

EFFECTOS DE CONDICIÓN DEL FRUTO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DE GRANADA ROJA*

EFFECTS OF FRUIT CONDITION AND STORAGE TEMPERATURE ON POMEGRANATE QUALITY

Edmundo Mercado Silva¹, Candelario Mondragón Jacobo^{2§}, Liliana Rocha Peralta¹ y Beatriz Álvarez Mayorga¹

¹Posgrado en Alimentos. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Centro Universitario Cerro de las Campanas s/n. Querétaro, Querétaro. C. P. 76010. Tel. 01 442 1921200. Ext. 5579. (mercado@uaq.mx). ²Campo Experimental Bajío. INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel Allende, km 6.5. Celaya, Guanajuato. México. A. P. 112. C. P. 38010. [§]Autor para correspondencia: mondragon.candelario@inifap.gob.mx; jacob77@hotmail.com.

RESUMEN

El procesado mínimo de granada roja es una alternativa para incrementar su consumo, también una posibilidad de uso de frutas agrietadas que causa significativa de pérdidas en postcosecha. Con el objetivo de diseñar una tecnología sencilla de procesado mínimo, se estudió el efecto de la condición de la fruta agrietada o intacta; la presentación (gajos o granos libres) y temperaturas de almacenamiento (0, 5 y 10 °C) en la calidad fisicoquímica y microbiológica durante 20 días. En agosto de 2007 se colectaron frutos de una huerta comercial de granada criolla de Apaseo el Alto, Guanajuato. Se lavaron con agua y después con una solución de hipoclorito de sodio (200 ppm) durante 5 min. Se seccionaron para extraer gajos de cada carpelo o se desgranaron, y fueron tratadas nuevamente con hipoclorito de sodio (50 ppm) por 5 min, escurridas y envasadas en contenedores de plástico con tapa de 200 ó 100 g (para gajos y granos respectivamente) y se almacenaron a 0, 5 y 10 °C. Cada dos días se analizaron; color, azúcares totales, °Bx y acidez, así como presencia de bacterias mesófilas aeróbicas, coliformes, hongos y levaduras. La temperatura de 0 °C, conservó las muestras de frutos intactos hasta por 20 días sin cambios apreciables en su calidad. Las muestras de frutas agrietadas tuvieron una menor vida de anaquel (18 días a 0 °C); a 5 °C, la vida de anaquel se redujo a 12 y 10

ABSTRACT

The minimal processing of pomegranate is an alternative to increase consumption, also a use possibility of cracked fruits that causes significant postharvest losses. In order to design a simple technology for minimally processing, we studied the effect of the intact and cracked fruit condition, the presentation (wedges or grain) and storage temperatures (0, 5 and 10 °C) on the physicochemical and microbiological quality for 20 days. In August 2007 fruits were collected from a commercial orchard of Creole pomegranate from Apaseo el Alto, Guanajuato. They were washed with water and then with a sodium hypochlorite solution (200 ppm) for 5 minutes. We cut to remove segments of each carpel (seeds were removed) and were treated again with sodium hypochlorite (50 ppm) for 5 minutes, drained and packed in plastic containers with lids of 200 or 100 g (for slices and arils, respectively) and stored at 0, 5 and 10 °C. Every two days we analyzed color, sugars total, °Bx and acidity as well as mesophilic aerobic bacteria, coliforms, fungi and yeasts presence. At 0 °C, fruits samples preserved intact for up to 20 days without significant changes in quality. Cracked fruit samples had shorter shelf life (18 days at 0 °C) at 5 °C, the shelf life was reduced to 12 and 10 days, at 10 °C it was only 6 and 4 days for intact

* Recibido: agosto de 2010
Aceptado: mayo de 2011

días; y a 10 °C ésta fue de sólo 6 y 4 días, para frutas intactas y agrietadas respectivamente. La calidad de los gajos fue mejor respecto de los granos libres pero presentaron un ligero oscurecimiento de la cáscara.

Palabras clave: *Punica granatum* L., conservación, procesado mínimo.

La granada roja (*Punica granatum* L.) en México es un frutal marginal y árbol ornamental. A pesar de su amplia adaptación, alta productividad y buena calidad de fruta de las variedades nacionales (Mondragón y Juárez, 2008), la granada es consumida en forma esporádica y estacional, usualmente como fruta fresca y como guarnición de platillos y ensaladas de fiestas patrias. La baja producción nacional posiblemente esté asociada a una baja demanda, debido a las dificultades involucradas en su consumo como fruto fresco; el cual es difícil de pelar y algunas variedades liberan polifenoles que tiñen las manos del consumidor. Por ello el procesado mínimo (PM) representa una alternativa para incrementar su consumo como ya lo han anotado Conesa *et al.*, (2004); López-Rubira *et al.* (2005); Sepúlveda *et al.* (2000). Se espera un incremento futuro en el consumo en base a las propiedades funcionales del jugo de este fruto (Lansky *et al.*, 2000), información que ha influido en el crecimiento significativo de la superficie cultivada en Norteamérica, Chile, Argentina, España y países del cercano oriente.

A nivel mundial la producción alcanzó 800 000 t en 2009, la India es el principal productor y consumidor, otros países importantes son Turquía, España, Egipto y Túnez quienes producen para el mercado europeo y del Medio Oriente (IBPGR, 1986). La producción de granada roja en México durante 2009 alcanzó 4 684 t obtenidas de 608 ha, los principales productores son; Oaxaca, Hidalgo y Guanajuato que aportaron 70% de la producción nacional (SIAP 2009). En Guanajuato el municipio más importante es Apaseo el Alto, con 90% de las huertas del estado.

La producción de granada en México entre los años 2000 y 2009 mostró un incremento de 40.7%, (SIAP, 2009) influida por el aumento de la demanda, se espera que esta tendencia continúe en el mediano plazo por la difusión de las propiedades funcionales y medicinales de esta fruta y la introducción de nuevos productos: jugos, néctares, tés, suplementos alimenticios, vinos, licores, píldoras, cremas faciales y aceites corporales, generalmente de origen foráneo. El jugo de granada es una fuente importante

fruit and cracked fruit respectively. The slices quality was better respect to loosen arils, but showed a slight darkening of the skin.

Key words: *Punica granatum* L., conservation, minimal processing.

In Mexico, the pomegranate (*Punica granatum* L.) is a marginal fruit and ornamental tree. Despite its wide adaptation, high productivity and good fruit quality of domestic varieties (Mondragón and Juárez, 2008), the pomegranate is sporadic and seasonal consumed, usually as fresh fruit or as garnish for dishes and salads of national holiday. The low domestic production may be associated with low demand due to the difficulties involved in its consumption as fresh fruit, because is difficult to peel and some varieties released polyphenols that stain consumer's hands. Therefore, the minimal processing (MP) represents a consumption increasing alternative as noticed by Conesa *et al.* (2004); López-Rubira *et al.* (2005); Sepúlveda *et al.* (2000). A consumption increase is expected, due to the functional properties of this fruit juice (Lansky *et al.*, 2000), information that has influenced the significant growth of the cultivated area in North America, Chile, Argentina, Spain and Near East countries.

Worldwide production reached 800 000 t in 2009. India is the largest producer and consumer; other important countries are Turkey, Spain, Egypt and Tunisia who produce for the European market and the Middle East (IBPGR, 1986). Pomegranate production in Mexico during 2009 was 4 684 t obtained from 608 ha, the main producers are: Oaxaca, Hidalgo and Guanajuato that contributed 70% of national production (SIAP, 2009). In Guanajuato the most important producer town is Apaseo el Alto, with 90% of the state orchards.

Pomegranate production in Mexico between 2000 and 2009 showed a 40.7% increase (SIAP, 2009), influenced by increased demand and it is expected that this trend will continue by the dissemination of the functional and medicinal properties of this fruit and the introduction of new products such as juices, nectars, teas, food supplements, wine, liquor, pills, creams, facial and body oils, usually of foreign origin. Pomegranate juice is an important source of vitamins C and E, also has high potassium content. Recent discoveries show antibacterial and microbicide activity, and three times

de vitaminas C y E, también presenta alto contenido de potasio. Descubrimientos recientes demuestran actividad antibacteriana y microbicida, y un poder antioxidante tres veces mayor al del té verde y vino tinto (Cerda *et al.*, 2003), presenta efectos positivos en el tratamiento del virus HIV-1, (Neurath, 2004) y en el tratamiento del cáncer de próstata (Pantuck *et al.*, 2006), arterioesclerosis e hipertensión (Kaplan *et al.*, 2001), de la menopausia y procesos inflamatorios (Lansky *et al.*, 2000). El consumo regular de jugo de granada reduce la tensión arterial, mejora la función cardíaca por lo que es recomendable para pacientes afectados por infarto (Furham *et al.*, 2005).

Debido a la ausencia de agroindustria conectada a la producción de granada en México, la promoción del consumo de fruta fresca es la opción inmediata. Por otro lado (Juárez, 2009) reportan que hasta 62% de los árboles en Guanajuato se presenta el agrietados de frutos, que se venden desgranados en la calle sin la higiene adecuada. El agrietado de frutos se ha atribuido a desbalances hídricos durante la maduración, fertilización deficiente y efectos varietales (Melgarejo 1992; Hepacksoy, 2000). El PM usando técnicas sencillas como el lavado, desgranado, desinfección y envasado del producto le dan una vida de anaquel razonable y un riesgo mínimo de contaminación por patógenos al consumidor (Artes y Tomás-Barberán, 1995; Sepúlveda *et al.*, 2000; Conesa *et al.*, 2004). El PM de frutos agrietados reduciría las pérdidas de los productores y el consumo de productos manipulados sin higiene, así como algunas inconveniencias del consumo de fruta entera como manchado de manos y ropa por los fenoles y antocianinas contenidos en la cáscara y granos, respectivamente.

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la condición del fruto, la forma de presentación y la temperatura de almacenamiento sobre la calidad fisicoquímica y sanitaria de arilos de granada roja elementos básicos de PM que podrían generar valor agregado para los productores y permitirían ofrecer un producto más higiénico y seguro para los consumidores.

Los frutos utilizados en este estudio fueron obtenidos de un huerto comercial de Apaseo el Alto Guanajuato, cosechados en la última semana de agosto de 2007, en dos condiciones: intactos y agrietados, defectos ligeros sobre la epidermis; manchas de sol o daños mecánicos ligeros no fueron motivo de rechazo. Los frutos se almacenaron en el laboratorio a 10 °C por 24 h para reducir el calor de

more antioxidant than green tea and red wine (Cerda *et al.*, 2003), it also has positive effects in the HIV-1 treatment (Neurath, 2004), prostate cancer treatment (Pantuck *et al.*, 2006), atherosclerosis and hypertension (Kaplan *et al.*, 2001), as well as menopause and inflammatory processes (Lansky *et al.*, 2000). Regular consumption of pomegranate juice reduces blood pressure, improves cardiac function and it is recommended for patients affected by heart attack (Furham *et al.*, 2005).

Due to the agroindustry absence connected to the pomegranate production in Mexico, promoting the fresh fruit consumption is the immediate option. On the other hand (Juárez, 2009) report that up to 62% of trees in Guanajuato show cracked fruit, that is sold on the street without proper hygiene. The cracked fruits have been attributed to water imbalances during ripening, poor fertilization and varietal effects (Melgarejo 1992; Hepacksoy, 2000). The MP, using simple techniques such as washing, shelling, disinfection and packaging will give a reasonable shelf life and minimal pathogens contamination risk to the consumer (Artes and Tomás-Barberán, 1995; Sepúlveda *et al.*, 2000; Conesa *et al.*, 2004). The MP of cracked fruits reduce losses to producers and consumption with no sanitation, and some inconveniences in consumption of the whole fruit such as hands and clothing stained by phenols and anthocyanins contained in the peel and arils, respectively.

The objective of this work was to study the effects of the condition of the fruit, the arrangement and storage temperature on the physicochemical and sanitary quality of pomegranate arils, basic elements of MP that could generate added value for producers and allow them to provide a more hygienic product for consumers.

The fruits used in this study were obtained from a commercial orchard in Apaseo el Alto Guanajuato, harvested in the last week of August 2007 on two conditions: intact and cracked, slight defects on the skin, sun spots or light mechanical damage were not reason for rejection. The fruits were stored in the laboratory at 10 °C for 24 h to reduce field heat. Then washed with water, disinfected with sodium hypochlorite solution and water at 200 ppm for 5 minutes, drained and cut with stainless steel knives for slices of each fruit carpels, the separation membrane was removed from each slice, then they were treated with a new sodium hypochlorite solution and water at 50 ppm for 5 min. The arils were

campo. Después se lavaron con agua, se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio en agua a 200 ppm durante 5 min, se escurrieron y se partieron con cuchillos de acero inoxidable para obtener gajos de cada uno de los carpelos del fruto, a cada gajo se le eliminó la membrana de separación, posteriormente fueron tratados con una nueva solución de hipoclorito de sodio en agua a 50 ppm durante 5 min. Los granos o arilos, fueron separados manualmente y desinfectados de forma similar a los gajos. Después de escurrirse, fueron colocados en recipientes de plástico transparente semi-rígido con tapas no herméticas y pesadas individualmente.

El experimento se llevó a cabo en un diseño factorial completamente al azar de tres factores; condición del fruto; partido o intacto; presentación del producto; gajos o arilos libres y temperatura de almacenamiento; 0, 5, 10 y 20 °C, realizando el análisis de varianza como series repetidas en el tiempo en muestras por triplicado de cada tratamiento. Las variables de respuesta fueron; pérdida de peso respecto del peso original, color (valores L^* y a^*) utilizando un espectrofotómetro Minolta CM-2002; acidez titulable y contenido de sólidos solubles totales mediante los métodos descritos en el manual AOAC (1995) y los azúcares totales se cuantificaron de acuerdo al método de Dubois *et al.* (1956). En las fechas 0, 8 y 20 días de almacenamiento, se realizaron análisis microbiológicos en muestras por triplicado de cada uno de los tratamientos para cuantificar bacterias mesófilas aeróbicas, organismos coliformes totales, hongos y levaduras utilizando los métodos de BAM (1995). Los resultados obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y las medias se compararon usando la prueba de Tukey ($p < 0.05$) utilizando el paquete estadístico JMP 5.0.1.

Pérdida de peso. La mayor pérdida de peso se presentó en los primeros dos días de almacenamiento para después estabilizarse durante el periodo de almacenamiento (Figuras 1A y 1B). Las muestras desgranadas perdieron más peso (6 a 8%) respecto de las muestras en gajos (4 a 6%), pérdida inicial explicada por la transferencia de agua al ambiente mientras se alcanzaban las condiciones de humedad relativa y temperatura previamente fijada. Los arilos libres poseen mayor área superficial expuesta al ambiente lo que propicia una mayor transferencia de humedad, mientras que las fracciones de cáscara con mesocarpio de los gajos actúan como reserva de humedad reduciendo la pérdida de peso. La presentación en gajos es original por lo que no existen antecedentes de su procesado mínimo.

separated manually and disinfected in a similar manner to the slices. After drained, they were placed in semi-rigid non-hermetically transparent plastic containers with lids sealed and individually weighted.

The experiment was conducted in a factorial design completely random for three factors: condition of the fruit, broken or intact; arrangement of the product, slices or arils; storage temperature 0, 5, 10 and 20 °C; making the variance analysis as repeated in time series, in triplicate samples of each treatment. The response variables were: weight loss, color (L^* and a^* values) using a Minolta CM-2002 spectrophotometer, acidity and total soluble solids content using the methods described in the AOAC (1995) manual and total sugars were quantified according to the Dubois *et al.* (1956) method. On dates 0, 8 and 20 days of storage, microbiological tests were performed in triplicate samples of each treatment to quantify mesophilic aerobic bacteria, total coliforms, fungi and yeasts using the BAM (1995) methods. The results were subjected to variance analysis and means were compared by Tukey test ($p < 0.05$) using the JMP 5.0.1 statistical package.

Weight loss. The greatest weight loss occurred in the first two days of storage and then stabilized (Figures 1A and 1B). Shelled samples lost more weight (6 to 8%) than sectioned samples (4 to 6%), the initial weight loss is due to the water transfer to the environment while reaching to the relative humidity and temperature previously set. Loosen arils have greater surface area exposed to the atmosphere that leads to increased moisture transfer, while the mesocarp husk fractions of the slices act as a reservoir preventing the weight loss. The slice arrangement is original so there is no history of minimal processing.

Grain color. During eight days of storage, the parameters (L^*) and a^* , were not affected by the fruits condition, the arrangement nor the storage temperature (Figures 2A and 2B). After eight days at 0 and 5 °C, the slices of both arrangements decreased its brightness (Figure 2A), while a^* values increased (Figure 2B). Aril samples showed no significant change in brightness. Coret *et al.*, (2000) described the colorimetric properties of cv. 'Mollar' pomegranate arils subjected to immersion in different solutions: citric acid, potassium sorbate or lemon juice, indicating a similar behavior than reported here (low L value and increase of a^* value). Similarly

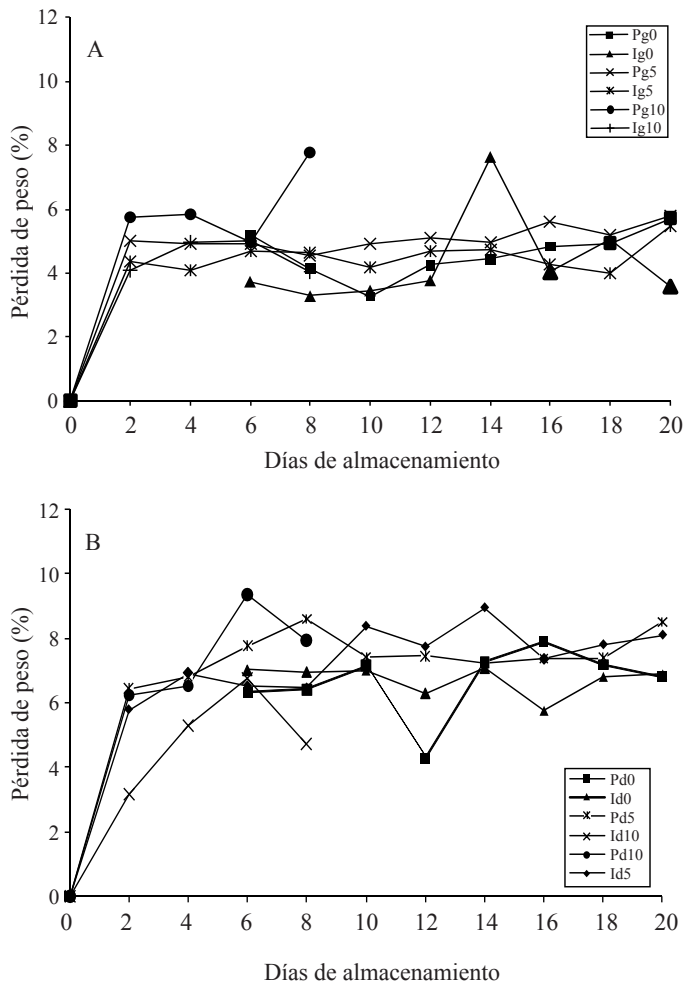


Figura 1. Pérdida de peso de granada mínimamente procesada procedente de frutos partidos (P) o íntegros (I) almacenadas a 0, 5 y 10 °C. A) empacada en gajos (g); y B) en arilos sueltos .

Figure 1. Minimally processed pomegranate weight loss from cracked fruits (P) or intact (I) stored at 0, 5 and 10 °C. A) packed in slices (g); B) in arils.

Color de grano. Durante los primeros ocho días de almacenamiento, los parámetros (L^*) y a^* no fueron afectados por la condición los frutos, la presentación o la temperatura de almacenamiento (Figuras 2A y 2B). Después de ocho días a 0 y 5 °C; los gajos tanto de frutos partidos como intactos disminuyeron su luminosidad (Figura 2A), mientras que los valores de a^* se incrementaron (Figura 2B). Las muestras de arilos simples no mostraron cambios importantes de luminosidad. Coret *et al.* (2000) describieron las propiedades colorimétricas de arilos libres de granada cv. ‘Mollar’ sometidas a inmersión en diferentes soluciones de ácido

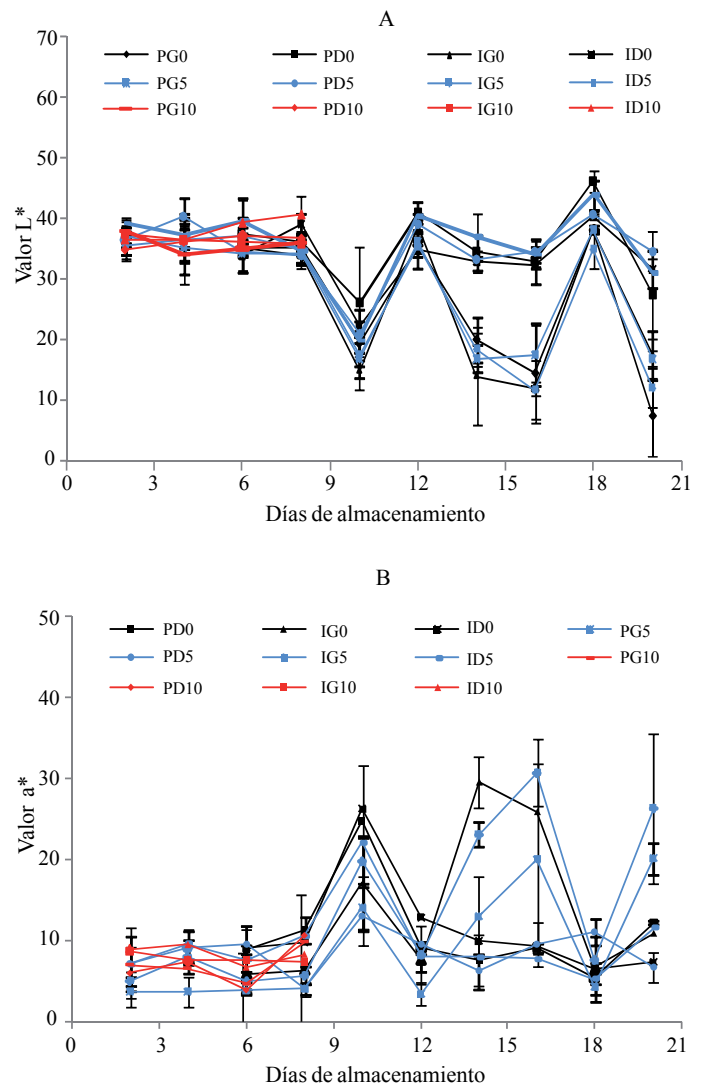


Figura 2. Cambios en los valores de L^* (A) y a^* (B), de muestras de granada mínimamente procesada procedentes de frutos partidos (P) e íntegros (I) y en presentaciones de gajos (G) y arilos simples (D), almacenados a 0, 5 y 10 °C.

Figure 2. Changes in values of L^* (A) and a^* (B) of minimally processed pomegranate samples, from cracked fruits (P) and intact (I) and presentations in segment (G) and arils (D) stored at 0, 5 and 10 °C.

Palma *et al.* (2009) reported increases in a^* values in minimally processed pomegranate packed in polypropylene trays. League *et al.* (2000a) reported that total anthocyanin content increases during maturation and also indicated a possible exchange of monoglucoside and diglucoside forms during this stage. Similarly, Melgarejo *et al.* (2000a and 2000b) described similar changes in the anthocyanins

cítrico, sorbato de potasio o jugo de limón indicando un comportamiento parecido al aquí reportado (disminución del valor de L_e e incremento del valor de a^*). De igual forma Palma *et al.* (2009) indicaron incrementos en los valores de a^* en granada mínimamente procesada empacada en charolas de polipropileno.

Legua *et al.* (2000a) reportaron que el contenido de antocianinas totales se incrementa durante la maduración aunque indicaron un posible intercambio de formas diglucosídicas y monoglucosídicas, durante la maduración. De la misma forma Melgarejo *et al.* (2000a y 2000b) describen cambios similares en las antocianinas en las variedades españolas ‘Mollar’, ‘Valencia’ y ‘Borde’. Por otro lado Gil *et al.* (1996) describieron una serie de cambios de la composición de las antocianinas de semillas de granada sometidas a diferentes procedimientos de lavado y atmósferas modificadas; señalando que durante el almacenamiento a 1 °C hubo un incremento de la cianidina 3.5 diglucósido y de la pelargonidina 3.5 diglucósido. Es posible que los cambios de color en los gajos de granada tengan una explicación fisiológica aunque desde luego también deben encontrarse diferentes comportamientos en materiales genéticos contrastantes como lo mostraron Gil *et al.* (1995), quienes indicaron que el contenido de pigmentos de los jugos de granada, generalmente son menores en los frutos de pieles rojizas y mayor en frutos de pieles amarillentas, como el utilizado en este estudio.

Contenido de sólidos solubles totales y azúcares.

El contenido de sólidos solubles no mostró cambios significativos durante la conservación de los productos mínimamente procesados (Figura 3A) y los valores se situaron en un intervalo de 14 a 16 °Bx, los azúcares totales presentaron un intervalo amplio que fluctuó desde 80 hasta 200 mg g⁻¹ (Figura 3B), valores ubicados dentro del intervalo señalado por Palma *et al.* (2009) y por Legua *et al.* (2000b) para tres variedades españolas, y los reportados por Gozlekci y Kaynak (2000) para granadas de Turquía. Para granada mínimamente procesada, Sepúlveda *et al.* (2000), indicaron un incremento en los sólidos solubles para arilos empacados en atmósferas modificadas; pero este incremento lo interpretaron como el resultado de un proceso de deshidratación porque el plástico utilizado permitió una mayor salida de agua. La escasa variación tanto de los sólidos solubles como de los azúcares, confirma la naturaleza no climatérica de este fruto como lo definieron Kader *et al.* (1984); Ben-Arie (1984).

in Spanish varieties ‘Mollar’, ‘Valencia’ and ‘Borde’. On the other hand Gil *et al.* (1996), described a series of changes in the anthocyanin composition in pomegranate seeds subjected to different washing procedures and modified atmosphere, noting that during storage at 1 °C there was an increase in the cyanidin 3.5 diglucoside and pelargonidin 3.5 diglucoside. It is possible that color changes in pomegranate slices have a physiological explanation, and also there must be different behaviors in contrasting genetic material as demonstrated by Gil *et al.* (1995), who indicated that the pigment content of pomegranate juice is generally lower in reddish fruits and higher in yellow fruits, as the ones used in this study.

Total soluble solids and sugars content. The soluble solids content showed no significant changes during storage of minimally processed products (Figure 3A) and the values were found in an interval of 14 to 16 °Bx, total sugars had a long interval that ranged from 80 to 200 mg g⁻¹ (Figure 3B), values that are within the range reported by Palma *et al.* (2009) and League *et al.* (2000b) for three Spanish varieties and those reported by Gozlekci and Kaynak (2000) for Turkish pomegranates. For minimally processed pomegranate, Sepúlveda *et al.* (2000), indicated a soluble solids increase in modified atmosphere packaged arils; but this increase was interpreted as the result of a dehydration process due to the plastic used which allowed a greater flow of water. The low variation of both soluble solids and sugars, confirms the non-climacteric nature of this fruit as defined by Kader *et al.* (1984); Ben-Arie (1984).

Acidity content. The acidity of the fruit consumed in Mexico is low (Figures 4A and 4B), indicating a preference for sweet fruit consumption. It was very remarkable the increased acidity of the samples in the first six days of storage, something difficult to explain because the soluble solids and total sugars showed no significant changes that could suggest a carbohydrate metabolism significant interaction with the acids accumulation in the samples.

Palma *et al.* (2009) also noted acidity increases, and attributed them to the CO₂ tissue solubility which increases the acidity. This can be supported by the finding of a very high increase in the respiration of pomegranate seeds at 4 °C, reported by García *et al.* (2000) compared with intact fruit respiration reported by Crisosto *et al.* (2007).

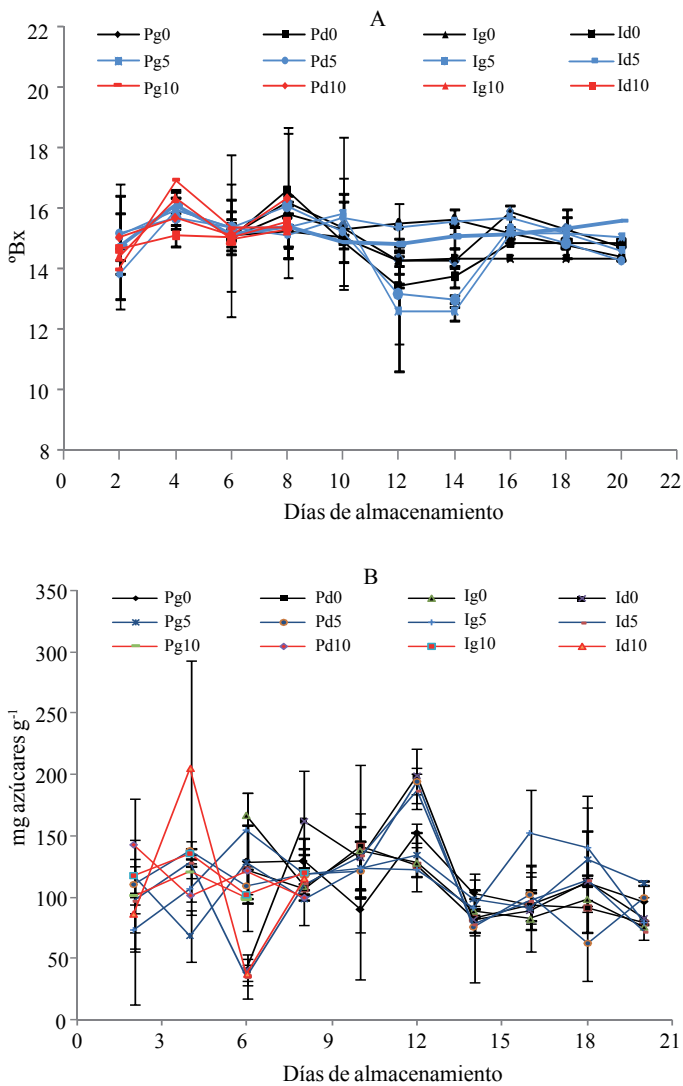


Figura 3. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales A) y azúcares B), durante el almacenamiento de granada mínimamente procesada a 0, 5, 10 °C. Partidas (P), íntegras (I), presentaciones de gajos (g) y en arilos simples (d).

Figure 3. Changes in total soluble solids content A) and sugar B) during storage of minimally processed pomegranate at different temperatures. Cracked (P) and intact (I) in slices arrangement (g) and arils (d).

Contenido de acidez. El grado de acidez de los frutos consumidos en México es bajo (Figuras 4A y 4B), lo que indica una preferencia por el consumo de frutos dulces. No obstante, llama la atención el incremento de acidez titulable de las muestras en los primeros seis días de almacenamiento, aspecto difícil de explicar dado que los sólidos solubles y los azúcares totales no mostraron cambios apreciables, que pudieran señalar una interacción importante del metabolismo

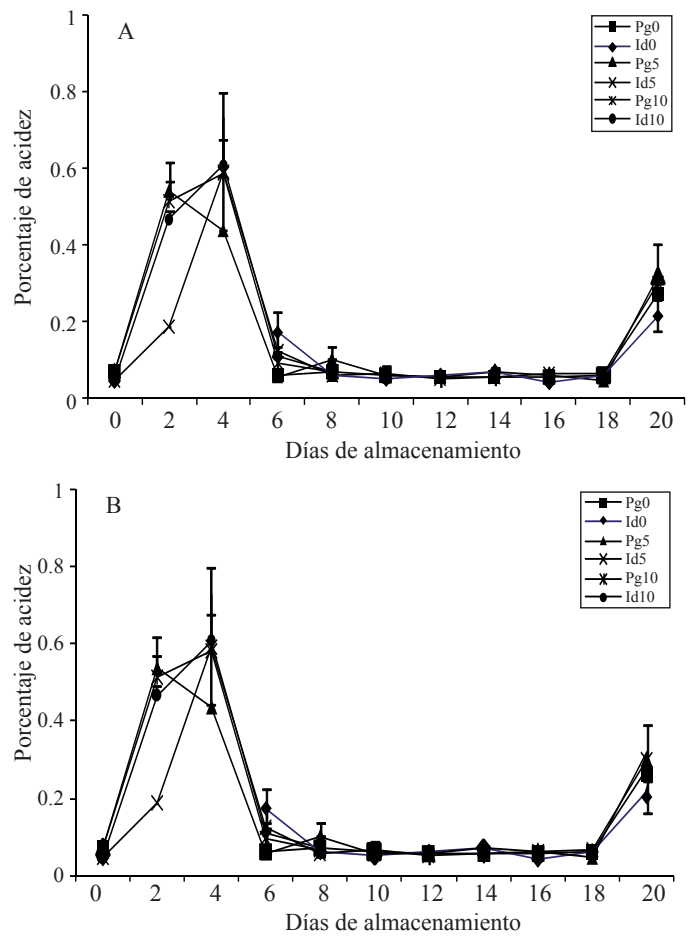


Figura 4. Cambios en la acidez titulable de granada mínimamente procesada almacenada a 0, 5 y 10 °C. A) muestras de frutos partidos (P) y B) frutos íntegros (I) presentados en gajos (g) o en arilos simples (d).

Figure 4. Changes in the acidity of minimally processed pomegranate stored at 0, 5 and 10 °C. A) cracked fruit samples (P) and B) intact fruits (I) slice arrangement (g) or arils (d).

The fruits showed significantly lower levels of acidity than those reported by other authors in other varieties, such as Gozlekci and Kaynak (2000), that reported variations of 0.6 to 2.5% in fruits of the Hicaznar variety of Turkey, while Melgarejo *et al.* (2000b) by analyzing 40 different pomegranates materials from Spain, classified them into three types: sweet, bittersweet and sour, assigning values from 0.317 g per 100 g of total acidity for sweet and from 2.725 g per 100 g for sour. According to this classification, the fruit used in this study had significantly lower values and were classified as very sweet.

de carbohidratos con la acumulación de ácidos en las muestras. No obstante, Palma *et al.* (2009) también señalaron incrementos de acidez atribuyéndolos a la solubilización de CO₂ en el tejido que incrementa la acidez titulable. Esto puede estar sustentado por los hallazgos de un incremento muy alto en la respiración de las semillas de granada a 4 °C reportado por García *et al.* (2000) en comparación de la respiración de frutos intactos reportada por Crisosto *et al.* (2007).

Los frutos presentaron niveles de acidez notablemente menores a los reportados por otros autores en otras variedades; por ejemplo, Gozlekci y Kaynak (2000), señalaron variaciones de 0.6 hasta 2.5% en frutos de la variedad Hicaznar de Turquía mientras que Melgarejo *et al.* (2000b) al analizar 40 diferentes materiales de granada procedentes de España los clasificaron en tres tipos diferentes; dulces, agridulces y agrios, asignando valores entre 0.317 g por 100 g de acidez total para los dulces y hasta 2.725 g por 100 g para los agrios. De acuerdo a esta clasificación, los frutos utilizados en este estudio tuvieron valores notablemente más bajos y se clasificarían como muy dulces.

Calidad microbiana de los productos. Los principales microorganismos presentes en las muestras fueron bacterias mesófilas aerobias y levaduras (Cuadro 1), no se registró presencia de hongos y los organismos coliformes sólo se presentaron en muestras procedentes de frutos partidos. Los datos iniciales confirmaron que las frutas partidas presentaron una mayor contaminación que los frutos intactos.

Cuadro 1. Contenido microbiano de muestras de granada mínimamente procesadas, procedentes de frutos partidos e intactos al iniciar su periodo de almacenamiento (UFC g⁻¹).

Table 1. Microbial content of minimally processed pomegranate samples, from cracked fruits and intact at the beginning of the storage period (UFC g⁻¹).

Muestra por grupo de microorganismo	Bacterias mesófilas aerobias	Coliformes	Hongos	Levaduras
Integras en gajos	9	0	0	21
Integras en arilos libres	20	0	0	20
Partidas en gajos	70	10	0	10
Partidas en arilos libres	60	0	0	5

El almacenamiento a las distintas temperaturas tuvo un efecto significativo en el crecimiento de los microorganismos y todas mostraron desarrollo de bacterias, coliformes,

Products microbial quality. The main microorganisms present in samples were aerobic mesophilic bacteria and yeast (Table 1), there was no presence of fungi and coliform organisms, found only in samples from cracked fruit. Initial data confirmed that cracked fruit showed more contamination than intact fruit.

Storage at different temperatures had a significant effect on the microorganisms growth, all showed bacteria growth, coliforms, fungi and yeasts, being significantly at samples stored at 10 °C. Being higher the presence in cracked fruit samples (Figures 5A and 5B), which after eight days, reached numbers of 1.4 to 2.2*10⁷ in aerobic mesophilic bacteria and up to 1*10⁶ in coliform, which marks the raw material quality importance for the products. After this period there was a visible decay on products which determined the end of their shelf life.

Figure 5A also shows a small difference in mesophilic aerobic bacterial counts at 0 and 5 °C, which indicates that washing systems must be improved and treatment time in disinfectant solutions have to increase, and fruits management systems have to improve. Hernández *et al.* (2006), for minimally processed pineapple mentioned that it was very important to wash the whole fruit for 5 minutes to reduce the number of microorganisms. Sepúlveda *et al.* (2000); Berger and Galletti (2006) reported similar effects in pomegranate

arils during two weeks of storage at 4 °C, after an immersion in a sodium hypochlorite solution at 100 and 200 ppm for 5 minutes, respectively.

hongos y levaduras; significativamente las muestras almacenadas a 10 °C, siendo más alta la presencia en las muestras obtenidas de frutos partidos (Figuras 5A y 5B), las cuales después de ocho días, alcanzaron cuentas de 1.4 a 2.2*10E7 en bacterias mesófilas aerobias y hasta 1*10E6 en coliformes. Lo cual marca la importancia de la calidad de la materia prima para este tipo de productos. Después de este periodo hubo pudriciones visibles sobre los productos lo cual determinó el fin de su vida de anaquel.

La Figura 5A también muestra una pequeña diferencia en los conteos de bacterias mesófilas aeróbicas a 0 y 5 °C; lo que indica que deben mejorarse los sistemas de lavado y aumentarse el tiempo de tratamiento en las soluciones desinfectantes y en general mejorarse los sistemas de manejo de los frutos. En este sentido Hernández *et al.* (2006) para piña de procesamiento mínimo era muy importante lavar por 5 min los frutos enteros para reducir la carga de microorganismos. De manera similar Sepúlveda *et al.* (2000); Berger y Galleti (2006) reportaron efectos similares en arilos de granada durante dos semanas de almacenamiento a 4 °C, en inmersión previa en solución de hipoclorito de sodio a 100 y 200 ppm durante 5 min, respectivamente.

CONCLUSIONES

La pérdida de peso de los productos fue mayor para las muestras presentadas en arilos libres, sin importar condición de la materia prima o temperatura de almacenamiento.

El uso de frutos partidos como materia prima, no afectó la calidad fisicoquímica del producto, pero si mostró mayores cuentas microbianas respecto del uso de frutos intactos.

El incremento de temperatura de 5 ó 10 °C durante el almacenamiento propició el deterioro microbiano en todos los tratamientos. La mejor condición para conservar granada mínimamente procesada fue 0 °C.

La presentación en gajos incremento el color de los arilos, efecto atribuido a la síntesis de antocianinas en el tejido vivo remanente. También mejoró la vida de anaquel del producto y debería evaluarse en un panel de degustación.

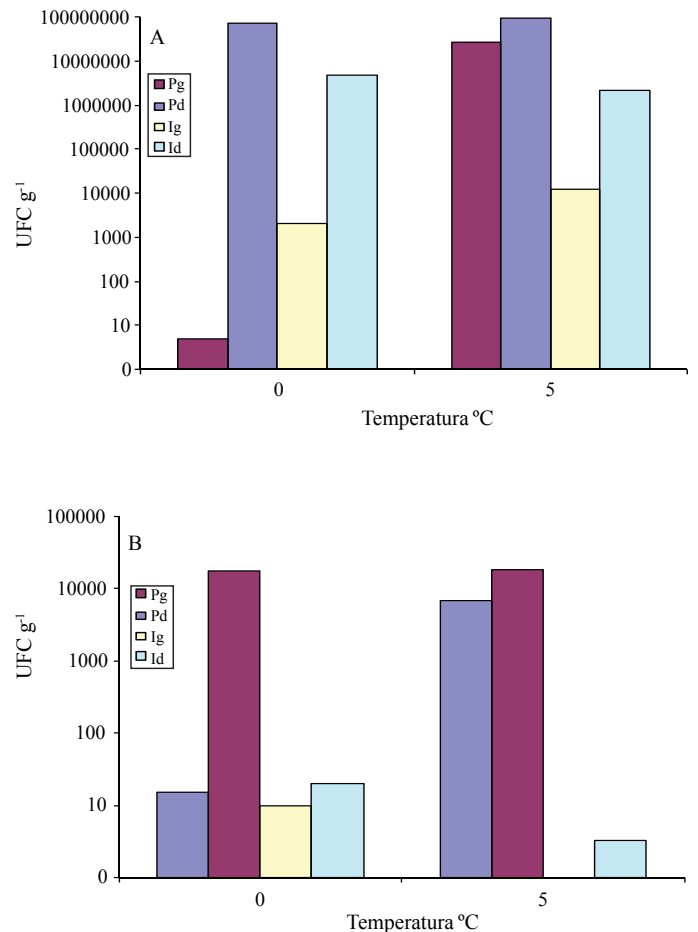


Figura 5. Contenido de bacterias mesófilas aerobias A) y de coliformes totales B) en muestras de granada mínimamente procesada después de 20 días de almacenamiento a 0 y 5 °C y procedentes de frutos partidos (P) e intactos (I) en presentaciones de gajos (g) y desgranada (d).

Figure 5. Mesophilic aerobic bacterial content A) and total coliform B) in of minimally processed pomegranate samples after 20 days of storage at 0 and 5 °C from cracked fruits (P) and intact (I) in slices arrangement (g) and arils (d).

CONCLUSIONS

Products weight loss was higher in the aril arrangement samples, regardless of raw material condition or storage temperature.

LITERATURA CITADA

- Artes, F. and Tomás-Barberán, F. A. 1995. Changes in pomegranate juice pigmentation during ripening. *J. Sci. Food Agric.* 68:77-81.
- Bacteriological Analytical Manual (BAM) 1995. 8^{va} Edition. Division microbiology. Center for food safety and applied nutrition, USDA. AOAC, Arlington, Vancouver, Estados Unidos. 13-17 p.
- Ben-Arie, R.; Segal, N. y Guelfat-Reich, S. 1984. The maturation and ripening of Wonderful pomegranate. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 109:898-902.
- Berger, H. y Galletti, L. 2006. Procedimientos utilizados en investigación para lograr inocuidad en vegetales frescos cortados. *In: I Simposium Iberoamericano de Vegetales Frescos Cortados.* Sao Pablo, Brazil. Memorias. 83-88 pp.
- Cerdá, B.; Llorach, R.; Cerón, J. J. and Espín, J. C. (2003). Evaluation of the bioavailability and metabolism in the rat of punicalagin, an antioxidant polyphenol from pomegranate juice. *Eur. J. Nutr.* 42:18-28.
- Conesa, A.; López-Rubira, V.; Allende, A. y Artés, F. 2004. Conservación de granada entera y mínimamente procesada tratada con radiación UV-C. III Congreso Español Ingeniería de Alimentos. Pamplona, España. Memoria. 168 p.
- Coret, A.; Salazar, D.; García, E. y Melgarejo, P. 2000. Colorimetric properties and commercial opportunity of pomegranate kernels (*Punica granatum L.*) under minimally processing. *Serie A. Séminaires Méditerranéens.* 42:211-217).
- Crisosto, C. H. L.; Mitcham, J. E. y Kader, A. A. 2007. Pomegranate. Recommendations to maintaining postharvest quality. URL: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/fruits>.
- Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry.* 28:350-356.
- Furham, B.; Volkova, N. and Aviram, M. 2005. Pomegranate juice inhibits oxidized LDL uptake and cholesterol biosynthesis in macrophages. *J. Nutr. Biochem.* 16(9):570-576.
- García E.; Salazar, D. M.; Melgarejo, P. and Coret, A. 2000. Determination of respiration index and of the modified atmosphere inside the packaging of minimally processed products. *Serie A. Séminaires Méditerranéens.* 42:247-251.
- The use of cracked fruits as raw material, did not affect the physicochemical quality of the product, but they had higher microbial counts than the intact fruits.
- The temperature of 5 or 10 °C during storage led to microbial spoilage in all treatments. The best condition to preserve minimally processed pomegranate was 0 °C.
- The slice arrangement increased the arils color, an effect attributed to the anthocyanins synthesis in living tissue remains. It also improved product shelf life and should be evaluated in a taste panel.

End of the English version



- Gil, M. I.; García-Viguera, C.; Artes, F. and Tomás-Barberán, F. F. A. 1995. Changes in pomegranate juice pigmentation during ripening. *J. Sci. Food Agr.* 68(1):77-81.
- Gil, M. I.; Artes, F. and Tomás-Barberán, F. A. 1996. Minimal processing and modified atmosphere packaging effects on pigmentation of pomegranate seeds. *J. Food Sci.* 61(1):161-164.
- Gozlekci, S. and Kaynak, L. 2000. Physical and chemical changes during fruit development and flowering in pomegranate (*Punica granatum L.*) cultivar Hicaznar grown in Antalia region. *Série A. Séminaires Méditerranéens.* 42:70-76.
- Hernández, Y.; Panades, G.; González, M. y Lobo, M. G. 2006. Evaluación de la calidad microbiológica en las etapas de lavado de piña tropical, pelado y cortado de papaya fresca cortada. I Simposium Iberoamericano de Vegetales Frescos Cortados. Sao Pablo, Brasil. Memoria. 69-74 p.
- Hepaksoy, S.; Aksoy, U.; Can, H. Z. and Ui, M. A. 2000. Determination of relationship between fruit cracking and some physiological responses, leaf characteristics and nutritional status of some pomegranate varieties. *Série A. Séminaires Méditerranéens.* 42:81-86.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) 1986. Genetic resources of tropical and subtropical fruits and nuts. *Plant Genet. Res. Roma.* 167 p.
- Juárez, C. S. 2009. Ampliación de la base genética y optimización de la tecnología de producción de granada roja (*Punica granatum L.*) para el Bajío Guanajuatense, Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 78 p.

- Kader, A. A.; Chordas, A. y Eliatem, S. M. 1984. Responses of pomegranates to ethylene treatment and storage temperature. *California Agriculture*. 38(7-8):14-15.
- Kaplan, M.; Hayek, P.; Raz, A.; Coleman, R.; Dornfield, L.; Vaya, J. and Aviram, M. 2001. Pomegranate juice supplementation to atherosclerotic mice reduces macrophage lipid peroxidation, cellular cholesterol accumulation and development of atherosclerosis. *J. Nutr.* 131:2082-2089.
- Lansky E.; Shubert, S. and Neeman, I. 2000. Pharmacological and therapeutic properties of pomegranate. *Serie A. Séminaires Méditerranéens*. 42:231-235.
- Legua, P.; Melgarejo, P.; Martínez, M. and Hernández, F. 2000a. Evolution of anthocyanins content of four pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) during fruit development. *Série A. Séminaires Méditerranéens*. 42:93-97.
- Legua, P.; Melgarejo, P.; Martínez, M. and Hernández, F. 2000b. Evolution of sugars and organic acids content in three pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.). *Série A. Séminaires Méditerranéens*. 42:99-104.
- López-Rubira, V., Conesa, A., Artés-Hernández, F. y Artés, F. 2005. Antimicrobianos alternativos al cloro en granos de granada mínimamente procesados. Congreso Nacional de Tecnología de Alimentos. Burgos, España. 130 p.
- Melgarejo, M. P. 1992. El granado. Mundi Prensa. Madrid, España. 163 p.
- Melgarejo, P.; Salazar, D. M. and Artes, F. 2000a. Organic acids and sugar composition of harvested pomegranate fruits. *European Food Research and Technology*. 211(3):185-190.
- Melgarejo, P.; Hernández, F.; Martínez, J.; Tomás-Barberán, F. A. and Artes, F. 2000b. Evolution of pomegranate juice anthocyanins during the ripening of fruit of three clones: ME16, VA1 and BA1. *Série A. Séminaires Méditerranéens*. 42:123-127.
- Mondragón, J. C. y Juárez, C. S. 2008. La granada roja; guía para su producción en Guanajuato. Campo Experimental Bajío. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. Folleto técnico. Núm. 2.
- Neurath, R.; Strick, N.; Yun-Yao, L. and Debnath, K. A. 2004. *Punica granatum* (Pomegranate) juice provides an HIV-1 entry inhibitor and candidate topical microbicide. *BMC Infectious Dis.* 4:41.
- Official methods of analysis (AOAC). 1995. Association of official analytical chemists. 16th. Ed., Kenneth Helrich E. D. Virginia, USA.
- Palma, A.; Schirra, M.; D'Aquino, S.; La Malfa, S. and Continella, G. 2009. Chemical properties changes in pomegranate seeds packaged in polypropylene trays. *Acta Hort.* 818:323-330
- Pantuck A. J.; Leppert, J. T.; Zomorodian, N.; Aronson, W.; Hong, J.; Barnard, J. R.; Seeram, N. and Liker, H. 2006. Phase II study of pomegranate juice for men with rising prostate-specific antigen following surgery or radiation for prostate cancer. *Clinical Cancer Research*. 12:4018.
- Sepúlveda, E.; Galletti, L.; Sáenz, C. y Tapia, M. 2000. Minimal processing of pomegranate cv Wonderful. *Options Méditerranéennes. Série A. Séminaires Méditerranéens*. 42:237-242.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Servicio de información estadística agroalimentaria y pesquera. URL: <http://www.siap.gob.mx>.