Torres<sup>1</sup>; Rosalba Contreras-Martínez<sup>1</sup>; Josefa Adriana Sañudo-Barajas; Juan Pedro Campos-Sauceda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Coordinación Culiacán. Carr. Eldorado km 5.5. Campo el Diez. Culiacán, Sinaloa. C. P. 80110.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Culiacán. Juan de Dios Bátiz s/n. Col. Guadalupe. Culiacán, Sinaloa. MÉXICO. Correo-e: mdmuy@ciad.edu.mx (<sup>1</sup>Autor para correspondencia).

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue caracterizar los componentes de calidad del fruto de garbanzo, describir la anatomía de la vaina y buscar tecnología poscosecha que permitan prolongar la vida del fruto. Se cosecharon garbanzos verdes cv. 'Blanco Sinaloa'; en la vaina y semilla se realizó el análisis proximal, minerales, pH, acidez y sólidos solubles totales. En la vaina se observó la histología del tejido a los 0, 6 y 12 días. Cuatro lotes de frutos fueron tratados con 1) 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  y 2) 1.0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  de 1-metilciclopropeno (1-MCP, al 14 %), 3) asperjado con agua a 65 °C y 4) testigo (sin tratar). Los garbanzos se almacenaron por 12 días a 10 °C en envases de polietileno. Cada tres días se evaluaron la pérdida de peso, el color exterior y la respiración de los frutos. La semilla y la vaina de garbanzo tuvieron adecuada concentración de proteínas, fibra, calcio, potasio y hierro; y un pH = 6. La anatomía celular de la vaina tuvo una cutícula bien estructurada el día cero, la cual se compactó durante el almacenamiento; también, se observaron cambios de las células del parénquima a esclerenquima. Los frutos tratados con 1-MCP redujeron significativamente la pérdida de peso y la actividad metabólica en comparación con el testigo; sin embargo, ningún tratamiento mostró un efecto significativo sobre la retención del color verde de los frutos.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** 1-MCP, histología, envejecimiento celular, color, respiración.

## GREEN CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.) CHARACTERIZATION AND POSTHARVEST TECHNOLOGY TO RETAIN QUALITY

### ABSTRACT

The objectives of this investigation were to characterize the quality components of the chickpea fruit, to describe the anatomy of the pod, and to study postharvest technology for increasing the shelf life of the fruits. Green chickpeas cv. 'Blanco Sinaloa' were harvested; proximate analysis, minerals, pH, acidity and total soluble solids were separately analyzed in both pods and seeds. Histological evaluations were done on pods at 0, 6 and 12 days. Four lots of fruits were treated, each with 1) 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  and 2) 1.0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$  of 1-methylcyclopropene (1-MCP), 3) sprayed water at 65 °C, and 4) control. Samples were stored for 12 days at 10 °C using PET containers. Evaluations of weight loss, color, and respiration rate were done every 3 days. Chickpea seed and pod showed a good nutritional profile based on the protein, fiber, calcium, potassium, and iron content. Also, in both tissues pH = 6.0 was observed. The cell anatomy of the pod showed a well structured cuticle at day 0, which remained compacted through the storage; also, a change in cells from the parenchyma towards sclerenchyma was observed, indicating cell aging. The 1-MCP treatments significantly decreased weight loss and metabolic activity of chickpeas as compared to control samples; however, none of the treatments showed a significant effect on green color retention.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** 1-MCP, histological, cell aging, color, respiration.

## INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.), es una planta herbácea cuyo fruto es una vaina con una o dos semillas en su interior (Guerrero, 1998), constituye un recurso alimenticio de gran importancia debido a su gran aporte de proteínas, fibra y minerales. En general, el garbanzo se comercializa como semilla seca de distintas variedades y su calidad se relaciona con el calibre y el color. En México, la producción de garbanzo cv. Blanco Sinaloa ocupa un lugar importante en el mercado de exportación, debido a su tamaño, color blanquecino y facilidad para su cocción. Sin embargo, dicha producción es afectada por la competencia del mercado internacional, lo que induce a la búsqueda de alternativas de venta (ASERCA, 1997).

El garbanzo en su vaina (también llamado guasana o green fresh garbanzo pod) se comercializa como alimento fresco y su calidad se asocia con su color verde y la turgencia. El garbanzo en vaina se cosecha en estado inmaduro de desarrollo y presenta una elevada actividad metabólica y transpiración, lo que reduce su calidad y vida poscosecha, como en la mayoría de los vegetales (Kader, 2002; Chiesa, 2010).

La comercialización del garbanzo verde en México se inició en el año 2004 a través de la compañía Campo Nuevo ubicada en Hermosillo, Sonora; la calidad del fruto se ha asociado con el tamaño uniforme y color característico de la vaina. Para mantener la apariencia fresca de la vaina, se cosecha la planta completa y el fruto se separa con cuidado de forma manual en mesas de recolección; posteriormente, se empaca en cajas de plástico ventiladas con 15 lb de producto y se comercializa a temperatura entre 5 y 10 °C. Trevor y Cantwell (2004), señalan que el índice de cosecha para guisantes con vaina, depende del mercado, y la calidad se puede mantener bajo condiciones de almacenamiento de 10 °C y 85-90 % de humedad relativa. Sin embargo, en ambos casos, los frutos muestran importantes cambios en color y marchitez en la vaina durante poscosecha, que afectan la calidad y su comercialización, por lo que es importante buscar tecnologías poscosecha propias para estos productos, que permitan reducir la velocidad de senescencia y la pérdida de agua en los tejidos.

Para incrementar la vida poscosecha de garbanzo verde, Sandhu *et al.* (2007), estudiaron el efecto del cloruro de calcio, cloruro de sodio y ácido acético en garbanzos verdes almacenados en bolsas de polietileno a temperatura de refrigeración; observaron que los frutos tratados con ácido acético lograron mantener hasta 15 días el color verde de los garbanzos, además señalaron que la bolsa plástica fue efectiva para reducir la deshidratación del tejido.

Asimismo, en algunas hortalizas como brócoli, elote, chícharo y ejote, se utiliza calor (agua caliente o vapor) para fijar color, inactivar enzimas exógenas y reducir la oxidación del tejido, previo a los procesos de pre-cortado, deshidratado, congelado y enlatado (Barrett *et al.*, 2000;

Sava *et al.*, 2005). En brócoli y elote amarillo, se recomienda escaldar con vapor por 90 seg y 8 min, respectivamente, para inactivar enzimas responsables de la oxidación y bajo estas condiciones, ambas especies lograron mantener un mejor color en comparación con los no tratados (Barrett *et al.*, 2000).

Como alternativa para reducir la senescencia en ejotes (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cvs. Thoroughbred y Carlo, Cho *et al.* (2008) encontraron que el uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP; 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ , 24 h a 7 °C) fue efectivo en retrasar seis días la pérdida del color verde y la presencia de manchas oscuras en esta hortaliza durante el almacenamiento por 22 días a 7 °C. El 1-MCP es un compuesto químico antagonista de la acción del etileno, lo que permite retardar los cambios relacionados con la maduración y la senescencia de los frutos (Sisler y Serek, 1997; Blankenship y Dole, 2003).

Por otro lado, se ha observado que la pérdida de calidad durante poscosecha de algunos vegetales verdes está relacionada con la anatomía y la composición de la cutícula, tipo y tamaño de células del cultivo. Herrera *et al.* (2005) estudiaron el desarrollo de la vaina en tres especies de frijol (*Phaseolus vulgaris*, *P. coccineus* y *P. polyanthus*) para conocer el estado de madurez del tejido previo a la dehiscencia. Ellos observaron cambios anatómicos importantes como pérdida de tricomas, grosor de la hipodermis, formación de una capa de esclerénquima y diferenciación del tejido de dehiscencia en la vaina, características de inicio de senescencia.

Con el propósito de entender los cambios que presenta el fruto de garbanzo verde relacionado con la calidad y su importancia alimenticia, es necesario caracterizar el fruto (vainas y semillas), así como buscar alternativas tecnológicas mediante tratamientos físicos y químicos como la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) que permitan prolongar su vida poscosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron frutos de garbanzo verde cv. 'Blanco-Sinaloa 92' con vaina y semilla, cultivados en Angostura, Sinaloa (latitud norte 25° 15' 58", longitud oeste 108° 2' 24" y altitud 70 m) del ciclo: 2008-2009. La muestra se homogenizó en cuanto a su tamaño, color y ausencia de defectos. Posteriormente, se pesaron 250 g de frutos en cuatro lotes, cada uno fue tratado con: 1) 1-MCP 0.5  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ , 2) 1-MCP 1.0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ , 3) 15 ml de agua asperjada a 65 °C durante 30 seg y 4) testigo, sin ningún tratamiento.

Los garbanzos se colocaron en contenedores plásticos de polietileno (*clamshell*) con 750 cm<sup>3</sup> de capacidad y se almacenaron 12 días a 10 °C y 88 % HR.

Los tratamientos de los garbanzos con 1-MCP se aplicaron por 12 horas a 10 °C, los cuales se realizaron en contenedores de acero inoxidable herméticos, de 0.238 m<sup>3</sup> y con sello de agua en la parte superior. Al final del tratamiento, las muestras fueron ventiladas y se colocaron

en la cámara de almacenamiento a las condiciones mencionadas. Todo el experimento se realizó por duplicado.

### Caracterización del fruto

#### Análisis proximal, minerales y químico

A la vaina y semilla del fruto del garbanzo al momento de corte, se les determinó la composición proximal: humedad (934.01), proteína (988.05), grasa (920.39), fibra cruda (962.09), cenizas (942.05) y carbohidratos por diferencia, contenido de minerales (955.06), pH (960.19), acidez titulable (% ácido málico, 942.15) y sólidos solubles totales (°Brix, 932.12), bajo los métodos oficiales de la AOAC (1998).

#### Análisis histológico

El estudio morfológico y anatómico se llevó a cabo en vainas del fruto testigo a los 0, 6 y 12 días de almacenamiento. Para esto, se hicieron preparaciones permanentes de la vaina sin semilla, según lo recomendado por Osuna *et al.* (2000). Diez vainas de cada día de muestreo se fijaron en FAA (10 % formaldehído a 37 °, 50 % alcohol a 96 °, 5 % ácido acético glacial y 35 % de agua) por 48 h. Después, las muestras se lavaron con agua corriente y se sometieron a deshidratación con alcoholes graduados y xileno, se infiltraron en parafina en un procesador de tejido American Optical® T/P 800. Las vainas se incluyeron en parafina, se seccionaron bloques con la muestra y se realizaron cortes longitudinales a 10 µm de grosor en un micrótopo rotatorio Leica® RM 2125. Los cortes se montaron en portaobjetos y se tiñeron con safranina y verde rápido, después se le agregó bálsamo de Canadá y se protegieron con un cubre objeto. Los cortes se observaron en un microscopio óptico Zeiss® AxioStar, equipado con una cámara Motic® 480.

### Calidad poscosecha del fruto

#### Pérdida de peso

Cuatro contenedores plásticos (*clamshell*) con los frutos de garbanzo por tratamiento se pesaron en una balanza digital Ohaus FD series. La tasa de pérdida de peso acumulada se determinó en función del peso inicial y peso final de los frutos y se reportó como porcentaje de pérdida de peso acumulado (Muy *et al.*, 2004).

#### Color

El color exterior de la vaina se evaluó en la zona ecuatorial del fruto, para lo cual se utilizó un espectrofotómetro MINOLTA CM-2600d. Los resultados se registraron en luminosidad (L), cromaticidad (C) y ángulo de matiz (°Hue), según McGuire (1992).

#### Actividad metabólica (respiración)

El total de frutos contenidos en el *clamshell* se pesaron y se colocaron durante una hora en frascos de vidrio de 3.7 litros, con cierre hermético. Se tomó 1 ml de aire del espacio cabeza (espacio libre dentro del frasco) y se analizó en un

cromatógrafo de gases Varian 3300. La producción de CO<sub>2</sub> se cuantificó por duplicado por tratamiento y se reportó en ml CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> (Báez-Sañudo *et al.*, 1997). Como estándar se utilizó CO<sub>2</sub> al 0.52 % en mezcla con nitrógeno (AGA Gas México, S.A. de C.V.).

### Diseño experimental y análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño de dos factores (tratamiento y tiempo) totalmente al azar para las variables destructivas (pH, acidez titulable, sólidos solubles totales); mientras que para las variables no destructivas (pérdida de peso, color y respiración) se utilizó un diseño anidado con medidas repetidas en el tiempo.

Las evaluaciones se hicieron a los 0, 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento.

Cada contenedor *clamshell* con sus correspondientes frutos fue tomado como unidad experimental. Al encontrar efectos significativos en el ANOVA, se aplicó la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), mediante el programa estadístico MINITAB (2004) versión 14.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización del fruto

La humedad de la semilla y vaina del fruto de garbanzo al día cero fue de 77 y 58 %, respectivamente, la semilla es buena fuente de proteína, calcio, hierro y magnesio, mientras que la vaina presentó mayor contenido de carbohidratos, fibra y cenizas (magnesio, hierro) (Cuadro 1). El fruto de garbanzo verde (vainas y semilla) ofrece entre 11 a 14 % de la ingesta diaria recomendada (IDR, NOM-051-SCFI/SSA1-2010) de fibra, de 8 a 24 % de hierro y de 17 a 24 % de magnesio. Además, la semilla contiene 7.8 g de proteína por cada 100 g de semilla fresca. La semilla y vaina de garbanzo verde no presentaron características ácidas y su composición de sólidos solubles en la vaina fue de 16 °Brix, pero en la semilla se redujo en un 50 % (Cuadro 1).

Los resultados indican que el consumo de la semilla y vaina de garbanzo verde, ofrece un mayor aporte nutricional, en comparación con la semilla sola. Ibrkci *et al.* (2003) reportaron que hojas de garbanzo cvs. Kabuli y Desi, son buena fuente de minerales como calcio, magnesio, potasio y fósforo, similar a lo observado en la vaina de garbanzo cv. Blanco Sinaloa, estos autores mencionan que el aporte de minerales de este cultivo podría competir con las hojas de espinaca.

En el mercado nacional, la Compañía Campo Nuevo de Hermosillo, Sonora; comercializa garbanzo verde con 65 % de humedad y 7 % de proteína, valores similares obtenidos en los garbanzos de este estudio en cuanto a proteína y mayores para humedad; tal vez debido a diferencias en el estadio de desarrollo al corte entre ambos frutos, donde a mayor madurez menor contenido de agua en los tejidos.

**CUADRO 1. Características proximales y químicas en frutos de garbanzo verde al momento de corte (100 g en base húmeda).**

Nutrientes (unidades)	Fruto de garbanzo fresco		IDR <sup>x</sup> NOM-051-SCFI/SSA1 -2010
	Vaina	Semilla	
Humedad (%)	57.9 ± 2.70 <sup>z</sup>	77.5 ± 2.11	
Proteínas (g)	3.9 ± 0.41	7.8 ± 0.26	1 g·kg <sup>-1</sup> peso
Grasas (g)	0.8 ± 0.04	0.6 ± 0.22	
Cenizas (g)	1.6 ± 0.08	0.8 ± 0.04	
Fibra cruda (g)	4.2 ± 0.79	3.3 ± 0.47	30
Carbohidratos totales (g)	31.4 ± 2.48	9.8 ± 1.20	
Calcio (mg)	45.4 ± 7.41	62.0 ± 5.56	900
Sodio (mg)	31.4 ± 4.82	44.8 ± 2.77	
Hierro (mg)	1.4 ± 0.18	4.1 ± 0.26	17
Magnesio (mg)	41.7 ± 4.45	58.8 ± 4.83	248
Potasio (mg)	206.1 ± 20.5	208.7 ± 16.7	
<b>Composición química</b>			
pH	6.18 ± 0.12 <sup>y</sup>	6.20 ± 0.14	
Acidez (% ácido málico)	0.13 ± 0.13	0.15 ± 0.10	
Sólidos solubles totales (°Brix)	16.17 ± 2.11	8.25 ± 1.72	

<sup>z</sup>Media y desviación estándar de tres muestras.

<sup>y</sup>Media y desviación estándar de cinco muestras.

<sup>x</sup>Ingesta diaria recomendada, población mexicana

Al comparar la calidad nutricional del garbanzo con otros productos similares, se encontró que el mismo es más rico en calcio, hierro y potasio en comparación con el haba en vaina (*Vicia faba* L.), las alubias (*Phaseolus coccineus* L.) y los chícharos (*Pisum sativum* L.). También, se observa que la vaina de haba es más húmeda (72.6 %) que la de garbanzo, pero ambas son buena fuente de proteínas y fibra (USDA, 2009).

Los resultados de sólidos solubles del garbanzo verde se relacionan con un alimento dulce, similar a otras leguminosas (Croy *et al.*, 1979). Sin embargo, la percepción del sabor dulce del garbanzo verde posiblemente se enmascare por la presencia de ácidos y compuestos fenólicos presentes en el fruto, como se reporta para guisantes verdes (Chavan *et al.*, 1999). Los resultados de acidez y sólidos solubles de los garbanzos de este estudio es similar a lo publicado por Martínez *et al.* (1995) quienes señalan que vainas de ejotes frescos (cvs. strike y bina) presentan valores de acidez de 0.107 a 0.18 % de ácido málico en vainas con diámetros ≤ 6.5 y ≥ 9.0 mm, respectivamente; además en la variedad 'strike' se encontró un contenido de sólidos solubles de 9.9 a 14.2 °Brix, dependiente del diámetro de la vaina.

Las características histológicas de la vaina del garbanzo verde al momento de corte (Figura 1A) muestran una epidermis simple (una sola capa de células). Se observan pequeñas protuberancias para dar inicio al crecimiento de los tricomas. Debajo de la epidermis se encuentra el

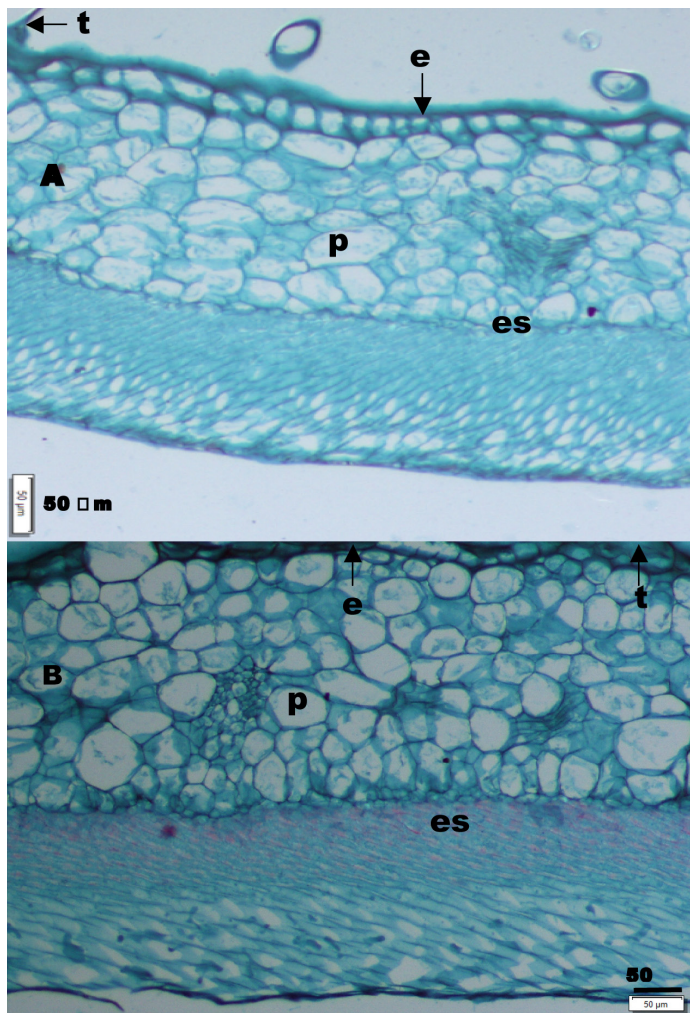
mesocarpio, representado por células de parénquima de tamaño variable. Este tejido muestra una clara diferencia en la estructura celular; células parenquimáticas de mayor tamaño hacia la epidermis externa de la vaina y de menor tamaño las ubicadas de la mitad del mesocarpio hacia la epidermis interna, estas últimas se caracterizan por tener citoplasma denso. A los 12 días de almacenamiento de la vaina (Figura 1B), debido a la excesiva pérdida de agua del tejido, las células de la epidermis se compactan por lo que se confunden con las del mesocarpio. Las células del parénquima unido a la epidermis externa permanecen sin cambios; sin embargo, el tejido con células más pequeñas del centro de la vaina hacia la epidermis interna, muestran una clara diferenciación a escleroides (tejido de esclerénquima). Estas células tienen pared secundaria lignificada, la cual reacciona con safranina dando un color rosado. El esclerénquima es un tejido formado por células muertas, por lo que su presencia es indicativa de senescencia del órgano, este comportamiento no se detectó en las vainas a los seis días de almacenamiento.

Durante el desarrollo de las vainas de tres especies de frijol del género *Phaseolus*, Herrera *et al.* (2005) observaron que la senescencia del tejido se inicia cuando se presenta diferenciación de tejido de dehiscencia, localizado en la sutura ventral de la vaina; este grupo de células desarrollaron una coloración roja debido a la pared celular secundaria que caracteriza a células de tejido de esclerénquima. Concordante con Herrera *et al.* (2005)



**CUADRO 2.** Variables de color en el fruto de garbanzo durante el almacenamiento. Cada valor representa la media de 15 repeticiones. <sup>z</sup>Misma letra por columna y tratamiento es significativamente igual de acuerdo co la prueba de Tukey, a una  $P \leq 0.05$ .

Tratamiento	Luminosidad		Cromaticidad		Ángulo de matiz (°Hue)	
	Días de almacenamiento (10 °C)					
	0	12	0	12	0	12
Testigo	61.25b <sup>z</sup>	69.04a <sup>y</sup>	34.22a	34.72a	101.66a	95.62a
1-MCP 0.5 µl·L <sup>-1</sup>	61.04b	71.50a	36.57a	34.76a	102.43a	94.77a
1-MCP 0.5 µl·L <sup>-1</sup>	61.04b	68.78a	35.44a	32.79b	102.43a	94.79a



**FIGURA 1.** Fotomicrografía de corte transversal de la vaina del fruto de garbanzo verde. A) al momento de corte. B) después de 12 días a 10 °C, (e) epidermis, (t) tricomas, (p) parénquima y (es) esclerénquima.

en el tejido de la vaina de garbanzo verde almacenada por 12 días, se observó el mismo desarrollo de color por lo cual también se relacionó con la senescencia del tejido.

### Calidad poscosecha del fruto

El uso de 1-MCP en garbanzos verdes fue efectivo para reducir significativamente la pérdida de peso de los frutos después de los seis días de almacenamiento, sucediendo lo contrario con la aplicación de agua caliente. Al final del estudio, el tratamiento con 1-MCP en los frutos logró retrasar por tres días la pérdida de peso de los garbanzos, en comparación con el testigo (Figura 2).

Blankenship y Dole (2003) reportan que la mayor efectividad del 1-MCP es reducir la velocidad de maduración, el ablandamiento y el cambio de color de diversas frutas y vegetales; sin embargo, también señalan que este compuesto permite retrasar la pérdida de peso en aguacates, como se observó en los garbanzos.

Ben-Yehoshua (1987) reporta una pérdida de agua permisible para ejotes frescos del 6 %. En garbanzos verdes, pérdidas de peso superiores al 6 % se presentan después de los cinco días de almacenamiento a 10 °C. Sin embargo, durante este periodo no se observó un efecto de deshidratación o marchitamiento de la vaina de los frutos, aun en porcentajes de pérdida de peso superiores al 10 %. Esto indica, que los garbanzos verdes en vaina tienen una mayor resistencia a la pérdida de agua.

Al inicio del experimento los garbanzos tratados con agua caliente mostraron significativamente mayor valor de luminosidad y menor ángulo de matiz; sin embargo, durante los 12 días de almacenamiento, ningún tratamiento expresó un efecto significativo sobre la retención del color de los garbanzos expresado como ángulo de matiz (°Hue) (Cuadro 2). De manera general, los frutos desarrollaron mayores valores de luminosidad y menores resultados de ángulo de matiz o tono, sin cambios considerables en la saturación del color durante el almacenamiento, observándose una ligera modificación del color de verde a verde-amarillo. Por otro lado, los frutos tratados con agua caliente, no desarrollaron un efecto indeseable (encafecimiento, oxidación) sobre la vaina de los frutos.

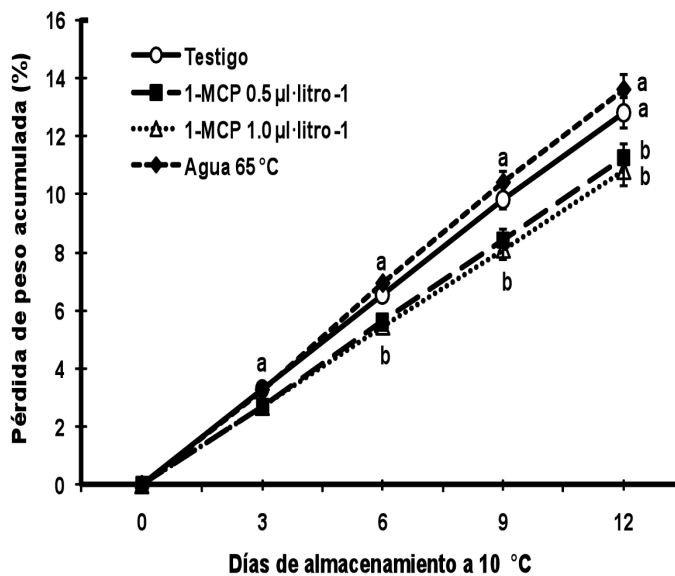


FIGURA 2. Pérdida de peso en frutos de garbanzo verdes durante el almacenamiento. Cada punto representa el promedio de cuatro repeticiones  $\pm$  error estándar. Misma letra por día de almacenamiento y tratamiento es significativamente igual de acuerdo a la prueba de Tukey, a una  $P \leq 0.05$ .

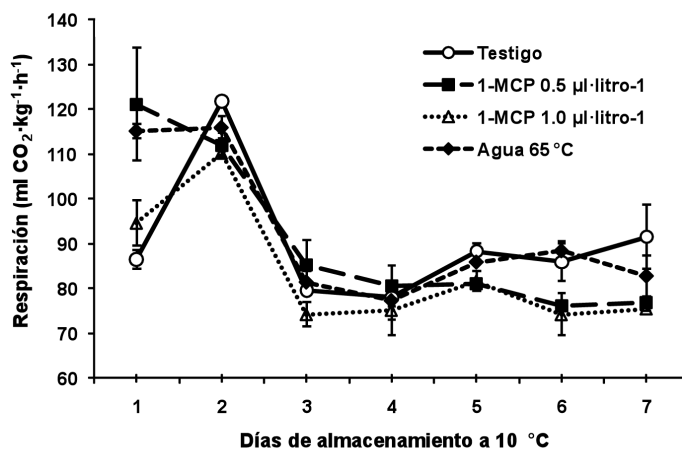


FIGURA 3. Comportamiento respiratorio de frutos de garbanzo verdes durante el almacenamiento. Cada punto representa el promedio de dos repeticiones  $\pm$  error estándar.

A pesar de que el uso de 1-MCP logró retrasar significativamente la pérdida de peso (Figura 2) y la actividad metabólica de los garbanzos (Figura 3), la efectividad no fue suficiente para observar un resultado favorable sobre la retención del color verde de los frutos; tal vez esto se pudo deber a la variabilidad de la intensidad del color verde entre los frutos, presente por los diferentes estados de desarrollo al corte de las vainas.

El patrón de respiración observado en los garbanzos verdes corresponde a un cultivo en madurez hortícola (inmaduro), según Kader (2002), con una alta actividad metabólica durante los primeros dos días, seguido por

una reducción significativa hasta alcanzar una estabilidad metabólica después del tercer día de almacenamiento (Figura 3). Los frutos tratados con 1-MCP mostraron de manera general la menor respiración en comparación con los garbanzos testigos y los tratados con agua caliente, sin presentar diferencia entre las dosis de 0.5 y 1.0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Diversos estudios reportan que el uso de 1-MCP aplicado a frutas y hortalizas es efectivo para reducir la velocidad de respiración (Sisler y Serek, 1997; Hofman *et al.*, 2001; Blankenship y Dole, 2003; Gong y Mattheis, 2003), tal como sucedió en este estudio. Además, estos mismos autores encontraron que este compuesto químico, retrasa la maduración y senescencia de los productos y su efecto es dependiente del tipo de cultivo y de la dosis de aplicación. En garbanzo verde no se observó una diferencia considerable entre las dosis utilizadas, debido tal vez a las características de la vaina (composición celular, Figura 1), lo cual permite que 1-MCP de naturaleza gaseosa pueda penetrar fácilmente en todo el tejido y ser efectivo en dosis bajas.

## CONCLUSIONES

La vaina y la semilla de garbanzo verde presentan buen contenido nutricional (proteínas y minerales) y nutraceutico (fibra), con características de pH cercanos a valores neutros. El contenido de sólidos solubles en la vaina de garbanzo fue el doble del de la semilla, correspondiendo a un producto dulce y ligeramente dulce, respectivamente. El tejido de la vaina mostró el desarrollo de tricomas, una sola capa de células en la epidermis y células de parénquima de exterior al exterior del mesocarpio; que durante la senescencia se observó una clara diferenciación de células de parénquima a tejido de esclerénquima. El uso de 1-metilciclopropeno en dosis de 0.5 y 1.0  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ , fue efectivo para retrasar la pérdida de agua y la velocidad de respiración de los frutos de garbanzo verde durante el almacenamiento, sin diferencia significativa entre dosis; sin embargo, no retrasaron la pérdida de color verde.

## LITERATURA CITADA

- AOAC. 1998. Official methods of analysis. 14th ed. Association of analytical chemists. Washington D.C.
- ASERCA. 1997. El garbanzo mexicano, el mejor del mundo. Revista Claridades Agropecuarias 42: 3-16.
- BÁEZ-SAÑUDO, M.; SILLER-CEPEDA, J.; HEREDIA, B.; PORTILLO, T.; ARAIZA, E.; GARCÍA, R.; MUY-RANGEL, D. 1997. Fisiología poscosecha de frutos de chichapote (*Achras Sapota* L.) durante condiciones de mercadeo. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 41: 209-214.
- BARRETT, D. M.; GARCÍA, E. L.; RUSSELL, G. F.; RAMÍREZ, R.; SHIRAZI, A. 2000. Blanch time and cultivar effects on quality of frozen and stored corn and broccoli. Journal of Food Science 65(3): 534-540.

- BEN YEHOASHUA, S. 1987. Transpiration, water stress and gas exchange. pp. 113-170. *In: Postharvest Physiology of Vegetables*. WEICHMANN J. (ed.). Marcel Dekker. New York, USA.
- BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 2003. 1-methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology* 28: 1-25.
- CHAVAN, U. D.; SHAHIDI, F.; BAL, A. K. 1999. Nutrient composition of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) seeds and pod shells at various stages of maturity. *Journal of Food Biochemistry* 23: 323-340.
- CHIESA, A. 2010. Factores precosecha y poscosecha que inciden en la calidad de lechuga. *Horticultura Argentina* 29(68): 28-32.
- CHO, M.; HURR, B. M.; JEONG, J.; LIM, C.; HUBER, D. 2008. Postharvest senescence and deterioration of 'Thoroughbred' and 'Carlo' green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in response to 1-methylcyclopropene. *HortScience* 43(2): 427-430.
- CROY, R.R.; DERBYSHIRE, E.; KRISHNA, T.G.; BOULTER, D. 1979. Legumin of *Pisum sativum* and *Vicia faba*. *New Phytologist* 83: 29-35.
- GONG, Y.; MATTHEIS, J. P. 2003. Effect of ethylene and 1-methylcyclopropene on chlorophyll catabolism of broccoli florets. *Plant Growth Regulation* 40 (1): 33-38.
- GUERRERO, G. A. 1998. Cultivos Herbáceos Extensivos. 6ta edición. Ediciones Mundi-Prensa. México. 623-637 pp.
- HERRERA, F. T.; CARDENAS, S. E.; ORTIZ, C. J.; ACOSTA, G. J.; MENDOZA, C. M. 2005. Anatomía de la vaina de tres especies del género *Phaseolus*. *Agrociencia* 39 (6): 595-602.
- HOFMAN, P. J.; JOBIN-DÉCOR, M.; MEIBURG, G. F.; MACNISH, A. J.; JOYCE, D. C. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41(4): 567-572.
- IBRIKCI, H.; KNEWTSON, S. JB.; GRUSAK, M. A. 2003. Chickpea leaves as a vegetable green for humans: evaluation of mineral composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(9): 945-950.
- KADER, A. 2002. Postharvest Biology and Technology: An Overview. pp. 39-47. *In: Postharvest Technology of Horticultural Crops*. KADER, A. A. (ed). University of California Division of Agriculture and Natural Resources. United States of America.
- MARTÍNEZ, C.; ROS, G.; PERIAGO, M.; LÓPEZ, G.; ORTUNO, J.; RINCÓN, F. 1995. Physico-chemical and sensory quality criteria of green beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28 (5): 515-520.
- McGUIRE, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.
- MINITAB. 2004 Statistical software. Release number 14. Minitab Inc. USA.
- MUY-RANGEL, D.; SILLER-CEPEDA, J.; DÍAZ-PÉREZ, J.; VALDEZ-TORRES, B. 2004. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(2): 157-165.
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial.
- OSUNA-ENCISO, T.; ENGLEMAN, E. M.; BECERRIL-ROMÁN, A. E.; MOSQUEDA-VÁZQUEZ, R.; SOTO-HERNÁNDEZ, M.; CASTILLO-MORALES, A. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango manila. *Agrociencia* 34: 573-581.
- SANDHU, S.; GUPTA, S. K.; GAUR P. M.; SAXSENA, A. K.; SHARMA, S.; KAUR, P. 2007. Studies on early pudding varieties and post-harvest management of immature green grains of chickpea to be used as vegetable. *Acta Horticulturae* 752: 353-358.
- SAVA, K.; SERPEN, A.; GÖKMEN, V.; ACAR, J. 2005. Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. *Journal of Food Engineering* 66 (2): 187-192.
- SISLER, E. C.; SEREK, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 577-582.
- TREVOR, V. S.; CANTWELL, M. 2004. Guisante (arveja) de vaina comestible: tipos snow y snap. Produce Facts. Postharvest Technology Research and Information Center. University of California, Davis.
- USDA. 2009. United States Department of Agriculture. USDA Food Search for Windows. Version 1.0, database version SR21.