

## **Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica\***

### **Postharvest Physicochemical changes in three cucumber cultivars with and without plastic film**

**Delia Moreno Velázquez<sup>1§</sup>, Wendy Cruz Romero<sup>1</sup>, Erika García Lara<sup>1</sup>, Armando Ibañez Martínez<sup>1</sup>, Juan Manuel Barrios Díaz<sup>1</sup> y Benjamín Barrios Díaz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. Universidad s-n Junta Auxiliar de San Juan Acateno. Teziutlán, Puebla. C. P. 73695. Tel. 01(231) 31 2 29 33. (cruzrw@hotmail.com), (ergala48@hotmail.com), (jbarriosdia@hotmail.com), (bnbrdz@hotmail.com), (armandoibama@hotmail.com).

<sup>§</sup>Autora para correspondencia: delia-mv@hotmail.com.

#### **Resumen**

El pepino una vez recolectado en madurez comercial, empieza a experimentar rápidamente cambios metabólicos tendientes a la senescencia y muerte de los tejidos. El manejo poscosecha coadyuva en el mantenimiento de la calidad del producto hasta el consumidor final; dentro de los principales problemas poscosecha, se encuentra la pérdida de turgencia, y otros cambios físicos y químicos que demeritan la apariencia y calidad final; la velocidad de deterioro del fruto presenta comportamiento diferente de acuerdo a las condiciones de almacenamiento; así como de las condiciones de manejo. En el presente estudio, se evaluó la calidad poscosecha de tres cultivares de pepino fresco, Zapata, Constable y Lider, con y sin recubrimiento de película plástica comercial Cryovac<sup>®</sup> RD 45, almacenados por quince días a temperatura ambiente. Cada tres días, se midió pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), pH, acidez titulable, relación SST-acidez titulable y contenido de clorofila a, b y total. La pérdida de peso fue menor al 1% en los tres cultivares de pepino con película plástica y alrededor de 8% en los tres cultivares sin película plástica. La relación SST-acidez titulable no resultó ser un indicativo de calidad. Los pepinos cultivar Constable con película plástica mantuvieron el mayor contenido de clorofila a, b y

#### **Abstract**

The cucumber once collected at commercial maturity, begins to experience rapid metabolic changes tending to senescence and death of tissues. Postharvest handling contributes in maintaining the quality of the product to the final consumer; within the major postharvest problems, is the loss of turgor, and other physical and chemical changes that detracts the appearance and final quality; the degradation rate of fruit has different behavior according to storage conditions, as well as driving conditions. In the present study, were evaluated postharvest qualities of three cultivars of fresh cucumber, Zapata, Constable and Lider, coated and uncoated with a commercial plastic film Cryovac<sup>®</sup> RD 45, stored for 15 days at room temperature. Every three days, was measured weight loss, total soluble solids (TSS), pH, titratable acidity, TSS, titratable acidity-TSS relationship and content of chlorophyll a, b and total. Weight loss was less than 1% in the three cultivars of cucumber with plastic film and about 8% in the three cultivars without plastic film. The titratable acidity-TSS relationship turn out not to be an indicative of quality. The Constable cucumber with plastic film remained the highest content of chlorophyll a, b and total until the end of the storage period. The Lider

\* Recibido: noviembre de 2012  
Aceptado: mayo de 2013

total hasta el final del periodo de almacenamiento. Los frutos cultivar Lider con película plástica registraron las mejores características químicas de SST, ácido cítrico, pH y relación SST - acidez titulable.

**Palabras clave:** *Cucumis sativus* L., clorofila, película plástica, pérdida de peso.

A nivel mundial, la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) se incrementa, y México, ocupa el tercer lugar como exportador (FAO, 2009). El manejo poscosecha de ésta hortaliza, permite controlar la pérdida de turgencia, causada por la transpiración y respiración (Walter *et al.*, 1990), además de otros cambios físicos y químicos que demeriten la apariencia y calidad final del fruto. La velocidad de deterioro, está asociada con el manejo y condiciones de almacenamiento, transporte y mercadeo (Kader, 2002).

En el almacenamiento, la temperatura y humedad relativa, se consideran factores físicos de mayor importancia (Ryall y Lipton, 1982). En frutos susceptibles a daño por frío, las atmósferas modificadas, representa una alternativa en mantener la calidad comercial el mayor tiempo posible (Wills *et al.*, 1998). Se han utilizado cubiertas de ceras vegetales y químicas, recubrimientos comestibles, y materiales plásticos como policloruro de vinilo, polietileno, polipropileno; entre otros, que por sus propiedades inherentes de permeabilidad selectiva de gases, propician una reducción en la disponibilidad de O<sub>2</sub> y un aumento de CO<sub>2</sub> en el ambiente circundante del producto, lo que induce una reducción en su actividad metabólica (Kader, 2002).

En pepino, Muy Rangel *et al.* (2004) reportan un aumento en la vida útil del pepino cv. Conquistador, al aplicar cera comercial Decco®, Galletti *et al.* (2006) en pepino dulce (*Solanum muricatum* AIT) con película plástica de polietileno, y Chien and Ling (1997) en pepino (*Cucumis sativus*) empaquetado en bolsas de polietileno de baja densidad.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar cambios poscosecha de tres cultivares de pepino almacenados a temperatura ambiente, con y sin recubrimiento plástico comercial Cryovac® RD 45.

cucumbers with plastic film recorded the best chemical characteristics of TSS, citric acid, pH and titratable acidity-TSS relationship.

**Key words:** *Cucumis sativus* L., chlorophyll, plastic film, weight loss.

## Introduction

Globally, the production of cucumber (*Cucumis sativus* L.) is increasing, and Mexico, ranks third as an exporter (FAO, 2009). Postharvest handling of this vegetable, allows controlling turgor loss caused by transpiration and respiration (Walter *et al.*, 1990), besides other physical and chemical changes that detract the appearance and final quality of fruit. The deterioration rate is associated with the handling and storage conditions, transportation and marketing (Kader, 2002).

In storage, the temperature and relative humidity are considered the most important physical factors (Ryall and Lipton, 1982). In fruits susceptible to cold damage, modified atmosphere packaging, represent an alternative in maintaining commercial quality as long as possible (Wills *et al.*, 1998). Wax covers from plants and chemicals have been used, edible coatings and plastics such as polyvinyl chloride, polyethylene, polypropylene, among others, that, by their inherent properties of selective permeability of gases, lead to a reduction in the availability of O<sub>2</sub> and an increment of CO<sub>2</sub> in the surrounding atmosphere of the product, which induces a reduction in its metabolic activity (Kader, 2002).

In cucumber, Muy Rangel *et al.* (2004) report an increase in the lifetime of cucumber cv. Conquistador, by applying commercial wax Decco®; Galletti *et al.* (2006) in sweet pepino (*Solanum muricatum* AIT) with polyethylene plastic film, and Chien and Ling (1997) in cucumber (*Cucumis sativus*) packed in bags of low density polyethylene.

Therefore, the objective of this study was to evaluate postharvest changes in three cucumber cultivars stored at room temperature, coated and uncoated with commercial plastic Cryovac® RD 45.

## Materiales y métodos

### Material vegetal

El cultivo de pepino se estableció en un invernadero de 1 000 m<sup>2</sup> tipo, ubicado en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, localizado entre las coordenadas: 19° 52' 31" de latitud norte y 97° 22' 02" de longitud oeste. El clima del sitio es templado con lluvias en verano, con una temperatura promedio anual de 20 °C y una precipitación media anual de 1 609 mm. Se localiza a una altitud de 1 675 msnm.

La siembra se realizó de manera directa el 26 de julio de 2011, se establecieron tres tratamientos conformados por los cultivares de pepino evaluadas (Zapata, Constable y Lider) con cuatro repeticiones de cada uno, cada repetición fue una cama de siembra de 23 m de largo y 0.8 m de ancho, cubierta con acolchado plástico bicolor negro-plateado de 1.40 m de ancho. El marco de plantación fue a doble hilera con separación de 0.30 m y distancia entre plantas de 0.50 m, resultando una densidad de población de 2.2 plantas m<sup>-2</sup>. El riego se realizó con cintilla de goteo con gasto promedio de 4 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> a una presión 1.5 kg cm<sup>-2</sup>. Debido a las características de acidez e infertilidad del suelo del invernadero (Andosol húmico), después de formar las camas de siembra se realizó un encalado, aplicando una dosis de 3 t ha<sup>-1</sup> y una enmienda orgánica a base de vermicomposta de estiércol de bovino a dosis de 12 t ha<sup>-1</sup>.

Para la fertilización del cultivo se aplicaron aproximadamente 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 300 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para lo cual la dosis total se dividió en aplicaciones semanales a través del sistema de riego, empleando los siguientes fertilizantes solubles: fosfato monopotásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>).

En el segundo corte, realizado en el mes de octubre del mismo año, se cosecharon 68 frutos de cada cultivar, con coloración verde oscuro en su totalidad y de fácil desprendimiento del pedúnculo. Éstos se trasladaron al laboratorio de usos múltiples de la facultad en menos de 4 h, y se estableció el experimento. La mitad de los frutos de cada cultivar se cubrió de manera individual con película plástica comercial Cryovac® RD 45, y la otra mitad permaneció sin recubrimiento; todos fueron almacenados a temperatura

## Materials and methods

### Plant material

The cucumber crop was established in a greenhouse of 1 000 m<sup>2</sup>, located on the premises of the Faculty of Hydraulic Engineering of the Benemérita Autonomous University of Puebla (BUAP), San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, located between the coordinates: 19° 52' 31" north latitude and 97° 22' 02" west longitude. The climate is tempered with rains in summer with an average temperature of 20 °C and an average annual rainfall of 1 609 mm. It is located at an altitude of 1 675 masl.

Sowing was done directly on July 26, 2011, three treatments were established consisting of cucumber cultivars evaluated (Zapata, Constable and Lider) with four replications of each one, and each replication was a bed of 23 m long and 0.8 m wide, covered with a bicolor black-plated plastic mulch of 1.40 m wide. The planting was double row with separation of 0.30 m and a distance between plants of 0.50 m, resulting in a population density of 2.2 plants m<sup>-2</sup>. Irrigation was done through drip irrigation with a flow average of 4 L h<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup> at a pressure of 1.5 kg cm<sup>-2</sup>. Due to soil characteristics of acidity and infertility in the greenhouse (humic Andosol), after forming planting beds, liming was performed by applying a dose of 3 t ha<sup>-1</sup> and an organic soil conditioner based on vermicompost of cattle manure at dose of 12 t ha<sup>-1</sup>.

For crop fertilization were applied approximately 200 kg ha<sup>-1</sup> of N, 80 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 300 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O, for which the total dose was divided into weekly applications through the irrigation system, using the following soluble fertilizers: monopotassium phosphate (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), potassium sulfate (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and potassium nitrate (KNO<sub>3</sub>).

In the second cut, made in October of the same year, were harvested 68 fruits of each cultivar, with dark green coloration in its entirety and easy detachment from the peduncle. These were transported to the multipurpose laboratory of the faculty within 4 h, and the experiment was established. Half of the fruits of each cultivar were individually covered with commercial plastic film Cryovac® RD 45, and the other half remained uncoated; all were stored at room temperature of 20 °C and 70% RH for 15 days. Every three days, was measured the physical and chemical variable with ten and four replications, respectively.

ambiente de 20 °C y 70% H.R. durante 15 días. Cada tres días, se midió la variable física y las químicas con diez y cuatro repeticiones, respectivamente.

### Variables

El peso individual (g) del fruto de pepino, se registró utilizando una balanza electrónica marca Torrey PCR series 40. Los resultados se reportaron como porcentaje de pérdida de peso al relacionar el peso final con el peso inicial (Díaz-Pérez, 1998). Sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable, se determinaron de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (1998). Sólidos solubles totales, se colocó jugo sin diluir en un refractómetro marca ATAGO, la lectura se obtuvo como grados Brix (°Bx). El pH se midió con un potenciómetro marca Corning pH meter 445, previamente, se pesaron 10 g de pulpa y se licuaron con 50 mL de agua desionizada, se filtró el extracto obtenido y de éste último se tomaron 20 mL para registrar la lectura. La acidez titulable se determinó en 10 mL del extracto anterior, mediante titulación con hidróxido de sodio 0.025 N, reportándose los resultados como porcentaje de ácido cítrico.

La relación SST-acidez titulable, fue resultado del cociente SST/ acidez titulable. El contenido de Clorofila a, clorofila b y clorofila total se cuantificó con la técnica descrita por Witham *et al.* (1971), se pesaron 100 mg de cáscara de pepino, se cortó en pedazos pequeños y se almacenó por 24 h en frascos ámbar con 3 mL de acetona al 80% (V/V). Transcurrido el tiempo, se maceró el tejido y se filtró en papel Whatman Núm. 1. El filtrado se aforó a 10 mL con acetona al 80% y se determinó la absorbancia a 645 nm y 663 nm en un Espectrofotómetro Spectronic 21 D Milton Roy. El contenido de clorofila se reportó en mg de clorofila por gramo de tejido

### Diseño experimental

Los resultados de las variables se analizaron mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 x 6, tres cultivares de pepino, Zapata, Constable y Líder; con y sin película plástica; y tiempo de almacenamiento, seis muestreos, uno cada tres días. Se realizó un análisis de varianza y en caso de efectos significativos, se determinaron las diferencias de los tratamientos mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), con el programa estadístico computacional SAS (Statistical Analysis System), versión 9.0 para Windows.

### Variables

The individual weight (g) of cucumber was recorded using an electronic scale Torrey PCR series 40. The results are reported as percent of weight loss by relating the final weight to the initial weight (Díaz-Pérez, 1998). Total soluble solids (TSS), pH and titratable acidity were determined according to the methodology proposed by the AOAC (1998). Total soluble solids, undiluted juice were placed on an Atago refractometer, the reading was obtained as degrees Brix (°Bx). pH was measured with a Corning pH meter 445, previously, weighed 10 g of pulp and liquefied with 50 mL of deionized water, filtered the extract obtained and from the latter 20 mL were taken to record the reading. Titratable acidity was determined in 10 mL of the above extract by titration with sodium hydroxide 0.025 N, reporting the results as a percent of citric acid.

The TSS-titratable acidity relationship was the result of the ratio TSS / titratable acidity. The content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll was quantified with the technique described by Witham *et al.* (1971), weighed 100 mg of cucumber peel, cut into small pieces and stored for 24 h in amber vials with 3 mL of acetone at 80% (V/V). After that time the tissue was macerated and filtered on Whatman paper No. 1. The filtrate was gauged at 10 mL with acetone 80% and the absorbance was determined at 645 nm and 663 nm in a spectrophotometer Spectronic 21 D Milton Roy. Chlorophyll content was reported as mg of chlorophyll per gram of tissue.

### Experimental design

The results of the variables were analyzed using a completely randomized design with factorial arrangement 3 x 2 x 6, three cultivars of cucumber, Zapata, Constable and Líder, with and without plastic film; storage time, six samplings, one every three days. An analysis of variance was made and in case of significant effects, were determined treatment differences by comparison of means test of Tukey ( $\alpha=0.05$ ), with the statistical program SAS (Statistical Analysis System), version 9.0 for Windows.

## Results and discussion

### Weight loss

Weight loss was associated with the use of plastic film and storage time (Table 1), but not with the cultivar. Cucumbers plastic film showed the greatest weight loss (8%) in

## Resultados y discusión

### Pérdida de peso

La pérdida de peso se relacionó con el uso de película plástica y tiempo de almacenamiento (Cuadro 1), no así con el cultivar. Los frutos de pepino sin película plástica registraron la mayor pérdida de peso (8%) en comparación con los de película plástica (1%) después de quince días de almacenamiento a 20 °C (Figura 1). Los cultivares Lider y Zapata fueron los de mayor y menor pérdida de peso, 8.76% y 7.9%, respectivamente. Ben-Yehoushua (1987) reportó que la calidad comercial del pepino se demerita cuando se alcanzan pérdidas de peso superiores al 5%.

comparison to those with plastic film (1%) after 15 days storage of at 20 °C (Figure 1). Cultivars Lider and Zapata were the highest and lowest ones with weight loss, 8.76% and 7.9% respectively. Ben-Yehoushua (1987) reported that commercial quality cucumber detracts when weight losses are higher to 5%.

Amarante and Banks (2001) found that wax reduces the water vapor permeability and gas exchange between the fruit and the surrounding environment since the outer cover blocks the pores of the skin and leads to a reduction in water loss of tissue and a delay in the appearance of symptoms of wilt. Muy Rangel *et al.* (2004) found weight loss higher to 10% and 14%, in Conquistador cucumbers with and without commercial wax Decco®, stored at 24 °C for 14 days, with 0.2 KPa of vapor pressure deficit (VPD); also

**Cuadro 1. Pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable, relación sólidos solubles totales-acidez titulable y pH en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento individual de película plástica, almacenados a temperatura ambiente (20 °C) durante 15 días de almacenamiento.**

**Table 1. Weight loss, total soluble solids, titratable acidity, total soluble solids-titratable acidity relationship and pH in three cucumber cultivars with and without individual coat of plastic film, stored at room temperature (20 °C) for 15 days of storage.**

F.E. <sup>†</sup>	P.P. <sup>‡</sup> (%)	SST (°Bx)	A.T (% A.C)	Relación Brix / A.T.	pH
Película					
Con	0.52 b	3.38 a	0.061 b	55.821 b	5.93 a
Sin	4.57 a	3.17 b	0.071 a	68.288 a	5.55 b
DMS	0.252	0.100	0.002	3.017	0.058
Cultivar					
Zapata	2.11 a	3.47 a	0.074 a	61.352 b	5.64 b
Constable	2.48 a	3.15 b	0.053 b	67.231 a	5.94 a
Lider	2.34 a	3.20 b	0.071 a	57.579 b	5.63 b
DMS	0.370	0.146	0.003	4.430	0.085
T.A.ξ (días)					
0	0.00 e	3.39 a	0.048 e	71.333 a	5.92 b
3	1.20 d	3.29 ab	0.076 ab	51.225 c	5.63 c
6	1.93 c	3.29 ab	0.067 c	60.679 b	6.56 a
9	3.01 b	3.11 b	0.060 d	62.279 b	5.66 c
12	3.46 b	3.28 ab	0.070 bc	51.800 c	5.44 d
15	4.27 a	3.28 ab	0.076 a	75.008 a	5.22 e
DMS	0.639	0.253	0.006	7.650	0.147

Medias con letras iguales dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa; †factor de estudio; ‡pérdida de peso; ξtiempo de almacenamiento; SST= sólidos solubles totales; A. T.= acidez titulable; A. C.= ácido cítrico.

Amarante y Banks (2001) encontraron que el encerado reduce la permeabilidad al vapor de agua y el intercambio gaseoso entre el fruto y el ambiente que lo rodea, ya que la cubierta externa bloquea los poros de la epidermis y se logra una reducción en la pérdida de agua de los tejidos y un retraso en la aparición de los síntomas de marchitamiento. Muy Rangel *et al.* (2004) encontraron pérdidas de peso

recorded 6% weight loss with displaying the first symptoms of wilting associated with the loss of commercial quality, which presented at three and six days of storage, unwaxed and waxed, respectively. Galletti *et al.* (2006) reported the use of polyethylene plastic film as the best in prolonging the lifespan of sweet pepino (*Solanum muricatum* AIT) stored at 8 °C and 85% H. R. for 35 days.

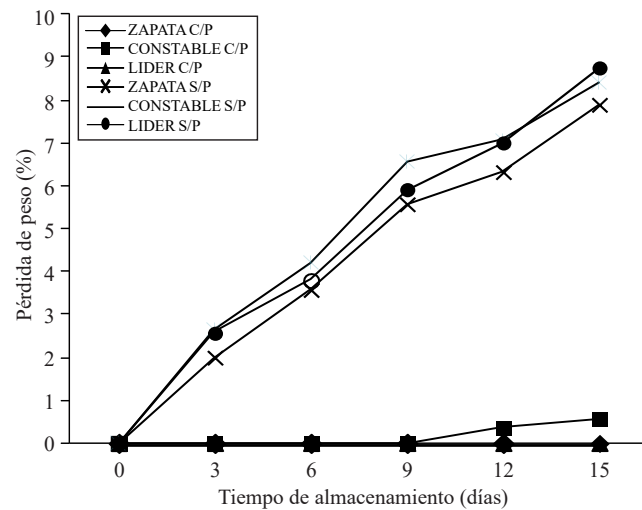
superiores al 10% y 14%, en frutos de pepino cv Conquistador con y sin cera comercial Decco®, almacenados a 24 °C por 14 días, con 0.2 KPa de déficit de presión de vapor (DPV); además, registraron 6% de pérdida de peso con la visualización de los primeros síntomas de marchitamiento asociados con la pérdida de calidad comercial; lo cual se presentó a los tres y seis días de almacenamiento, sin encerar y encerados, respectivamente. Galleti *et al.* (2006) reportaron el uso de película plástica de polietileno como la mejor en prolongar la vida útil en pepino dulce (*Solanum muricatum* AIT), almacenados a 8 °C y 85% H. R. por 35 días.

Chien y Ling (1997) reportaron 9% de pérdida de peso en frutos de pepino sin película y valores menores al 1% en frutos empacutados en bolsas de polietileno de baja densidad, almacenados a 5 °C y 90-95% H.R. por 18 días. De lo anterior, se puede mencionar que existieron similitudes con los autores; la pérdida de peso de 6% coincidió con los síntomas visibles de marchitamiento en los frutos sin película plástica, lo cual ocurrió entre los ocho y once días de almacenamiento, primero en Constable, después en Lider y finalmente en Zapata. La película plástica Cryovac® RD 45 no permitió la aparición de los síntomas visuales de marchitamiento al término de quince días.

### Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales resultó afectado por el cultivar, uso de película y tiempo de almacenamiento (Cuadro 1). Al inicio del almacenamiento (Figura 2), se registró el mayor contenido de sólidos solubles totales en el cultivar Zapata con y sin película plástica (3.75 °Bx), seguido de Lider (3.47 °Bx) y finalmente de Constable (2.95 °Bx). Sin embargo, conforme transcurrió el tiempo, el comportamiento no fue el mismo. Los frutos sin película mostraron mayores irregularidades, el menor contenido de sólidos solubles totales se registró a los nueve días en los cultivares Zapata (2.85 °Bx) y Líder (2.65 °Bx) y a los seis en Constable (2.87 °Bx); después, se incrementaron hasta alcanzar valores finales de 3.2, 3.4 y 2.9 °Bx, respectivamente.

En el caso de los frutos con película plástica, el comportamiento fue similar a una simple sigmoide en los cultivares Constable y Lider, con valores finales a los quince días de 3.2 y 3.3 °Bx, respectivamente; no así con Zapata, registrando un aumento a los seis días, seguido de un descenso a los nueve y finalmente un aumento hasta los 15 días. Al respecto, Azcón y Talón (2003), mencionan que la acumulación de azúcares en frutos no climatéricos, ocurre durante la etapa



**Figura 1. Pérdida de peso en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película plástica Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS= 2.12. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

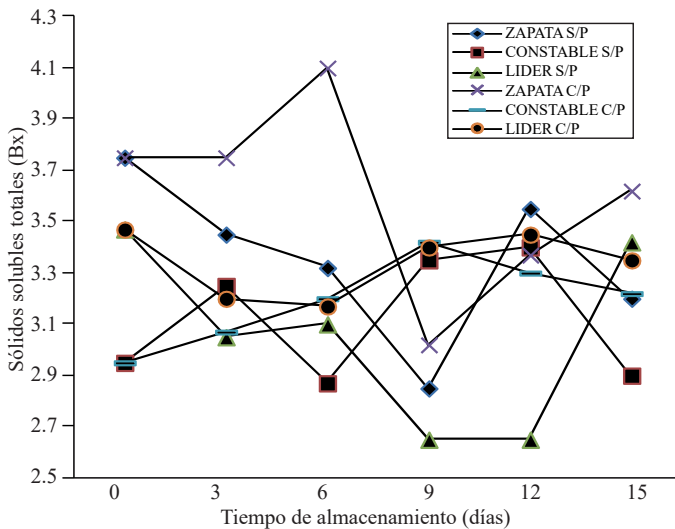
**Figure 1. Weight loss in three cucumber cultivars with and without coat of plastic film Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS= 2.12. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

Chien and Ling (1997) reported 9% weight loss in filmless cucumber fruits and values less than 1% in fruits packed in bags of polyethylene of low density, stored at 5 °C and 90-95% RH for 18 days. From the above, can be mentioned that there were similarities with the authors; the weight loss of 6% match with the visible symptoms of wilting in the fruits without plastic film, which occurred between eight and eleven days of storage, first Constable, then Lider and finally Zapata. The plastic film Cryovac® RD 45 did not allow the appearance of visual symptoms of wilting at the end of fifteen days.

### Total soluble solids

The total soluble solids content was affected by cultivar, use of film and storage time (Table 1). At the beginning of storage (Figure 2), recorded the highest content of total soluble solids in cultivar Zapata with and without plastic film (3.75 °Bx), followed by Lider (3.47 °Bx) and finally Constable (2.95 °Bx). However, as time passed, the behavior was not the same. The fruits without film showed higher irregularities, the lowest content of total soluble solids was recorded on the ninth day in cultivars Zapata (2.85 °Bx) and Lider (2.65 °Bx) and on the sixth day in Constable (2.87 °Bx), then increased to reach final values of 3.2, 3.4 and 2.9 °Bx, respectively.

de crecimiento, no experimentando cambios significativos durante la maduración, como sucede con los frutos climatéricos.



**Figura 2. Sólidos solubles totales en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película plástica Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS= 0.84. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 2. Total soluble solids in three cucumber cultivars with and without plastic film coating Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS= 0.84. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

Los pepinos son frutos no climatéricos (Suslow y Cantwell, 1997) que se caracterizan por presentar valores bajos de °Bx una vez recolectados (Musmade y Desai, 1998). Cortés *et al.* (2011) reportaron valores de 3.3 °Bx en pepino fresco cv. Cohombro. Muy Rangel *et al.* (2004) reportaron valores de 2.5 a 4 de °Bx en frutos de pepino cv. Conquistador. En el presente estudio, los tres cultivares con y sin película plástica, al inicio del almacenamiento presentaron valores semejantes a los reportados por los autores antes mencionados, en el rango de 2.9 a 3.6 °Bx. En los frutos sin película, tras la recolección, la transpiración y respiración continúan; el descenso de los valores, previos a la pérdida de calidad comercial, puede estar relacionado con cambios en la velocidad respiratoria, y por consiguiente de la degradación oxidativa de los azúcares (Wills *et al.*, 1998), y el aumento consecuente, presentarse como consecuencia del marchitamiento visual, producto de la plasmólisis de lo tejido.

## pH

El pH presentó cambios significativos ( $p \leq 0.05$ ) con el cultivar, uso de película plástica y tiempo de almacenamiento (Cuadro 1). Al inicio del almacenamiento (Figura 3), los tres

In the case of the fruits with plastic film, the behavior was similar to a simple sigmoid in cultivars Constable and Lider, with final values at 15 days of 3.2 and 3.3 °Bx, respectively; not like this with Zapata, recording an increase to six days, followed by a descent into day nine and finally an increase to 15 days. In this regard, Azcon and Talon (2003) mention that the accumulation sugars in non-climacteric fruit, occurs during the growth stage, not undergoing significant changes during ripening, as with climacteric fruit.

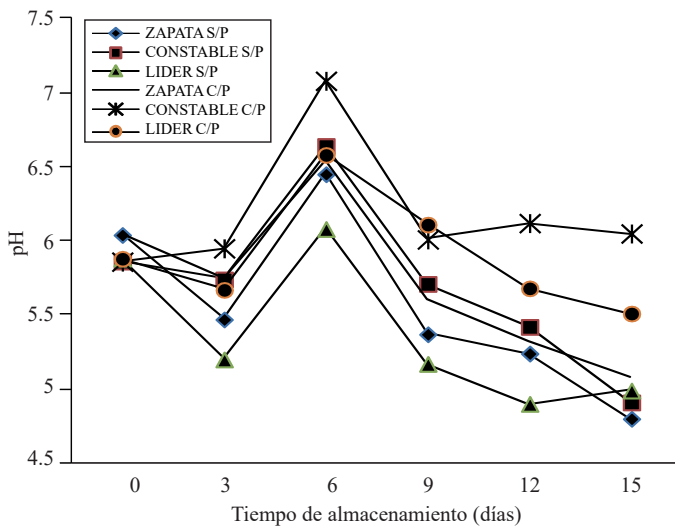
Cucumbers are non-climacteric fruits (Suslow and Cantwell, 1997) that are characterized by having low values of °Bx once collected (Musmade and Desai, 1998). Cortés *et al.* (2011) reported values of 3.3 °Bx in fresh cucumber cv. Cohombro. Muy Rangel *et al.* (2004) reported values of 2.5 to 4 °Bx in fresh cucumber fruits cv. Conquistador. In the present study, the three cultivars with and without plastic film, at the beginning of storage had similar values to those reported by the latter authors, in the range of 2.9 to 3.6 °Bx. In filmless fruits after harvest, transpiration and respiration continue; the decrease in values previous to loss of commercial quality can be related to changes in respiratory rate, and therefore the oxidative degradation of sugars (Wills *et al.*, 1998), and with the consequent increase, will occur as consequence visual wilting, product of the tissue plasmolysis.

## pH

pH showed significant changes ( $p \leq 0.05$ ) with the cultivar, use of plastic film and storage time (Table 1). At the beginning of storage (Figure 3), the three cucumber cultivars showed values of pH from 5.6 to 6, similar to that reported by Cortes *et al.* (2011) in cucumber fruits cv. Cohombro (5.6). As days passed the fruits with and without plastic film showed the same behavior, allowing noting that film did not cause anaerobic metabolism at least until the ninth day. The pH is a measure for evaluating the actual concentration of H<sup>+</sup> ions in any aqueous dissolution (Lehninger, 1995), so that low pH values indicate higher concentration of H<sup>+</sup> ions and vice versa. The decrease of pH after three days can be a result from the accumulation of organic acids which will determine the final flavor of the cucumber, and the increase after six days of storage, possibly suggesting the extent of ripeness.

The continuous decrease in pH until the end of 15 days of storage, probably is due to the beginning of senescence in the case of the fruits with plastic film, which did not decrease

cultivares de pepino, presentaron valores de pH de 5.6 a 6, semejante a lo reportado por Cortés *et al.* (2011) en frutos de pepino cv. Cohombro (5.6). Conforme transcurrieron los días, los frutos con y sin película plástica registraron el mismo comportamiento, lo cual permite señalar que la película no causó metabolismo anaeróbico por lo menos hasta los nueve días. El pH, es una medida para evaluar la concentración real de los iones  $H^+$  en cualquier disolución acuosa (Lehninger, 1995), por lo que valores bajos de pH, indican mayor concentración de iones  $H^+$  y viceversa. El descenso del pH a los tres días, puede ser resultado de la acumulación de ácidos orgánicos que van a determinar el sabor final del pepino, y el aumento a los seis días de almacenamiento, sugiere probablemente el alcance de la maduración.



**Figura 3. pH en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS=0.49. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 3. pH in three cucumber cultivars with and without film coating Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS=0.49. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

El descenso continuo del pH hasta finalizar los 15 días de almacenamiento, probablemente sea consecuencia del inicio de la senescencia en el caso de los frutos con película plástica, los cuales no disminuyeron más de 0.5 unidades de pH con el valor inicial; y en los frutos sin película plástica, el descenso probablemente sea consecuencia de una respiración acelerada y anormal, producto de la plasmólisis.

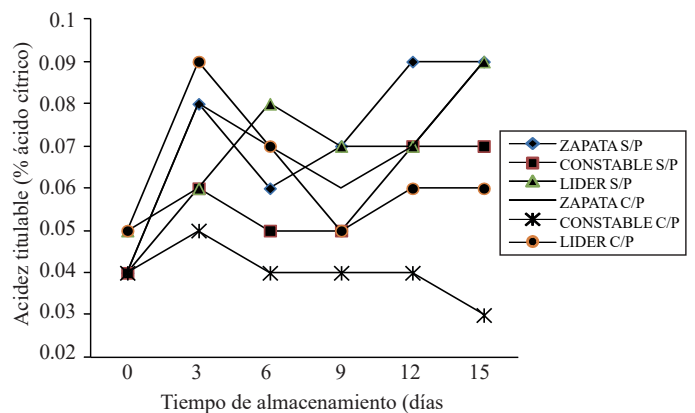
### Acidez titulable

El mayor contenido de ácido cítrico se observó en los pepinos sin película plástica (0.071%); dentro de cultivar, en Zapata (0.074%); y con respecto al tiempo de almacenamiento, a

more than 0.5 pH units from the initial value; and in fruits without plastic film, the decrease is probably the result of rapid and abnormal respiration, product of plasmolysis.

### Titrateable acidity

The higher content of citric acid was observed in cucumbers without plastic film (0.071%); within cultivar Zapata (0.074%); regarding storage time at three and fifteen days, 0.076% and 0.076%, respectively (Table 1). In Figure 4, it was observed that baseline values were 0.04 and 0.05%, similar to those reported by Cortes *et al.* (2011) in fresh cucumber cv. Cohombro (0.05%). The titrateable acidity percentage was increased at three days in most cultivars with and without film, for later decrease, and between 9 and 15 days increase again.



**Figura 4. Acidez titulable en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS=0.019. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 4. Titratable acidity in three cucumber cultivars with and without film coating Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS=0.019. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

The three cultivars without plastic film and cultivar Zapata with plastic film were those that showed higher values in titrateable acidity (Figure 4); 0.09% in Zapata, 0.07% in Constable, 0.09% in Lider and 0.09% in Zapata with plastic film. The increase in acidity at three days is consistent with the lower pH value, indicative of the accumulation of organic acids, in this case citric acid, that is going to determine in conjunction with the sugars and other compounds, the characteristic flavor of the fruit; At this regard, Díaz (2002) mentioned that prior to ripening, organic acids are found in high quantity and its content is reduced to the extent that this process occurs and in particular when it starts the increase of free sugars or because they are used as substrates during respiration (Wills *et al.*, 1998).



los tres y quince días, 0.076% y 0.076%, respectivamente (Cuadro 1). En la Figura 4, se observó que los valores al inicio fueron de 0.04 y 0.05%, similares a los reportados por Cortés *et al.* (2011) en pepino fresco cv. Cohombro (0.05%). El porcentaje de acidez titulable se incrementó a los tres días en la mayoría de los cultivares con y sin película, para después descender, y entre los 9 y 15 días incrementarse nuevamente.

Los tres cultivares sin película plástica y el cultivar Zapata con película plástica fueron los que mostraron valores más altos en acidez titulable (Figura 4); 0.09% en Zapata, 0.07% en Constable, 0.09% en Líder y 0.09% en Zapata con película plástica. El incremento de la acidez a los tres días concuerda con el valor inferior de pH, indicativo de la acumulación de ácidos orgánicos, en este caso de ácido cítrico, que va a determinar junto con los azúcares y otros compuestos, el sabor característico del fruto; al respecto, Díaz (2002) mencionó que antes de la maduración, los ácidos orgánicos se encuentran en alta cantidad y se reduce su contenido en la medida que se desarrolla este proceso y en particular cuando se inicia el aumento de azúcares libres o bien debido a que son utilizados como sustratos durante la respiración (Wills *et al.*, 1998).

#### Relación sólidos solubles totales-acidez titulable

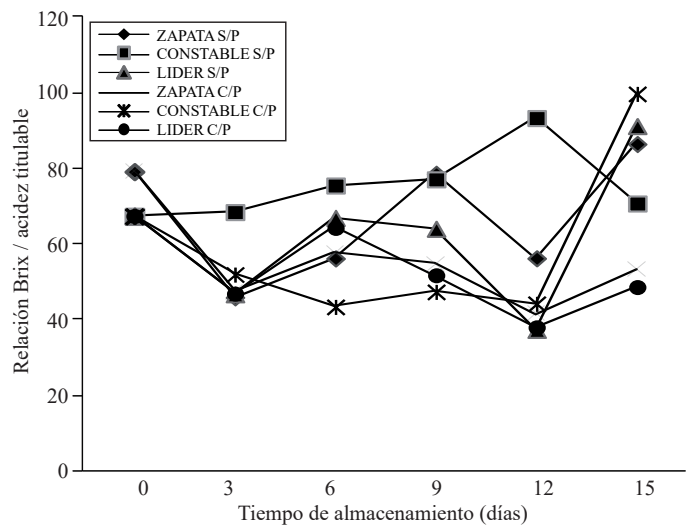
El sabor de los frutos está determinado en gran medida por la relación que existe entre el contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable. En los frutos de pepino, se registró diferencia significativa ( $p \leq 0.5$ ), considerando el cultivar, recubrimiento y tiempo de almacenamiento (Cuadro 1). Los valores superiores, se obtuvieron en frutos sin película plástica (68.28), en el cultivar Constable 67.23 y con el transcurso del tiempo, al inicio y a los quince días, 71.33 y 75, respectivamente. En la Figura 5, se puede observar que los frutos de los cultivares Zapata y Líder con y sin película, presentaron dos descensos en el valor del sabor, a los tres y doce días. Cuando terminó el período de almacenamiento (15 días), el valor final en los frutos sin película fue mayor que al inicio, y menor en los frutos con película.

#### Clorofila a, clorofila b y clorofila total

Los contenidos de clorofila a, b y total (Cuadro 2), registraron cambios significativos con el cultivar, uso de recubrimiento y tiempo de almacenamiento; los valores más altos se obtuvieron con los frutos que presentaron película plástica (0.79 clorofila a, 0.49 clorofila b y 1.28 clorofila total), dentro de los cultivares, en Constable (0.65 clorofila a, 0.51 clorofila b y 1.32 clorofila total) y durante el tiempo de

#### Total soluble solids- titratable acidity relationship.

The flavor of the fruit is determined largely by the existing relationship between the total soluble solids content and titratable acidity. In cucumber, there was significant difference ( $p \leq 0.5$ ), considering the cultivar, coating and storage time (Table 1). Higher values were obtained in fruits without plastic film (68.28), in Constable Cultivar 67.23 and the passing time, at beginning and at fifteen days, 71.33 and 75, respectively. In Figure 5, can be observed that the fruits of Zapata and Líder cultivars with and without film presented two drops in the value of taste, at three and twelve days. When finished the storage period (15 days), the final value of the fruits without film was higher than at the beginning, and less in fruits with film.



**Figura 5. Relación sólidos solubles totales-acidez titulable en tres cultivares de pepino con y sin película Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS= 25.49. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 5. Total soluble solids-titratable acidity in three cultivars of cucumber with and without film Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS= 25.49. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

#### Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll

The contents of chlorophyll a, b and total (Table 2), registered significant changes with cultivar, use of coating and storage time; the highest values were obtained with fruit that had plastic film (0.79 chlorophyll a, 0.49 chlorophyll b and 1.28 total chlorophyll), within cultivars, in Constable (0.65 chlorophyll a, 0.51 chlorophyll b and 1.32 total chlorophyll) and during the storage period at 12 days (0.98 chlorophyll a, 0.60 chlorophyll b and 1.59 total chlorophyll). As time passed on storage (Figure 5, 6 and 7), in the three cultivars with and

almacenamiento, a los 12 días (0.98 clorofila a, 0.60 clorofila b y 1.59 clorofila total). Conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento (Figura 5, 6 y 7), en los tres cultivares con y sin película plástica, se registraron dos descensos en el contenido de clorofila a, b y total, el primero entre los 3 y 9 días y el segundo a los 15 días; además, se obtuvo mayor cantidad en el contenido de clorofila total, seguido de la clorofila a y finalmente la clorofila b.

**Cuadro 2. Contenido de clorofila a, clorofila b y clorofila total en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película plástica, almacenados a 20 °C durante 15 días de almacenamiento.**

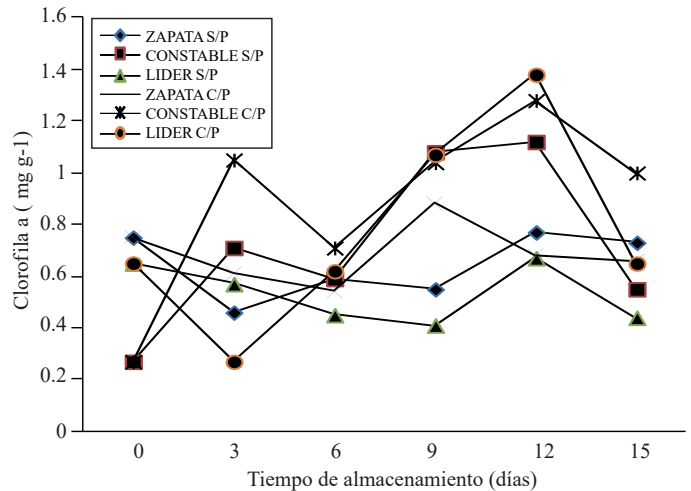
**Table 2. Content of Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll in three cucumber cultivars with and without plastic film coating, stored at 20 °C, for 15 days of storage.**

F.E.	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total
<b>Película plástica</b>			
Con	0.790 a	0.494 a	1.280 a
Sin	0.635 b	0.393 b	1.020 b
DMS	0.045	0.032	0.076
<b>Cultivar</b>			
Zapata	0.667 b	0.414 b	1.082 b
Constable	0.659 b	0.514 a	1.325 a
Lider	0.811 a	0.402 b	1.061 b
DMS	0.067	0.047	0.112
<b>T.A. ξ (días)</b>			
0	0.563 c	0.383 b	0.946 c
3	0.616 c	0.366 b	0.982 c
6	0.587 c	0.372 b	0.959 c
9	0.843 b	0.544 a	1.388 b
12	0.989 a	0.601 a	1.590 a
15	0.677 c	0.395 b	1.072 c
DMS	0.115	0.082	0.194

Medias con letras iguales dentro de columnas, no son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa; ξ factor de estudio; ξ tiempo de almacenamiento.

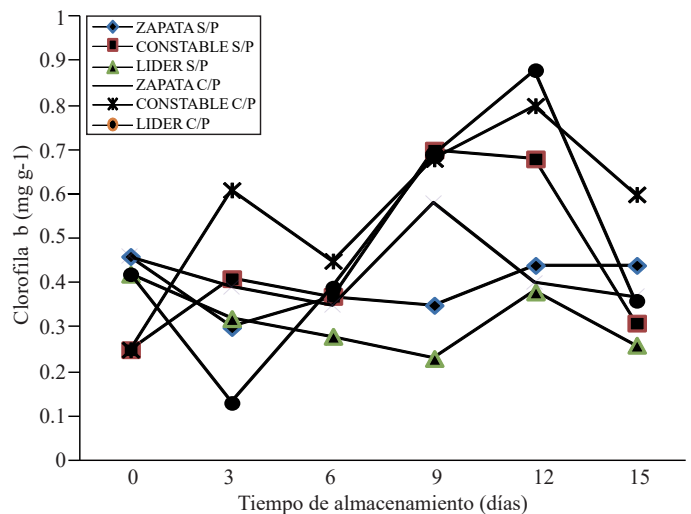
El valor de las tres clorofilas, al finalizar el periodo de almacenamiento (15 días), fue menor al valor inicial en los cultivares Zapata y Líder, y mayor en el cultivar Constable. En pepino, el contenido de clorofila a con relación a la clorofila b es mayor, al respecto, Salysbury y Ross (1992) señalan que el contenido de clorofila a es mayor en plantas de sol y la clorofila b en plantas de sombra. El primer descenso del contenido de clorofila, puede ser producto del inicio de la maduración como lo menciona Díaz (2002) y el segundo descenso, puede ser debido a los procesos de senescencia y muerte de los tejidos, causado por la disminución de pH, debido principalmente a la salida de los ácidos orgánicos de la

without plastic film, were registered two decreases in the content of chlorophyll a, b and total, the first between 3 and 9 days and the second at 15 days; in addition, was obtained the largest content amount in total chlorophyll, followed by chlorophyll a and finally chlorophyll b.



**Figura 6. Contenido de clorofila a en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS= 0.38. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 6. Contents of chlorophyll a in three cultivars of cucumber with and without film coating Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS= 0.38. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**



**Figura 7. Contenido de clorofila b en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS= 0.27. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 7. Content of chlorophyll b in three cucumber cultivars with and without film coating Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS= 0.27. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

vacuola, actividad de las enzimas clorofilasas y reacciones de oxidación, causando cambios en coloración de verde olivo, verde brillante, pardeamiento y hasta pérdida del color (Wills *et al.*, 1998).

En el presente estudio sólo se presentó el color verde olivo en los frutos de pepino cultivar Constable; y en los frutos de pepino cultivar Zapata y Lider se presentó el color amarillo, producto de la síntesis de xantofilas como reporta Suslow y Cantwell (1997) e inicio de la senescencia, con la consecuente degradación de clorofila (Salisbury y Ross, 1992).

## Conclusiones

La pérdida de peso fue menor al 1%, en frutos de pepino cultivar Zapata, Constable y Lider, cubiertos con película plástica Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C por 15 días.

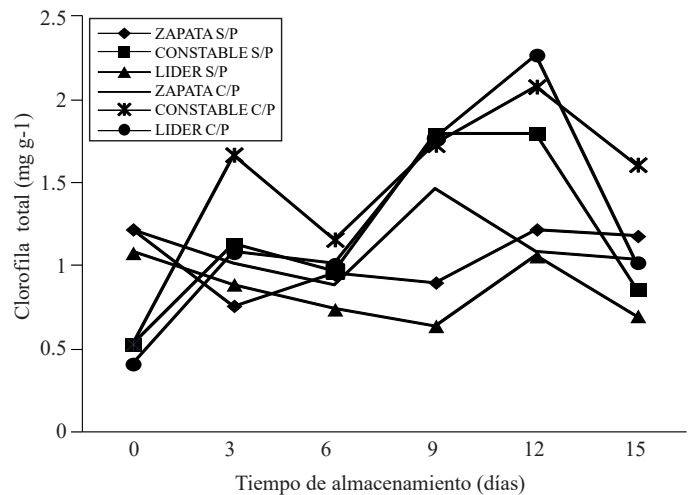
Los frutos de pepino cultivar Zapata, Constable y Lider, sin película plástica Cryovac® RD 45 presentaron 8% de pérdida de peso a los 15 días de almacenamiento.

Los frutos de pepino cultivar Lider con película plástica Cryovac® RD 45, tuvieron las mejores características en sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y relación sólidos solubles totales-acidez titulable, determinantes en la degustación del producto.

Los frutos de pepino cultivar Constable, presentaron mayor coloración verde al término del almacenamiento.

## Literatura citada

- Amarante, C. N. and Banks, H. 2001. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. *Horticultural Review*. 26:261-238.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1998. Official methods of analysis. 16<sup>th</sup> Ed. William, S. (Ed.). Published by the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. USA. CD-Rom.
- Azcon, B. J. y Talón, M. 2003. Fundamentos de fisiología vegetal. 2<sup>a</sup> (Ed.). McGraw-Hill. México, D. F. 651 p.
- Ben-Yehoushua, S. 1987. Transpiration, water stress, and gas exchange. *In: postharvest physiology of vegetables*. Weichmann, J. (Ed.). Dekker, M. Inc. New York. 113-138 pp.



**Figura 8. Contenido de clorofila total en tres cultivares de pepino con y sin recubrimiento de película Cryovac® RD 45, almacenados a 20 °C. DMS= 0.64. S/P= sin película plástica; C/P= con película plástica.**

**Figure 8. Total chlorophyll content in three cucumber cultivars with and without film coating Cryovac® RD 45, stored at 20 °C. DMS= 0.64. S/P= without plastic film; C/P= with plastic film.**

The value of the three chlorophylls, at the end of the storage period (15 days) was less than the initial value in Lider and Zapata cultivars, and higher in the Constable cultivar. In cucumber, the chlorophyll a content in relation to chlorophyll b is greater, related to this, Salysbury and Ross (1992) indicate that the content of chlorophyll a is higher in sun plants and chlorophyll b shade plants. The first decrease in chlorophyll content, can be product of the beginning of maturation as mentioned Díaz (2002) and the second decrease could be due to the process of senescence and death of tissues caused by the decrease in pH due mainly to the organic acids output from the vacuole, enzyme activity of chlorophyllase and oxidation reactions causing changes coloration from olive green, bright green, browning and even loss of color (Wills *et al.*, 1998).

In the present study only showed the olive green color in Constable Cucumber; Lider and Zapata presented the yellow color, product of the synthesis of xanthophylls as reported by Suslow and Cantwell (1997) and beginning of senescence, with consequent degradation of chlorophyll (Salisbury and Ross, 1992).

- Chien, Y. W. and Ling, Q. 1997. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. *Postharvest Biol. Technol.* 10(3):195-200.
- Cortés, M. J. Y. y Rodríguez, E. 2011. Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 9(1):24-34.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT (Ed.). S. A. 390 p.
- Díaz-Pérez, J. C. 1998. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biol. Technol.* 13:45-49.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2009. Anuario estadístico de la FAO. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx> (consultado febrero, 2012).
- Galletti, L.; Berger, H.; Drouilly, D. and Lizana L, A. 2006. Atmósfera modificada en fruto de pepino dulce. *IDESIA.* 24(2):35-40.
- Kader A, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. University of California. Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. Third (Ed.) 39-285 pp.
- Lehninger, L. A. 1995. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. Calvet, P. F. y Bozal, F. J. (Eds.). Ediciones Omega, S. A. Barcelona. 1117 p.
- Leonardi, C.; Guichard, S. and Bertin, N. 2000. High vapor pressure deficit influences growth, transportation and quality of tomato fruits. *Sci. Hortic.* 84:285-296.
- Musmade, A. M. and Desai, U. T. 1998. Cucumber and melon. *In: handbook of vegetables science and technology.* Salunke, B. K. and Kadam, S. S. (Eds.). Dekker, M. Inc. New York. 245-253 pp.
- Muy Rangel, D.; Siller, J.; Díaz, J. y Valdéz, B. 2004. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(2):157-165.
- Ryall, L. A. and Lipton, J. 1982. Refrigerated storage. *In: handling transportation and storage of fruits and vegetables.* Ryall, I. L. and Lipton, M. (Eds.). AVI Publishing Company. INC. Westport, Connecticut. 293-306 pp.
- Salisbury B, F. y Ross, W. 1992. Fisiología vegetal. González, V. (Ed.). 4ª edición. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. 758 p.

## Conclusions

The weight loss was less than 1% in cucumber fruits Zapata, Constable and Lider, covered with plastic film Cryovac® RD 45, stored at 20 °C for 15 days.

The Zapata, Constable and Lider cultivars without plastic film Cryovac® RD 45, showed 8% weight loss after 15 days of storage.

The Lider cultivar with plastic film Cryovac® RD 45 had the best characteristics in total soluble solids, pH, titratable acidity and total soluble solids-titratable acidity relationship, determinants in tasting of the product.

The Constable cultivar had higher green color at the end of storage.

*End of the English version*



- Suslow, T. and Cantwell, M. 1997. Cucumber. Producer facts. Perishables Handling No. 90. University of California, Davis. USA. 21-22 pp.
- Walter W, M.; Epley, G. and McFeeters, F. 1990. Effect of water stress on stored pickling cucumbers. *J. Agric. Food Chem.* 38:2185-2191.
- Wills, R.; McGlasson, B.; Graham, D. and Joyce, D. 1998. Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. University of New South Wales. Press-Cab International. Sidney, Australia. 262 p.
- Witham, F. H.; Blaydes, D. F. y Devlin, R. M. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold. USA.