

# EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE FRUTOS DE PEPINO COSECHADOS BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO: PROTEGIDO Y A CAMPO ABIERTO

## EVALUATION OF QUALITY PARAMETERS AND STORAGE CONDITIONS OF CUCUMBER FRUITS HARVESTED UNDER TWO CROPPING SYSTEMS: PROTECTED AND OPEN FIELD IN TROPICAL ZONES

Reina Medina<sup>1</sup>, Galo Salcedo Rosales, Cecibel Franco Suarez, Liliana Castro Herrera<sup>2</sup>,  
Luis Oquendo Gonzales<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias para el Desarrollo, Universidad de Guayaquil,  
Av. Delta y Av. Kennedy, Guayaquil, Ecuador.

<sup>2</sup> Becarios del proyecto

### RESUMEN

Las pérdidas por comercialización de frutas y hortalizas en Ecuador oscilan entre el 30 y el 50% del total cultivado. Como resultado, disminuye la relación costo-beneficio del cultivo, coadyuvando al empobrecimiento del agricultor y elevación de precios al consumidor. Las causas se atribuyen a la falta de tecnología, una infraestructura inapropiada, y mal manejo poscosecha, esencialmente por deficiente manipulación, incorrectas condiciones de empaque, almacenamiento y transporte. Tal situación llevó a realizar esta investigación, cuyo objetivo fue evaluar los parámetros de calidad y las condiciones de almacenamiento de frutos de pepino, cosechados bajo dos sistemas de cultivo: protegido y a campo abierto. Se empleó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones y cuatro tratamientos, utilizando el híbrido Diamante en la siembra. Los mayores promedios de longitud, diámetro, peso y firmeza del fruto de pepino se obtuvieron en T<sub>1</sub> (invernadero de alta tecnología), mientras que las medias mayores de sólidos solubles y acidez titulable se lograron en T<sub>2</sub> (invernadero de media tecnología). El T<sub>4</sub> (cultivo al aire libre) presentó los mayores promedios de pH y menores valores de RBG. Los mayores porcentajes de estropeo, daños por insectos y fisiopatías se encontraron en T<sub>4</sub> (cultivo al aire libre). Los promedios del color del fruto de pepino en el almacenajeto en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno presentaron valores estadísticamente similares. *Fusarium* spp se observó afectando frutos bajo los tres tipos de almacenamiento utilizados. El fruto perdura en almacenamiento 12 a 14 días a temperatura de 26 °C y humedad relativa de 81 %.

**Palabras claves:** pérdidas poscosecha, pepino, cultivo protegido, comercialización

## ABSTRACT

Losses from merchandising of fruit and vegetables at Ecuador represent between 30 and 50 % of the total cropped. As a result decreases the cost-benefit of cultivating, contributing to the impoverishment of the farmers and raise consumer prices. The causes attributed to the lack of technology, post-harvest mismanagement, essentially by poor handling, improper packaging conditions, inappropriate storage and lack of transport infrastructure. This situation led to make the following research aimed to evaluating the quality parameters and storage conditions of cucumber fruits, grown under two cropping systems: protected and open field, in tropical zones. We used a random blocks design with three repetitions and four treatments, employing the hybrid Diamond. The highest average in cucumber fruit length, diameter, weight and firmness were obtained with T<sub>1</sub> (high-tech greenhouse), while the highest average of soluble solids and titratable acidity were achieved in T<sub>2</sub> (average greenhouse technology). The T<sub>4</sub> (open field growing) had the highest average of pH and lower RBG values. We found the highest percentages of spoiling, insect damage and physiological disorders in the T<sub>4</sub> (open field growing). Averages of cucumber fruit color stored in plastic drawers, wooden boxes and polyethylene bags presented statistically similar values. *Fusarium* spp affected the fruits under the three types of storage used. The fruit lasts 12 to 14 days stored at temperature of 26 °C and 81 % relative humidity.

**Keywords:** post-harvest losses, cucumber, protected cultivation, merchandising

## INTRODUCCIÓN

En Ecuador, las pérdidas por mal manejo de frutos y hortalizas cosechadas se encuentran en un rango que va del 30 al 50 % del total cultivado. (FAO, 2000) Las causas de las pérdidas se atribuyen a la falta de tecnología y una infraestructura adecuada para su conservación, así como de la formación específica para la manipulación durante la recolección, empaque, almacenamiento y transporte del producto, lo cual ocasiona reducción de su peso, por deshidratación y mala protección de las cosechas. El grave problema de baja calidad y con él la merma de la competitividad, también surge por el desconocimiento de las características propias de cada fruto, su porcentaje de agua, su estructura, su corteza, su intensidad respiratoria y sensibilidad al etileno, todos estos elementos determinantes de los diferentes grados de senescencia.

Los mejores métodos utilizados para la conservación y disminución de las pérdidas en la poscosecha de frutos agrícolas se asocian al uso de bajas temperaturas y

al acondicionamiento del clima. Sin embargo, ambos métodos resultan costosos o no existen las condiciones para su aplicación. Por lo tanto, surge la necesidad de encontrar métodos económicos, de fácil implementación.

La producción de hortalizas en Ecuador tiene un alto impacto social; proviene en su mayoría de pequeños productores y es un apoyo nutricional importante para las ciudades. La eficiencia de la cadena productiva de hortalizas, en especial del pepino, es baja, por las dificultades antes señaladas. Son altas las pérdidas que se presentan durante la poscosecha.

No obstante, existen diferentes niveles de uso de tecnología para el manejo de la poscosecha. Algunas empresas exportadoras que son la excepción, tienen un manejo apropiado de los productos. La mayor parte de la producción se obtiene en fincas, en las cuales las prácticas de poscosecha son elementales o no se realizan. Además, los métodos de conservación convencional, como es el mantenimiento de la cadena de frío, no son de fácil acceso para los pequeños productores. La producción de hortalizas representa un bajo porcentaje y la tecnología empleada en la misma y en la poscosecha y comercialización apenas existe. Todo esto contribuye a marginar la horticultura.

Una visita al mercado de abastos de Vinces o de Guayaquil puede brindar una idea del consumo de frutas y hortalizas en esas localidades, concurre un alto potencial de consumo en ellas con un bajo potencial de producción. En sus respectivos mercados se oferta multitud de frutas y hortalizas: naranja, mango aguacate, guayaba, mandarina entre otras, y hortalizas como pepino, tomate, pimiento, lechuga, y repollo.

El nivel de las pérdidas es variable y existen diferentes estimados. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), plantea en diferentes documentos que en los países no industrializados el promedio se encuentra entre el 15 y el 40 % del total de la producción; mientras en los países industrializados puede ser inferior al 10 %. (Arias y Toledo, 2000) Sin embargo, la intensidad del daño puede llegar a afectar la totalidad del producto. Así sucede en muchos productos, en los que un simple golpe provoca su pérdida por completo. Además, es preciso tener presente que una pequeña infección fúngica, por pequeña que sea, deprecia totalmente el producto para el mercado.

Los principales factores exógenos que contribuyen a las pérdidas y daños en la poscosecha de frutos agrícolas son las condiciones ambientales: temperatura y humedad relativa. El hecho de que frutas y hortalizas presenten altos contenidos hídricos las hace susceptibles a pérdidas por transpiración. La composición atmosférica alrededor del fruto es determinante para su conservación, tomando en cuenta que reacciones fisiológicas, como respiración y síntesis de etileno, son

dependientes del oxígeno. Por otro lado la mayoría de patógenos que perjudican la calidad y vida útil de los productos son organismos aerobios. (Rodríguez *et al.*, 2005)

La calidad no se puede mejorar después de la cosecha, sólo se mantiene la alcanzada. De allí que es importante cosechar productos en la etapa adecuada y con la máxima calidad. Frutos inmaduros o demasiado maduros se conservan menos tiempo en almacenamiento que aquellos cosechados en la madurez adecuada. Las frutas cosechadas son productos vivos y perecederos, es imprescindible darles un manejo poscosecha adecuado. A fin de conservar la calidad, debe considerarse que puede transcurrir un tiempo considerable desde el momento en que un fruto ha sido cosechado hasta que llegue a manos del consumidor final o a la industria de procesamiento. Además no debe olvidarse que en todo ese tiempo dicho fruto pasa por diferentes operaciones que también pueden afectar su calidad.

Las frutas y hortalizas al igual que muchos otros productos agrícolas suelen almacenarse durante un determinado tiempo. Tal almacenamiento obedece a distintas razones, entre ellas la regulación de los precios; cambios en la oferta y demanda; el interés en facilitar su comercialización a nivel nacional o internacional; para recibir tratamientos que mejoren su calidad visual y faciliten su comercialización, o para ser procesadas industrialmente. (Thompson, 1998)

Debido a su relación proporcional con la respiración y su acción de control sobre microorganismos y plagas, la temperatura es el factor que más afecta la velocidad de deterioro de las frutas. Generalmente, el pepino se almacena por menos de 14 días, luego pierde calidad visual. Después de dos semanas se pueden incrementar las pudriciones, el amarillamiento y la deshidratación, especialmente después que los frutos se transfieren a las condiciones normales de venta. La firmeza y conservación del fruto del pepino debe ser adecuada para resistir el transporte y mantenerse el tiempo suficiente en el mercado en óptimas condiciones. (Díaz *et al.*, 2009)

Bajo condiciones de invernadero, la producción de pepino es de 2 a 9 veces mayor que en campo abierto; siempre en dependencia con el nivel tecnológico con que se cultive y coseche, el manejo durante la cosecha y las condiciones climatológicas. Esa es una de las causas de que el producto se constituya en una alternativa para su diversificación en cultivos en invernadero. (Fumiaf, 2005)

El color del fruto de pepino es consecuencia de la presencia de diversos pigmentos que confieren al grupo de alimentos del cual forma parte características especiales. Estas, mediante la visión, transmiten al comprador señales diversas. Además, son un indicador del estado de madurez y/o frescura del producto. En algunos casos, el consumidor valora, asocia un color a una calidad aunque el mis-

mo no añada, en el sentido más estricto, ninguna condición. En algunos rubros el color es un indicativo de calidad que se valora en la piel y en la pulpa. (Díaz et al., 2009)

Los pepinos no se caracterizan por mostrar valores altos de grado Brix (Muy Rangel, 2004). En ese estudio se encontró a los sólidos solubles totales moderadamente correlacionados con el potencial osmótico ( $\psi_s$ ) ( $R_2=0.46$ ); los mayores valores de °Brix correspondieron a valores inferiores del  $\psi_s$ . Al considerar que los pepinos no son climatéricos (Suslow y Cantwell, 1997), los cambios observados en los solutos, posiblemente estén asociados con la pérdida de humedad de los tejidos. Resultados similares en frutos no climatéricos han sido reportados para la zanahoria. (*Daucus carota* L.) (Shibairo et al., 1997)

La cosecha se debe realizar cortando el fruto, en lugar de arrancarlo. El tallo halado es un defecto a tomar en cuenta, cuando se clasifica por grados de calidad. Las magulladuras y los daños por compresión son muy comunes cuando no se da atención a las prácticas adecuadas de cosecha y manejo. (López et al, 2010)

Las enfermedades son una fuente importante de pérdidas poscosecha, particularmente cuando se combinan con temperaturas que causan daño por frío. Las bacterias y hongos fitopatógenos causan pérdidas de poscosecha, durante el transporte, el almacenamiento y las ventas al detalle. Los hongos más comunes son *Alternaria* spp., *Didymella*-pudrición negra, *Pythium*-pudrición algodonosa y *Rhizopus*-pudrición blanda. (Casaca, 2005)

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar parámetros de calidad y las condiciones de almacenamiento de frutos de pepino procedentes de dos sistemas de cultivo-protegido y a campo abierto. Los objetivos específicos fueron: 1. Determinar los índices de madurez y de calidad de frutos de pepino en zonas intertropicales cálidas de Vinces; 2. Evaluar parámetros de conservación de los frutos de pepino en almacenamiento; y 3. Identificar el tipo de daño que afecta la calidad del fruto de pepino en cosecha y poscosecha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en los predios de la Facultad de Ciencias para el Desarrollo de la Universidad de Guayaquil, ubicada a 1 ½ km de la vía Vinces-Palestina, coordenadas geográficas: 79° 39" longitud oeste y 01° 33" latitud sur. La Facultad se encuentra a una altura de 41 msnm, tiene unos niveles de precipitación de 1492 mm/año, humedad relativa 83%, con evaporación promedio de 1000 mm/año. Cuenta con una nubosidad de 6/8, con modificaciones diversas durante el

día. La temperatura media es de 25 °C y tiene una heliofanía de 1943 horas/año (INAMHI, 2011). Las actividades experimentales se desarrollaron en el laboratorio de Nutrición Agrícola y en la sala de poscosecha de hortalizas. El estudio duró nueve (9) meses. Se inició en octubre del 2012 y terminó en julio del 2013.

Los factores bajo estudio fueron los característicos de los frutos de pepino y de los tipos de almacenamiento del fruto de pepino. El manejo del cultivo se realizó con tecnología en cultivos protegidos. El agua y los nutrientes se suministraron por fertirriego. En el control de plagas se aplicó el método de manejo integrado de plagas.

a) Material vegetal

Los frutos de pepino se obtuvieron de la cosecha del cultivo de los tres invernaderos y del campo abierto, utilizando el híbrido de pepino Diamante.

b) Diseño experimental

Para determinar los índices de madurez y de calidad se empleó un diseño de Bloques al azar, con tres repeticiones y cuatro tratamientos con los frutos de pepino obtenidos en los invernaderos -alta, media, y baja tecnología-, y a campo abierto, cultivo al aire libre. De ello resultó un total de 12 unidades experimentales. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey, con un 95% de confiabilidad.

**Determinación de los índices de madurez y de calidad de frutos de pepino en zonas intertropicales cálidas de Vinces**

a) Recolección de frutos de pepino

La cosecha se realizó en forma manual, se cortó el fruto con tijeras; antes de que las semillas completasen su crecimiento, seleccionando los duros, de color verde intenso y con brillo. Se tomaron treinta (30) frutos por cada uno de los cuatro sectores nombrados. Las características físicas determinadas fueron:

b) Dimensiones: se tomaron longitud y diámetro en mm, empleando un calibre, con precisión de 0,1 mm. El largo y ancho comprendieron las medidas del diámetro horizontal o ecuatorial, distantes 90° entre sí; el largo fue medido de un extremo a otro.

c) Peso: se determinó utilizando una balanza eléctrica, con capacidad para 1000 gr. y una precisión de 0,01 gr. por lectura directa.

d) Determinación del color del fruto de pepino: Se limpió el fruto con toallas

húmedas para eliminar la materia orgánica y/o tierra que contuviese. Luego se realizaron mediciones en tres partes distintas, obteniendo lecturas del área cromática RGB: rojo, verde, azul.

Los datos obtenidos del color fueron transformados a un solo valor, utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E_{\text{RGB}} = \sqrt{(\Delta R)^2 + (\Delta G)^2 + (\Delta B)^2}$$

Donde  $\Delta R$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta B$  significan la diferencia entre el valor de los componentes de color entre el día de cosecha y el día de conservación.

#### e) Sólidos solubles del fruto

Para determinar los sólidos solubles, se colocaron dos o tres gotas del jugo del fruto en el lente del refractómetro digital ATAGO PAL-1 BRX, con una escala entre de 0-53 ° brix y resolución de 0.1%. Luego se determinó la lectura en forma directa (Figura 1).



**Figura 1.** Evaluación de los sólidos solubles del fruto de pepino. FCPD. UG. 2013.

#### f) Medición del pH en el fruto de pepino

Se extrajo previamente el jugo con un extractor. Posteriormente se determinó su pH, utilizando el potenciómetro digital, previamente calibrado.

#### g) Acidez titulable del fruto

Fue determinada en porcentaje de ácido cítrico, siguiendo el procedimiento descrito por la AOAC (2007) 932.12 (37.1.15). Se utilizó una mezcla de 40 mL de agua destilada y 10 mL de jugo del fruto, titulándolo con hidróxido de sodio 0,1N. Se empleó fenolftaleína como indicador y se estableció el punto final de valoración. Luego se empleó la siguiente ecuación:

Ac titulable:  $V_n \text{ (ml)} * N \text{ (NaOH)} * 0,064 / \text{peso de jugo} * 100$

Donde  $V_n$ : volumen del NaOH gastado para la titulación;  $N(\text{NaOH})$ : normalidad del hidróxido de sodio; Peso de jugo: peso de jugo de pepino; 0,064: peso equivalente expresado en mg de ácido cítrico.

h) Firmeza de los frutos de pepino

Se realizó con el penetrómetro, previamente se sacó la epidermis del fruto.

i) Medición de la cantidad de  $\text{CO}_2$  en el ambiente

Se determinó de manera directa el contenido de anhídrido carbónico presente en la atmósfera en la nave de pos cosecha donde fueron colocados los frutos de pepino, almacenados en cajas de madera, sacos plásticos y gavetas, empleando un determinador de  $\text{CO}_2$ , marca Vaisala previamente calibrado. Este cuenta con una sonda, con rango de medición de  $\text{CO}_2$  de 0 a 5000 ppm.

J) Tasa respiratoria de los frutos de pepino

Se determinó utilizando un equipo denominado Check Point PBI DANSENSOR. Se colocaron cuatro frutos de pepino dentro de un recipiente y el sensor del Check Point PBI DANSENSOR. Se cerró herméticamente el recipiente y luego se esperó quince (15) minutos para hacer la lectura de la tasa de respiración del fruto expresado en % de  $\text{O}_2$  y %  $\text{CO}_2$ . Para esta determinación se realizaron tres muestreos de los diferentes tipos de almacenamiento.

### **Evaluación de tres tipos de almacenamiento**

Se evaluaron tres tipos de almacenamiento para conservar el fruto de pepino en gavetas plásticas, sacos de polietileno y cajas de madera.

Se utilizaron tres bloques, ubicados completamente al azar, con tres tratamientos: almacenamiento en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno; con cuatro repeticiones. Se dispuso de diez (10) frutos por repetición, dando un total de cuarenta (40) frutos por tratamiento.

### **Identificación de los daños causados por los microorganismos en poscosecha que afecta la calidad y durabilidad del fruto de pepino**

a) Evaluación de daños causados por microorganismos en los frutos de pepino en pos cosecha

Para evaluar la incidencia de la enfermedad, se partió de una muestra de treinta (30) frutos de pepino, almacenados en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos



polietileno. Luego, al realizar el monitoreo a cada uno de los frutos, se contabilizaron los frutos con presencia de micelio o signo de la enfermedad. Finalmente se proyectaron los resultados en porcentaje.

Por otra parte, la severidad de la enfermedad fue determinada en base a una escala arbitraria del 1 a 4, basada en las lesiones presentadas en los frutos de pepino recolectados, evaluados a partir de los ocho días de almacenamiento.

**Tabla 1. Escala arbitraria para cuantificar la severidad de la enfermedad**

Escala	Descripción	% frutos afectados
1	Fruto sano	0
2	Fruto con una lesión y crecimiento de microorganismos	+/-15
3	Fruto con más de una lesión, crecimiento y pudrición	+/-35
4	Frutos con varias lesiones y en descomposición	+50

b) Aislamiento e identificación de microorganismos que afectan la calidad de los frutos de pepino

Diagnóstico *in vivo*: se realizó a través de una impronta, para un diagnóstico rápido, y cámara húmeda. Luego se empleó una clave taxonómica (Barnett y Hunter, 1998) para la identificación de los patógenos.

Diagnóstico *in vitro*: consistió en realizar una dilución seriada de la parte afectada, utilizando un gramo del fruto afectado macerado en 100 mL de agua destilada estéril. Posteriormente, se realizó la siembra en un medio de cultivo PDA sintético bajo condiciones asépticas. Luego de cinco a ocho días se prepararon las placas y se hizo la identificación de patógenos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Longitud, diámetro y peso del fruto de pepino

Los resultados de las variables longitud, diámetro y peso del fruto de pepino se presentan en el Cuadro 1. Al realizar el análisis de varianza se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos. El T1 -invernadero de alta tecnología-, obtuvo los mayores promedios para estas variables, 25,24 cm de longitud y 56,95 mm de diámetro, mientras que el T3 -invernadero de baja tecnología-, obtuvo los menores valores de 20,79 cm longitud y 51,06 mm de diámetro.

Con respecto al peso del fruto de pepino, el T1 -invernadero de alta tecnología-, alcanzó un mayor promedio de 540,17 gr, mientras el T4 -cultivo al aire libre-, presentó el menor promedio con 421,67gr. Los resultados obtenidos en esta investigación, concuerdan con lo obtenido por Fumiaf (2005), quien expresa que bajo condiciones de invernadero, la producción de pepino es de 2 a 9 veces mayor que en campo abierto, dependiendo del nivel tecnológico, el manejo y las condiciones climatológicas, constituyendo una alternativa a la diversificación de cultivos en invernadero.

**Cuadro 1. Comparación de medias de los tratamientos para las características de longitud (cm), diámetro (mm) y peso del fruto (gr) de pepinos**

Tratamientos	Longitud (cm)	Diámetro (mm)	Peso (gr)
	Media		
T <sub>1</sub> Invernadero de alta tecnología	25,24 a*	56,95 a	540,17 a
T <sub>2</sub> Invernadero de media tecnología	23,60 ab	52,46 ab	493,67 ab
T <sub>3</sub> Invernadero de baja tecnología	20,79 bc	51,06 b	465,00 bc
T <sub>4</sub> Cultivo al aire libre	22,04 c	52,46 b	421,67 c
C.V. (%)	2,29	2,63	4,36

\*Las medias con las mismas letras no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad

#### **b) Color del fruto de pepino a los 0, 6 y 12 días después de la cosecha**

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del color del fruto de pepino a los 0, 6 y 12 días después de la cosecha. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos.

El tratamiento 4 -cultivo al aire libre-, presentó los menores valores -de 0.17; 0,19 y 0,20 RGB, respectivamente. Este es un indicador de la existencia de una mejor pigmentación en la piel del fruto de pepino, lo cual le brinda una mejor apariencia, un indicador de calidad que, por ende, prolonga la vida útil del producto en poscosecha. Los resultados coinciden con lo expresado por Díaz *et al* (2009), quienes manifiestan que el color es consecuencia de la presencia de diversos pigmentos y confiere a este grupo de alimentos características especiales que, mediante la visión, transmiten al comprador señales positivas diversas. Además, el color es un buen indicador del estado de madurez y/o frescura del producto.

En algunos casos el consumidor valora, asocia el color con calidad, aunque dicho color no añada, en concreto, ninguna condición. En algunos rubros el color es un indicativo de calidad que se valora en la piel y en la pulpa.

**Cuadro 2. Comparación de medias de tratamientos para la característica color del fruto de pepino**

Tratamientos	Medias de color en RGB		
	Tomas de datos		
	0 días	6 días	12 días
T <sub>1</sub> Invernadero de alta tecnología	0,19 a*	0,28 a	0,31 a
T <sub>2</sub> Invernadero de media tecnología	0,16 b	0,23 ab	0,29 a
T <sub>3</sub> Invernadero de baja tecnología	0,17 b	0,20 ac	0,23 b
T <sub>4</sub> Cultivo al aire libre	0,17 b	0,19 c	0,20 b
C.V. (%)	4,36	7,80	7,67

\*Las medias con las mismas letras no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad

#### c) Sólidos solubles del fruto de pepino a los 0, 6 y 12 días después de la cosecha

De acuerdo a la evaluación realizada a los 0, 6 y 12 días después de la cosecha se detectó una diferencia significativa entre los tratamientos.(Cuadro 3) El T2 -invernadero de media tecnología-, presentó los mayores promedios, de 2,54; 2,88 y 3,02, seguido de los tratamientos 3 y 4, con valores promedios de 2,57 y 2,59 respectivamente. Los resultados obtenidos en esta variable están de acuerdo con lo encontrado por Muy Rangel *et al* (2004), quienes manifiestan que los pepinos no se caracterizan por mostrar valores altos de °Brix, considerando que los pepinos no son climatéricos y los cambios observados en los solutos posiblemente estén asociados con la pérdida de humedad de los tejidos.

#### d) Determinación del pH del fruto de pepino a los 0,6 y 12 días después de la cosecha

En cuanto al pH del fruto de pepino 0, 6 y 12 días después de la cosecha, el tratamiento 4 (cultivo al aire libre) obtuvo los mayores promedios de 5,48, 5,40 y 5,73, seguido del T2 (invernadero de media tecnología) con valores promedios de 5,43, 5,19 y 5,40, es decir que tiene un pH ácido, estudiando esta variable se evidenció que el cultivo al aire libre tiene los valores más altos de pH (Cuadro 3).

**e) Acidez titulable del fruto de pepino a los 0, 6 y 12 días después de la cosecha**

En esta variable se observó que todos los tratamientos mostraron valores similares. Los mayores promedios se obtuvieron con el T2 -invernadero de media tecnología-, con valores de 0,02, 0,04 y 0,05, mientras que los tratamientos 1 y 4, presentaron valores iguales de 0,03, 0,03 y 0,04 (Cuadro 3).

En cuanto a la firmeza de los frutos de pepino, el tratamiento que obtuvo valores más altos fue el T 1 -invernadero de alta tecnología-, con 9,19 kg fuerza, seguido de los tratamientos 2 y 4 -invernadero de media tecnología y cultivo al aire libre- con promedios de 9,17 y 9,00 kg fuerza respectivamente. Los resultados permiten observar la firmeza del fruto cosechado en los invernaderos y al aire libre; no se debe olvidar que la firmeza es uno de los factores que se ve comprometido mayormente por el manejo poscosecha. Además, está muy vinculado a la vida de estantería del producto. Se coincide con Díaz *et al* (2009), quienes señalan que la firmeza y conservación del fruto del pepino debe ser adecuada para resistir el transporte y mantenerse el tiempo suficiente en el mercado en óptimas condiciones.

**Cuadro 3. Comparación de medias de tratamientos de las características sólidos solubles, pH y acidez titulable del fruto pepino**

Tratamiento	Toma de datos								
	0 días			6 días			12 días		
	Sólidos solubles	pH	Acidez titulable	Sólidos solubles	pH	Acidez titulable	Sólidos solubles	pH	Acidez titulable
T <sub>1</sub> Invernadero de alta tecnología	2,14 b*	5,09 c	0,03 a	2,20 a	5,29 a	0,04 a	2,17 b	4,93 c	0,04 a
T <sub>2</sub> Invernadero de media tecnología	2,54 a	5,43 a	0,02 A	2,88 a	5,19 a	0,05 a	3,02 a	5,40 b	0,05 a
T <sub>3</sub> Invernadero de baja tecnología	2,46 ab	5,34 b	0,02 A	2,63 a	5,37 a	0,03 a	2,57 ab	5,39 b	0,03 a
T <sub>4</sub> Cultivo al aire libre	2,48 a	5,48 a	0,03 A	2,71 b	5,40 a	0,04 a	2,59 ab	5,73 a	0,04 a
C.V. (%)	5,39	2,14	20,69	5,37	2,28	18,23	11,26	1,02	26,61

\*Las medias con las mismas letras no difieren estadísticamente, según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad

#### f) Daños ocasionados en el fruto de pepino

Con respecto al porcentaje de estropeo del fruto de pepino, los tratamientos 2 y 3 -invernadero alta y baja tecnología-, presentaron los menores valores de 3,33%, mientras, el T4 -cultivo al aire libre-, presentó el mayor valor con 10% de estropeo (Cuadro 4). Es por esta razón que la cosecha debe realizarse cortando el fruto, en lugar de arrancarlo. Los resultados obtenidos en esta variable, concuerdan con López *et al* (2010), quienes afirman que las magulladuras y los daños por compresión son muy comunes cuando no se da atención a las prácticas adecuadas de cosecha y manejo.

En lo referente al porcentaje de frutos con daños por insectos que afectan la calidad, el T4 -cultivo al aire libre-, presentó un mayor porcentaje de 16,67. El T1 -invernadero de alta tecnología-, mostró el menor valor de 3,33% (Cuadro 4).

Con respecto a los daños ocasionados en los frutos de pepino por fisiopatías, los tratamientos que presentaron los mayores porcentajes fueron T3 y T4 -invernadero de baja tecnología y cultivo al aire libre-; con valores de 6,67 y 13,33% respectivamente (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Porcentaje de daños ocasionados en los frutos de pepino**

Denominación	Porcentaje de daños		
	Estropeo	Insectos	Fisiopatía
T <sub>1</sub> Invernadero de alta tecnología	3,33	3,33	3,37
T <sub>2</sub> Invernadero de media tecnología	6,67	6,67	3,37
T <sub>3</sub> Invernadero de baja tecnología	3,30	6,67	6,67
T <sub>4</sub> Cultivo al aire libre	10,00	16,67	13,33

#### Evaluación de tres tipos de almacenamiento del fruto de pepino: en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno

##### a) Color del fruto de pepino a los 0, 6 y 12 días después de la cosecha

Los promedios del color del fruto de pepino almacenados presentaron valores estadísticamente iguales, en relación al almacenamiento del fruto de pepino en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno. Los promedios varían de 0,17 a 0,26 de RGB. Es necesario indicar que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento de los frutos, los valores del color comienzan a aumentar (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Comparación de medias de tratamientos de la característica color del fruto de pepino**

Tratamientos	Toma de datos en días		
	0 días	6 días	12 días
T <sub>1</sub> Almacenamiento de frutos de pepino en gaveta plásticas	0,17 a*	0,24 a	0,26 a
T <sub>2</sub> Almacenamiento de frutos de pepino en cajas de madera	0,18 a	0,21 a	0,25 a
T <sub>3</sub> Almacenamiento de frutos de pepino en sacos de polietileno	0,17 a	0,25 a	0,26 a
C.V. (%)	8,92	16,66	24,13

\*N.S: No significativo

#### b) Determinación de la tasa respiratoria de los frutos de pepino en almacenamiento en gavetas plásticas, caja de madera y sacos de polietileno

Las cantidades de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> presentes en los frutos en almacenamiento en gavetas plásticas y cajas de madera, resultaron idénticos, de 1,40 y 20,90 %. En saco de polietileno presentaron valores de 1,50 y 20,80 % de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Es decir, aumenta una décima el O<sub>2</sub> y disminuye una décima en el CO<sub>2</sub>. Este cambio puede deberse al hecho de que los frutos de pepino se hallaban cubiertos. Ello revela que el oxígeno retenido dentro de los sacos, influye en la producción de etileno y acelera la proliferación de microorganismos. Lo anterior concuerda con Rodríguez, Rivera y González (2005), quienes manifiestan que las reacciones fisiológicas, como respiración y síntesis de etileno, son dependientes del oxígeno así como que los frutos son atacados por patógenos que perjudican la calidad y vida útil de los productos.

#### Incidencia de patógenos en los frutos de pepino durante el almacenamiento en gavetas plásticas, caja de madera y sacos de polietileno.

1. En base al diagnóstico *in vitro* e *in vivo* realizado a los frutos de pepino bajo los tres tipos de almacenamiento, pudo comprobarse que el patógeno causante del deterioro del fruto era *Fusarium* spp, causante pérdidas en la poscosecha. Los resultados coinciden con lo expuesto por Casaca (2005), quien señala que las enfermedades ocasionadas por bacterias y hongos fitopatógenos causan pérdidas de poscosecha durante el transporte, el almacenamiento y las ventas al detalle.

Los resultados de la evaluación de frutos de pepino con presencia de miceliose presentan en el cuadro 6. Aquellos frutos almacenados en sacos de polietileno

registraron valores más altos de incidencia de *Fusarium* spp, con un 16,67 %, y una severidad del patógeno de 35 %. Mientras tanto, los frutos almacenados en gavetas plásticas presentaron un menor porcentaje de 3,33 y una severidad del 15,00 % (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Evaluación de la incidencia y severidad de *Fusarium* spp en los frutos de pepino durante el almacenamiento**

Denominación	% Incidencia	% Severidad
Almacenamiento de frutos de pepino en gavetas plásticas	3,33	15,00
Almacenamiento de frutos de pepino en cajas de madera	6,67	15,00
Almacenamiento de frutos de pepino en sacos de polietileno	16,67	35,00

Los días que perdura el fruto de pepino en almacenamiento en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno, se concretan a 12 -14 días, con una temperatura de 26°C, humedad relativa de 81%. La cantidad de CO<sub>2</sub> presente en la sala de poscosecha fue de 399,35 ppm, dato coincidente con lo mencionado por Diaz *et al*(2009), quienes manifiestan que generalmente, el pepino se almacena por menos de 14 días, luego pierde calidad visual. Después de dos semanas se pueden incrementar las pudriciones, el amarillamiento y deshidratación, especialmente después que los frutos se transfieren a las condiciones normales de venta.

## CONCLUSIONES

Luego del análisis e interpretación de los resultados experimentales se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los mayores promedios de longitud, diámetro, peso y firmeza del fruto de pepino se obtuvieron en el tratamiento 1 -invernadero de alta tecnología-, con 25,24 cm de longitud, 56,95 mm de diámetro, 540,17 gramos y 9,19 kg fuerza.
- Los mayores promedios de sólidos solubles del fruto de pepino se alcanzaron en el tratamiento 2 -invernadero de media tecnología-, con valores de 2,54; 2,88 y 3,02.
- Los tratamientos 4 y 3 (cultivo al aire libre e invernadero de media tecnología) lograron los mayores promedios de pH de 5,48, 5,40 y 5,73 y 5,43, 5,19 y 5,40 respectivamente.

- Los mayores promedios de la acidez titulable del fruto de pepino se observaron con el tratamiento 2 -invernadero de media tecnología-, con valores de 0,02, 0,04 y 0,05.
- Los tratamientos 1 y 3 -invernadero alta y baja tecnología-, presentaron 3,33% de estropeo, mientras el tratamiento 4 -cultivo al aire libre, presentó el mayor valor de 10 %.
- El mayor porcentaje de frutos con daños por insectos se obtuvo en el tratamiento 4 -cultivo al aire libre-, con 16,67% mientras que los tratamientos 3 y 4 -invernadero de baja tecnología y cultivo al aire libre- presentaron los mayores porcentajes de daños por fisiopatías, con valores de 6,67 y 13,33% respectivamente.
- Los promedios del color del fruto de pepino almacenados en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno presentaron valores estadísticamente iguales, desde 0,17 a 0,26 de RGB.
- El hongo que afectó a los frutos de pepino en los tres tipos de almacenamiento fue *Fusarium* spp.
- Los frutos almacenados en sacos de polietileno presentaron los valores más altos de incidencia de micelio de este hongo, con un 16,67 %, y una severidad del patógeno del 35%, mientras que los frutos almacenados en gavetas plásticas presentaron un menor porcentaje de incidencia de micelio del 3,33 %y una severidad del patógeno del 15,00%.
- El fruto de pepino perdura de 12 a 14 días en almacenamiento en gavetas plásticas, cajas de madera y sacos de polietileno con una temperatura de 26 °C y una humedad relativa de 81 %.

## RECOMENDACIONES

- Dadas las mejores condiciones climáticas en el trópico cálido, ofrecidas por los invernaderos y el elevamiento de la producción factible, se sugiere cultivar el pepino en condiciones protegidas.
- Se debe cosechar el fruto de pepino cuando presente un color verde oscuro, es decir entre rangos de RGB de 0,16 a 0,20.
- No se deben utilizar sistemas tradicionales de almacenamiento como sacos de yute o plástico, por el daño que ocasionan al fruto de pepino. Las heridas



resultantes de tal almacenamiento propician el fácil ingreso de los patógenos.

- Es preferible usar gavetas plásticas para el almacenamiento pues ello evita el estropeo en el fruto de pepino.
- Deben tomarse medidas de protección contra el hongo *Fusarium* spp., presente con más frecuencia en el almacenamiento en los climas cálidos tropicales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, C y J. Toledo. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. En: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Consultado el 28 de Enero de 2011. Disponible en <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm#toc.1>
- AOAC, 2007. Official Methods of Analysis of AOAC International, 18 edition, Maryland, USA.
- Barnett H.L., Hunter BB. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company, Fourth Edition, Minnesota, 218 pp.
- Casaca D. 2005. El cultivo de pepino. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Banco Interamericano de Desarrollo. Abril, 2005. P 17.
- Díaz, B; Gargiulo, M; Gemelli, F. Pacheco, P. Salle, D. 2009. Manual de Procedimientos y Referencias Técnicas por producto para la tipificación de la calidad de las frutas y hortalizas frescas. La formación de los precios en frutas y hortalizas frescas. Montevideo. Consultado el 29 de octubre del 2013. Disponible en <http://www4.mercadomodelo.net/manual.pdf>
- FAO, 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. (Papaya, piña, plátano, cítricos). Proyecto TCP/PER/6713 (a) "Técnicas mejoradas de postcosecha, procesamiento y comercialización de frutas". Roma.
- FUMIAF, 2005. Cultivo de pepino europeo en invernaderos de alta tecnología en México. Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal, A.C. Sagarpa, México. p. 37.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico. Ecuador, 2011. p. 95.
- López E., Jesús, Huez L. Marco, Pacheco A, Francisco. Jiménez L., José, Preciado F., Francisco. México. 2010. Productividad y calidad de dos cultivares de pepino en respuesta a la densidad de plantación. XIII (1). Consultado en 2013, Octubre 26. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/610/61027206.pdf>.
- Muy Rangel D., Dolores, Siler, C. Jorge, Díaz P. Juan, Valdez T. Benigno. Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. México. 2004. 27 (2) 157

- 165. Consultado en 2013, Octubre 26. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/610/61027206.pdf>
- Rodríguez, A., M. Rivera y G. González. 2005. Uso de atmósferas modificadas y controladas. En: González, G., A. Gardea y M. Cuamea. (ed.). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Primera edición. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). México. 343 p.
- Shibairo, S., Upadhyaya, M., Toivonen, P. 1997. Postharvest moisture loss characteristics of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars during short-term storage. *Scientia Hort.* 71:1-12.
- Suslow T, M Cantwell (1997). Cucumber. Produce facts. Perishables. Handling No. 90. University of California, Davis. USA. p. 21-22.
- Thompson, K. 1998. Tecnología postcosecha de frutas y hortalizas. Primera edición. Editorial Kinesis. Convenio SENA-Reino Unido. Armenia. p. 133-138.