

Calidad poscosecha de frutos de pepino cultivados con diferente solución nutritiva*

Postharvest quality of cucumber grown with different nutrient solution

Delia Moreno Velázquez^{1§}, Brenda Nataly Hernández Hernández¹, Juan Manuel Barrios Díaz¹, Armando Ibáñez Martínez¹, Wendy Cruz Romero¹ y Raúl Berdeja Arbu¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Av. Universidad s/n Junta Auxiliar de San Juan Acateno. Teziutlán, Puebla. C. P. 73695. México. Teléfono 01: 231 31 2 29 33. (youarenotalone_19@hotmail.com; jbarriosdia@hotmail.com; armandoibama@hotmail.com; cruzrw@hotmail.com; raulberdeja@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: demove91@hotmail.com.

Resumen

Numerosas soluciones nutritivas se han formulado para evaluar el crecimiento, desarrollo, comportamiento y absorción de nutrientes en diferentes cultivos; existiendo escasa información en relación a la calidad poscosecha. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad poscosecha de frutos de pepino 'Sanson' cultivados con diferente solución nutritiva, el cual se realizó del 6 de abril al 30 de septiembre de 2011, en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Teziutlán, Puebla, México. Se utilizó un invernadero tipo doble túnel de 250 m² equipado con sistema de riego por goteo. El sustrato utilizado fue tezontle cribado de 5 mm de diámetro y semilla de pepino 'Sanson', la siembra se realizó en vasos de unicel del Núm. 8 y el trasplante a los 33 días de emergencia en bolsas de polietileno de 25 x 30 cm, se colocó una planta por bolsa. Los tratamientos fueron: solución nutritiva Steiner al 100%, solución nutritiva Steiner al 50%, solución nutritiva Morard y Benavides 100% y solución nutritiva Morard y Benavides al 50%. Se seleccionaron frutos de tamaño y color homogéneo y se almacenaron a 25 °C por 13 días. Cada tercer día se midieron las variables pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable, y contenido de clorofila a, b y total. Los

Abstract

Many nutrient solutions have been formulated to evaluate growth, development, behavior and absorption of nutrients in different crops; there is very little information regarding postharvest quality. The aim of this study was to evaluate postharvest quality of cucumber 'Sanson' grown with different nutrient solution, which was held from April 6 to September 30, 2011, at the Faculty of Agro-hydraulic Engineering from the Benemerita Universidad of Puebla, Teziutlán, Puebla, Mexico. A double Quonset greenhouse of 250 m² equipped with drip irrigation system was used. The substrate used was tezontle screening of 5 mm in diameter and cucumber seed 'Sanson'; seeding was performed in polystyrene cups no. 8 and transplantation at 33 days of emergency in polyethylene bags 25 x 30 cm, placing a plant per bag. Treatments were: Steiner nutrient solution at 100%, Steiner nutrient solution at 50%, Morard and Benavides nutrient solution at 100%, Morard and Benavides nutrient solution at 50%. Homogeneous fruit in color and size were selected and stored at 25 °C for 13 days. Every third day variables measured: weight loss, total soluble solids (SST), titratable acidity and chlorophyll a, b content and total. The results of the variables were analyzed using a completely randomized

* Recibido: diciembre de 2014
Aceptado: marzo de 2015

resultados de las variables fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 7. Los frutos de pepino 'Sanson' cultivados con solución nutritiva Morad y Benavides al 100% presentaron mejor calidad.

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., clorofila, pérdida de peso, sólidos solubles.

En México, el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) ocupa el segundo lugar en importancia entre las hortalizas exportadas (FAO, 2010). Uno de los aspectos de mayor importancia en la producción de hortalizas en invernadero es la nutrición que deben recibir durante el ciclo de cultivo (Widders y Lorenz, 1982), para obtener frutos de calidad, entendida ésta en términos de apariencia, textura, sabor, aroma, valor nutritivo, constituyentes químicos, propiedades funcionales y defectos (Gruda, 2005). Numerosas soluciones nutritivas han sido formuladas para hacer crecer plantas en cultivo sin suelo, y su composición química varía ampliamente (Smith *et al.*, 1983). Steiner (1961, 1968, 1984) estableció el concepto de relación mutua entre los aniones y entre los cationes, y elaboró una solución nutritiva universal, que se distingue por sus relaciones mutuas entre aniones y cationes, expresadas en por ciento del total de mML^{-1} ; de 60:5:35 para aniones y 35:45:20 para cationes.

Se puede establecer cualquier relación de iones y cualquier concentración total de sales, siempre que no supere los límites de precipitación para ciertas combinaciones de iones. Así, la selección de la concentración de una solución nutritiva debe ser tal que el agua y los iones totales sean absorbidos por la planta en la misma proporción en la cual están presentes en la solución (Steiner, 1968). Por lo anterior, existe un gran número de soluciones nutritivas para distintos cultivos.

Gómez *et al.* (2003) reportan que la calidad de frutos de pepino obtenidos de diferentes sistemas hidropónicos está asociada con el incremento de nitrógeno y de las diferencias en la absorción de minerales, particularmente del nitrógeno, potasio, magnesio y calcio (Jasso-Chaverria *et al.*, 2005). El objetivo de la presente investigación fue evaluar la calidad poscosecha de frutos de pepino 'Sanson' cultivados con diferente solución nutritiva.

La presente investigación se realizó del 6 de abril al 30 de septiembre de 2011, en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, ubicada a 1 689 msnm, con coordenadas: 19 52' 31.1" de latitud norte y 97 21' 34.1" de longitud oeste (INEGI, 2005).

design with a factorial arrangement 4 x 7. Cucumber 'Sanson' with Morad and Benavides nutrient solution at 100% had better quality.

Keywords: *Cucumis sativus* L., chlorophyll, soluble solids, weight loss.

In Mexico, cultivation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) ranks second in importance among exported vegetables (FAO, 2010). One of the most important aspects in the production of greenhouse vegetables is the nutrition that should receive during the growing season (Widders and Lorenz, 1982) to obtain quality fruit, understood in terms of appearance, texture, flavor, aroma, nutritional value, chemical constituents, functional properties and defects (Gruda, 2005). Many nutrient solutions were prepared to make plants grow in soilless culture, and its chemical composition varies widely (Smith *et al.*, 1983). Steiner (1961, 1968, 1984) established the concept of mutual relationship between anions and between cations and developed a universal nutrient solution, distinguished by their mutual relations between anions and cations, expressed in percent of total mML^{-1} ; of 60: 5: 35 for anions and 35:45:20 for cations.

Any ions relationship can be established and any total concentration of salts, as long as do not exceed the limits of precipitation for certain combinations of ions. Thus, the selection of the concentration of a nutrient solution should be such that water and total ions are absorbed by the plant in the same proportion in which are present in the solution (Steiner, 1968). Therefore, there are a number of nutritional solutions for different crops.

Gómez *et al.* (2003) report that the fruit quality of cucumber obtained from different hydroponic systems is associated with increased nitrogen and differences in the absorption of minerals, particularly nitrogen, potassium, magnesium and calcium (Jasso-Chaverria *et al.*, 2005). The objective of this work was to evaluate postharvest quality of cucumber 'Sanson' grown with different nutrient solutions.

This research was conducted from April 6 to September 30, 2011, at the Faculty of Agro-hydraulic Engineering from the Benemerita Universidad of Puebla (BUAP) in San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, located at 1 689 masl, located at: 19 52' 31.1" N and 97 21' 34.1" W (INEGI, 2005). A double Quonset greenhouse of 250 m^2 equipped with drip irrigation

Se utilizó un invernadero tipo doble túnel de 250 m² equipado con sistema de riego por goteo abastecido por cuatro tanques con capacidad de 750 L cada uno. El sustrato utilizado fue tezontle cribado a un diámetro inferior a 5 mm desinfectado con formol al 2%.

Se utilizó la semilla de pepino 'Sanson', la siembra se realizó en vasos de unicel del Núm. 8, se colocó una semilla por vaso aproximadamente a 1 cm de profundidad y se cubrió con el mismo tezontle. El trasplante se realizó a los 33 días de emergencia en bolsas de polietileno de 25 x 30 cm, se colocó una planta por bolsa. Durante la fase de semillero se aplicó un riego diario con agua simple hasta saturar el sustrato, y a partir de la emergencia se inició la aplicación de las soluciones nutritivas de acuerdo a cada uno de los tratamientos.

Después del trasplante, los riegos se aplicaron todos los días con dosis de 1 L por planta, distribuida en cuatro aplicaciones de 15 min cada una, dejando un intervalo de cuatro horas entre riego y riego. Con el fin de guiar y mantener el tallo erguido de las plantas, se realizó el tutorado con rafia sujeta a los soportes de alambre del invernadero y se amarró sobre la base del tallo de la planta para enredarla helicoidalmente. El diseño experimental fue bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento y una unidad experimental de 20 plantas.

Los tratamientos fueron: solución nutritiva Steiner al 100%, solución nutritiva Steiner al 50%, solución nutritiva Morard y Benavides al 100% y solución nutritiva Morard y Benavides al 50% (Cuadro 1), para su elaboración se utilizaron los fertilizantes comerciales, nitrato de calcio (Ca (NO₃)₂ 4H₂O), nitrato de potasio (KNO₃), sulfato de potasio (K₂SO₄), fosfato monopotásico (KH₂PO₄) y Sulfato de magnesio (MgSO₄ 7H₂O); los micronutrientes fueron aplicados mediante un fertilizante comercial, Rexe[®] Mix. La cosecha de frutos se realizó manualmente al momento de alcanzar la madurez comercial, color verde olivo, llenado del fruto y facilidad del desprendimiento de tricomas.

system fed by four tanks with capacity of 750 L each was used. The substrate used was tezontle screened a diameter less than 5 mm disinfected with 2% formalin.

Cucumber seed 'Sanson' was used, planting was performed in polystyrene cups no. 8, a seed was placed per cup at approximately 1 cm deep and covered with the substrate. Transplant was performed 33 days of emergency in polyethylene bags 25 x 30 cm; placing one plant per bag. During planting stage irrigation was applied daily with water to saturate the substrate, and from emergency, the application of the nutrient solutions begun according to each of the treatments.

After transplanting, irrigation was applied with daily doses of 1 L per plant, distributed in four applications of 15 min each, with an interval of four hours between watering. In order to guide and maintain upright the stems of plants, tutoring was performed with raffia held from the greenhouse wire support and tied to the stem base of the plant to tangle it helically. The experimental design was a complete randomized block design, with four treatments, four replicates per treatment and an experimental unit of 20 plants.

The treatments were: Steiner nutrient solution at 100%, Steiner nutrient solution at 50%, Morard and Benavides nutrient solution at 100%, Morard and Benavides nutrient solution Morard at 50% (Table 1), for its elaboration, commercial fertilizers were used, calcium nitrate (Ca (NO₃)₂ 4H₂O), potassium nitrate (KNO₃), potassium sulfate (K₂SO₄), monopotassium phosphate (KH₂PO₄) and magnesium sulfate (MgSO₄ 7H₂O); micronutrients were applied using a commercial fertilizer, Rexe[®] Mix. Harvest was done manually when reaching commercial maturity, olive green color, fruit filling and ease of detachment.

The fruits were taken to the laboratory of physico-chemical analysis from the Faculty of Agro-hydraulic Engineering to carry the postharvest quality study. 38 fruits with homogeneous color and size were selected and stored at 25 °C

Cuadro 1. Relación mutua de cationes y aniones de las soluciones nutritivas.

Table 1. Mutual relationship of cations and anions in nutrient solutions.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Total	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Total
----- % -----							
Solución nutritiva Universal Steiner (1968)							
45	20	35	100	60	5	35	100
22.5	10	17.5	50	30	2.5	17.5	50
Solución nutritiva Morard and Benavides (1990)							
50	15	35	100	75	10	15	100
25	7.5	17.5	50	37.5	5	7.5	50

Los frutos se trasladaron al laboratorio de análisis físico-químico de la Facultad de Ingeniería Agrohídrica para llevar a cabo el estudio de calidad postcosecha. Se seleccionaron 38 frutos de tamaño y color homogéneo y se almacenaron a 25 °C por un periodo de 13 días. Cada tercer día se midieron las variables pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable, y contenido de clorofila a, b y total. Se registró el peso individual (g) del fruto utilizando una balanza electrónica Torrey PCR series 40. Los resultados se reportaron como porcentaje de pérdida de peso acumulado al relacionar el peso final con el peso inicial (Díaz-Pérez, 1998).

Los SST se midieron de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (1998) colocando jugo de pepino en un refractómetro digital marca Atago series Palette, la lectura se obtuvo directamente y los valores se expresaron como sólidos solubles totales (SST). La acidez titulable se determinó con 10 mL del jugo de la muestra mediante titulación con NaOH 0.05 N, reportándose los resultados como porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 1998). Los contenidos de clorofila a, b y total se obtuvieron de acuerdo a la técnica descrita por Witham *et al.* (1971). Se pesaron 100 mg de cáscara de pepino, se cortó en trozos pequeños y se almacenó por 24 h en frascos ámbar con 3 mL de acetona al 80%.

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 y 663 nm para clorofila a y b, respectivamente en un espectrofotómetro Spectronic 21 D Milton Roy. La cantidad de clorofila se reportó en mg de clorofila por gramo de tejido. Los resultados de las variables fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 7; cuatro soluciones nutritivas (Steiner al 100%, Steiner al 50%, Morard y Benavides al 100% y Morard y Benavides al 50%) y siete tiempos de almacenamiento, uno cada tercer día; la unidad experimental fue un fruto con cuatro repeticiones en las variables de SST, acidez titulable y contenido de clorofila, y 10 repeticiones para pérdida de peso. Al realizar el análisis de varianza y encontrar diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) mediante el programa computacional SAS.

Pérdida de peso

La pérdida de peso, expresada como pérdida de peso acumulativa, fue menor (7%) en frutos de pepino 'Sanson' cultivados con la solución nutritiva Morard y Benavides al 100% (Cuadro 2). Al concluir el almacenamiento de 13

for a period of 13 days. Every third day variables measured: weight loss, total soluble solids (SST), titratable acidity and chlorophyll a, b content and total. Individual weight (g) of the fruit was recorded using an electronic scale Torrey PCR series 40. Results are reported as percent of cumulative loss of weight relating the final weight to the initial weight (Díaz-Pérez, 1998).

The SST were measured according to the methodology proposed by the AOAC (1998) placing cucumber juice in a digital refractometer Atago series Palette, the reading was obtained directly and values were expressed as total soluble solids (SST). Titratable acidity was determined with 10 mL of juice by titration with NaOH 0.05 N, reporting the results as a percentage of citric acid (AOAC, 1998). Chlorophyll a-b content and total were obtained according to the technique described by Witham *et al.* (1971). 100 mg of cucumber peel were weighed, cut into small pieces and stored for 24 h in amber vials with 3 mL of 80% acetone.

Elapsed time, the tissue was macerated and filtered on Whatman No.1 paper, the filtrate was gauged to 10 mL with 80% acetone and absorbance at 645 and 663 nm was determined for chlorophyll a and b, respectively on a spectrophotometer Spectronic 21 D Milton Roy. The amount of chlorophyll was reported in mg of chlorophyll per gram of tissue. The results of the variables were analyzed using a completely randomized design with a factorial arrangement 4 x 7; four nutrient solutions (Steiner at 100%, Steiner at 50%, Morard and Benavides at 100% and Morard and Benavides at 50%) and seven times of storage, one every third day; the experimental unit was a fruit with four replications for variables SST, titratable acidity and chlorophyll content, and 10 repetitions for weight loss. When performing the analysis of variance and find significant differences, the comparison test of Tukey ($\alpha=0.05$) using SAS was applied.

Weight loss

Weight loss, expressed as a cumulative weight loss, was lower (7%) in cucumber 'Sanson' grown with Morard and Benavides nutrient solution at 100% (Table 2). At the end of 13 days of storage, a loss of 16% was recorded. Ben-Yehoushua (1987) reported that commercial quality of cucumber demerits when weight loss is higher than 5%, this data was present from the fifth day of storage, with visible signs of wilting. The lowest weight loss in fruits grown with Morard and Benavides at 100%, can be attributed to the content of 5% more of H_2PO_4 anion and calcium cation with respect to Steiner nutrient solution at 100% (Table 1).

días, se registró una pérdida de 16%. Ben-Yehoushua (1987) reportó que la calidad comercial del pepino se demerita cuando se alcanzan pérdidas de peso superiores al 5%, éste dato se presentó a partir del quinto día de almacenamiento, con síntomas visibles de marchitamiento. La menor pérdida de peso en los frutos cultivados con solución Morard y Benavides al 100%, puede atribuirse al contenido de 5% más del anión H_2PO_4 y del catión calcio, con respecto a la solución nutritiva Steiner al 100% (Cuadro 1).

P, is an element of cell membranes (phospholipids) that assist in the selective transport of substances into the cell and maintenance of the lipid bilayer during temperature changes, thus contributing to changes in the speed of respiration and transpiration (Salisbury and Ross, 1992).

Aghili *et al.* (2009) found that concentrations of calcium in cucumber besides relating with fruit firmness that help to maintain the permeability of the cell membrane and cell

Cuadro 2. Efecto de la solución nutritiva y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso (PP), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), clorofila a, b y total en frutos de pepino 'Sansón', almacenados a 25 °C.

Table 2. Effect of nutrient solution and storage time on weight loss (PP), total soluble solids (SST), titratable acidity (TA), chlorophyll a, b content and total in cucumber 'Sansón', stored at 25 °C.

FE	PP (%)	SST	AT (%)	Cl a	Cl b	Cl t
Solución nutritiva						
Morard y Benavides 50%	8.02 b	3.18 ab	0.066 bc	0.48 bc	0.32 ab	0.8 bc
Morard y Benavides 100%	6.98 c	3.57a	0.083 a	0.59 a	0.38 a	0.97 a
Steiner 100%	9.69 a	3.33 ab	0.077 ab	0.53 ab	0.37 a	0.91 ab
Steiner 50%	9.52 a	2.97 b	0.064 c	0.41 c	0.28 b	0.69 c
DMS	1.02	0.41	0.011	0.1	0.06	0.16
Días de almacenamiento						
1	0 f	2.8 c	0.069 b	0.49 ab	0.35 a	0.84 ab
3	2.96 e	2.96 c	0.065 b	0.6 a	0.37 a	0.97 a
5	5.56 d	3.3 abc	0.065 ab	0.42 b	0.29 a	0.72 b
7	9.03 c	3.74 a	0.075 ab	0.44 ab	0.29 a	0.74 ab
9	12.44 b	3.4 abc	0.071 b	0.54 ab	0.39 a	0.93 ab
11	13.86 b	3.03 bc	0.073 ab	0.5 ab	0.33 a	0.84 ab
13	16.04 a	3.61 ab	0.089 a	0.54 ab	0.32 a	0.87 ab
DMS	1.55	0.62	0.016	0.15	0.1	0.24

FE= factor de estudio. Medias con letras iguales son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS= diferencia mínima significativa.

El P, es un elemento constituyente de las membranas celulares (fosfolípidos) que ayudan en el transporte selectivo de sustancias hacia el interior de la célula y el mantenimiento de la bicapa de lípidos ante cambios de temperatura, lo cual contribuye a cambios en la velocidad de respiración y transpiración (Salisbury y Ross, 1992).

Aghili *et al.* (2009) encontraron que las concentraciones de calcio en el fruto de pepino además de relacionarse con la firmeza del fruto ayudan al mantenimiento de la permeabilidad de la membrana celular e integridad de la pared celular. En frutos de pepino 'Sansón' cultivados con solución Morard y Benavides al 100%, el porcentaje de fósforo registrado fue de 1.04 y de calcio de 2.06; mientras que en los frutos con solución Steiner al 100% fue de 0.8 y 1.83, respectivamente.

wall integrity. In cucumber 'Sansón' grown with Morard and Benavides at 100%, the registered percentage of phosphorus was 1.04 and 2.06 for calcium; while in fruits with Steiner solution at 100% was 0.8 and 1.83, respectively.

Total soluble solids

SST content was higher in cucumbers grown with Morard and Benavides nutrient solution at 100% (3.57), and at seven days of storage (Table 2). Cucumbers are non-climacteric fruits (Suslow and Catwell, 1997) that are characterized by having low values of SST (Musmade and Desai, 1998), so that the accumulation of sugars during the growth stage and maturation does not experience significant changes (Azcón and Heel, 2003). Cortes *et al.* (2011) reported values of 3.3 SST in cucumber 'Cohombro'. Muy *et al.* (2004) reported

Sólidos solubles totales

El contenido de SST resultó mayor en los frutos de pepino cultivados con la solución nutritiva Morard y Benavides al 100% (3.57), y a los siete días de almacenamiento (Cuadro 2). Los pepinos son frutos no climatéricos (Suslow y Catwell, 1997) que se caracterizan por presentar valores bajos de SST (Musmade y Desai, 1998), por lo que la acumulación de azúcares durante la etapa de crecimiento y maduración no experimenta cambios significativos (Azcón y Talón, 2003). Cortés *et al.* (2011) reportaron valores de 3.3 SST en pepino 'Cohombro'. Muy *et al.* (2004) señalaron valores de 2.5 a 4.0 SST en frutos de pepino 'Conquistador'. En el presente estudio, el pepino 'Sanson' presentó valores similares a los reportados por los autores(as) antes mencionados, en el rango de 2.8 a 3.7 SST.

La solución Morard y Benavides al 100% presentó 15% más de nitrógeno (Cuadro 1), lo que se puede relacionar con el mayor contenido de SST en los frutos de acuerdo con Ruiz y Romero (1998), ellos reportaron que aplicaciones de nitrógeno incrementan los SST en la parte comestible del pepino. El pepino por consumirse en estado inmaduro, registró un valor al momento de cosecharse inferior al periodo de almacenamiento y de acuerdo con lo registrado en el Cuadro 2, se puede mencionar que el fruto de pepino alcanza su madurez fisiológica a los siete días de cosechado e inmediatamente da inicio con el proceso de senescencia, con un incremento a los 13 días de almacenamiento producto de la pérdida de peso y marchitamiento.

Acidez titulable

La acidez titulable, expresada en porcentaje de ácido cítrico fue mayor en los frutos cultivados con solución Morard y Benavides al 100% (0.083%), y al concluir los 13 días de almacenamiento (0.089%) (Cuadro 2). Cortés *et al.* (2011) reportó en pepino 'Cohombro' valores de 0.05%, similar a lo encontrado en pepino 'Sanson' (0.069%). Un mayor porcentaje de acidez en los frutos cultivados con la solución Morard y Benavides al 100% lo explican Aghili *et al.* (2009), ellos mencionan que la concentración de P se correlaciona positivamente con el contenido de ácido cítrico en frutos de pepino, debido al papel que juega el P en la síntesis de ácido cítrico y descenso del pH de la vacuola celular. El contenido de fósforo en la solución Morard y Benavides al 100% fue

valores de 2.5 to 4.0 SST in cucumber 'Conquistador'. In the present study, cucumber 'Sanson' presented similar values to those reported by the authors above, in the range of 2.8 to 3.7 SST.

Morard and Benavides at 100% showed 15% more nitrogen (Table 1), which may be related to higher content of SST in fruits according Ruiz and Romero (1998), they reported that nitrogen applications increase SST in the edible part of the cucumber. Cucumber can be eaten unripe, recorded a value when harvested lower than the storage period and in accordance with results reported in Table 2, it can be mentioned that cucumber reaches physiological maturity at seven days of harvest and immediately begins the process of senescence, with an increase at 13 days storage, product of the weight loss and wilting.

Titratable acidity

The titratable acidity, expressed as percentage of citric acid was higher in fruits grown with Morard and Benavides at 100% (0.083%), and at the end of 13 days of storage (0.089%) (Table 2). Cortes *et al.* (2011) reported on cucumber 'Cohombro' values of 0.05%, similar to those found in cucumber 'Sanson' (0.069%). A higher percentage of acidity in fruits grown with Morard and Benavides solution at 100% is explain by Aghili *et al.* (2009), they mention that P concentration is positively correlated with the citric acid content in cucumber, due to the role P plays in the synthesis of citric acid and reduce pH of cell vacuole. Phosphorus content in Morard and Benavides at 100% was 5% higher than Steiner at 100% (Table 1). The increase in acidity when storage time concluded is a result of senescence as mentioned by Díaz (2002).

Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll

Chlorophyll a, b content and total, was higher in fruits grown with Morard and Benavides nutrient solution at 100%, without changes in chlorophyll b content as storage time passed (Table 2). According to Salisbury and Ross (1992), chlorophyll a is higher in sun plants and chlorophyll b in shade plants, behavior observed in this study. The explanation of the higher chlorophyll a content in fruits grown with Morard and Benavides at 100% is because it contains 15% more nitrogen than Steiner 100% (Table 1), nitrogen that can participate in the structure of chlorophyll.

5% mayor a la de Steiner al 100% (Cuadro 1). El incremento de la acidez al concluir el periodo de almacenamiento es consecuencia de la senescencia tal como menciona Díaz (2002).

Clorofila a, clorofila b y clorofila total

El contenido de clorofilas a, b y total, fue mayor en los frutos cultivados con la solución nutritiva Morard y Benavides al 100%, sin cambio en el contenido de clorofila b conforme transcurrió el periodo de almacenamiento (Cuadro 2). De acuerdo con Salisbury y Ross (1992), el contenido de clorofila a es mayor en plantas de sol y la clorofila b en plantas de sombra, comportamiento que se observó en el presente trabajo. La explicación del mayor contenido de clorofila a en los frutos cultivados con solución Morard y Benavides al 100%, se debe a que contiene 15% más de nitrógeno que la solución Steiner al 100% (Cuadro 1), nitrógeno que puede participar en la estructura de la clorofila.

Conclusiones

Los frutos de pepino 'Sanson' cultivados con solución nutritiva Morard y Benavides al 100% presentaron mejor calidad.

Literatura citada

- Aghili, F.; Khoshgoftarmanesh, A. H.; Afyuni, M. and Mobli, M. 2009. Relationships between fruit mineral nutrients concentrations and some fruit quality attributes in greenhouse *Cucumber*. *J. Plant Nutr.* 32:1994-2007.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1998. Official methods of analysis. 16th (Ed.). William, S. (Ed). Published by the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. CD-Rom.
- Azcon, B. J. and Talón, M. 2003. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill. 2^a (Ed.). México. 651 p.
- Ben-Yehoshua, S. 1987. Transpiration, water stress, and gas exchange. *In: postharvest physiology of vegetables*. Weichmann, J. (Ed). Dekker, M. Inc. New York. 113-138 pp.
- Cortés, M.; Johan, Y. and Rodríguez, E. 2011. Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. *biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 9(1):24-34.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor, S. A. México, D. F. 390 p.
- Díaz-Pérez, J. C. 1998. Transpiration rates in eggplant fruit as affected by fruit and calyx size. *Postharvest Biol. Tech.* 13:45-49.

Conclusions

Cucumber 'Sanson' grown with Morard and Benavides nutrient solution at 100% had better quality.

End of the English version



- Gómez, M. D.; Baile, A.; González-Real, M. M. and Mercader J. M. 2003. Comparative analysis of water and nutrient uptake of glasshouse cucumber grown in NFT and perlite. *Acta Hort.* 614:175-180.
- Gruda, N. 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24:227-247.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2005. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=21>.
- Jasso-Chaverría, C.; Hochmuth, G. J.; Hochmuth, R. C. and Sargent, S. A. 2005. Fruit yield, size, and color response of two greenhouse cucumber types to nitrogen fertilization in perlite soilless culture. *HortTechnol.* 15:565-571.
- Morard, P. and Benavides, B. 1990. Relative accumulation of macronutrients ions in different parts of cucumber (*Cucumis sativus*). *Sci. Hortic.* 44 (1-2):17-30.
- 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.). Marcel Dekker, Inc. New York. 245-253 pp.
- Muy, R. D.; Siller, J.; Díaz, J. and Valdéz, B. 2004. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerrado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(2):157-165.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2010. <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>.
- Ruiz, J. M. and Romero, L. 1998. Commercial yield and quality of fruits of cucumber plants cultivated under greenhouse conditions: Response to increases in nitrogen fertilization. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46: 4171-4173.
- Salisbury, B. F. and Ross, W. 1992. Fisiología vegetal. González, V. (Ed.). 4^a. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D. F. 758 p.
- Smith, G. S.; Johnston, C. M. and Cornforth, I. S. 1983. Comparison of nutrient solutions for growth of plants in sand culture. *New Phytol.* 94:537-548.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15:134-154.
- Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. *In: Proc. 6th Colloq. Int. Potash Inst.* Florence, Italy. 324-341 pp.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proc 6th Int. Cong. Soilless Cult.* 633-649 pp.
- Suslow, T. and Cantwell, M. 1997. Cucumber. *Producer facts. Perishables Handling No. 90*. University of California, Davis. USA. 21-22 pp.
- Widders, I. E. and Lorenz, O. A. 1982. Potassium nutrition during tomato plant development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118:960-964.
- Witham, F. D.; Blaydes, D. F. and Devlin, R. M. 1971. Experiments. *In: Plant physiology*. Van Nostrand Reinhold Company. New York, USA. 245 p.