



## **Secretaría de Educación Pública**

### **TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Veracruz

**EVALUACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS POSTCOSECHA PARA ALARGAR  
LA VIDA DE ANAQUEL DE LOS CORMOS DE MALANGA (*Colocasia  
esculenta*)**

**TESIS**

Que para obtener el Grado de:  
Maestro en Ciencias en Ingeniería Bioquímica

Presenta:

Jesús Jhovanny Martínez Torres

Asesores:

M.C. Javier de la Cruz Medina

Dra. Elizabeth León García

Dr. Hugo Sergio García Galindo

## DEDICATORIA

Esto es por ustedes mamás, su apoyo, su confianza y sobre todo su amor me han llevado a ser el hombre de bien que hoy soy, porque sin protestar, sin escatimar y sin pedir nada a cambio no descansaron hasta verme culminar una etapa más de mi vida, de la cual sé que se encuentran muy orgullosas, las amo con todo mi corazón, muchas gracias por todo.

Abuelo, este logro también es por ti, tu ejemplo de fortaleza y serenidad en los tiempos difíciles me inspiraron a mantener siempre la cabeza en alto, a no conformarme con poco y a luchar siempre de manera correcta por todo lo que me proponga.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Instituto Tecnológico de Veracruz y a la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA), por permitirme ser parte de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, por el apoyo otorgado para poder obtener este grado.

Al M.C. Javier de la Cruz Medina, por su apoyo, orientación y aliento para que este proyecto pudiera culminarse.

A mi patrón el Dr. Hugo Sergio García Galindo, por aceptarme en el laboratorio de postcosecha, desde mi inicio en este equipo me hizo sentir como en casa, una y mil gracias por todas las muestras de apoyo y aprecio recibidas.

A mi Jefa, la Dra. Elizabeth León García, por toda la orientación, paciencia, comprensión y las muestras de aprecio recibidas, pero sobre todo gracias por la confianza recibida durante mi estancia en el laboratorio.

A mi comité revisor, la Dra. Guadalupe C. Rodríguez Jimenes y al Dr. Zorba Josué Hernández Estrada, por las observaciones y recomendaciones para que este proyecto culminara de manera correcta.

A mis amigas del laboratorio Dalia, Alaina, Reyna, Wendy, Mara, Luz, Bety, Lady, Sara y al discípulo Irvin.

A Olga, por su invaluable apoyo y motivación continúa durante el desarrollo y culminación de este proyecto, muchísimas gracias por la amistad que se formó y reforzó durante estos dos años.

A Mayra y Moisés, por el apoyo recibido durante su servicio social.

A mis amigos, Samuel del Ángel Juárez y Edgar Cortes, por su compañía y aprecio, siempre podrán contar conmigo.

Y a todos aquellos que fueron parte directa o indirectamente para poder concluir esta etapa de mi vida.

## RESUMEN

Martínez Torres, Jesús Jhovanny, Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz. Junio 2019. **EVALUACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS POSTCOSECHA PARA ALARGAR LA VIDA DE ANAQUEL DE LOS CORMOS DE MALANGA (*Colocasia esculenta*)**. Directores; M.C. Javier de la Cruz Medina, Dra. Elizabeth León García.

La malanga (*Colocasia esculenta*) es una planta tropical que se usa principalmente como alimento por su cormo comestible. El principal problema que sufre son las pérdidas postcosecha debido a alteraciones fisiológicas, físicas y patológicas, que varían de acuerdo al área de producción, manipulación, distribución y el tiempo transcurrido entre cosecha y consumo. La pudrición del cormo es una enfermedad causada por hongos fitopatógenos que conlleva a cambios en la fisiología de la malanga propiciando cambios fisiológicos como pérdida de peso, sólidos solubles y, principalmente, cambios en la textura. Una alternativa para mejorar la seguridad, la calidad y la vida postcosecha es aplicar tratamientos seguros, no tóxicos, no residuales y eficaces como agentes antimicrobianos, al tiempo que conserven el valor comercial del alimento. El ozono es un gas con una poderosa acción oxidante, que en diversas investigaciones ha demostrado tener poder antimicrobiano para frenar el deterioro de frutas y hortalizas. Por otro lado, los recubrimientos comestibles al controlar la transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de ozono y recubrimientos comestibles sobre la vida de anaquel de los cormos de malanga. Los factores evaluados fueron: recubrimiento comestible (cera carnauba y cera semperfresh®); temperatura de almacenamiento ( $30\pm 2$  °C y  $13\pm$  °C) y aplicación de ozono (con y sin). Las variables de respuesta analizadas fueron: la pérdida de peso, evolución del color, cambio en firmeza y respiración (producción de CO<sub>2</sub>) por cromatografía de gases. La producción de CO<sub>2</sub> fue significativamente menor en los cormos recubiertos con cera de carnauba en comparación con los otros tratamientos. A temperatura de  $30\pm 2$  °C el recubrimiento de carnauba obtuvo mejores resultados para pérdida de peso, firmeza, luminosidad y tasa de respiración que los cormos tratados con ozono y sus combinaciones. En los frutos tratados con cera de carnauba a temperatura de 13°C se registró una menor producción de CO<sub>2</sub>. Con los tratamientos empleados se logró extender la vida de anaquel de la malanga a 12 días a  $30\pm 2$  °C en comparación de 8 días con el testigo.

## ABSTRACT

Martínez Torres, Jesús Jhovanny, Master of Science in Biochemical Engineering. Food Research and Development Unit. Veracruz June 2019. **EVALUATION OF TWO POST-HARVEST TREATMENTS TO LENGTHEN THE SHELF LIFE OF THE MALANGA CORMOS (*Colocasia esculenta*)**. Advisers: M.C. Javier de la Cruz Medina, Dr. Elizabeth León García.

Malanga (*Colocasia esculenta*) is a tropical plant that is employed mainly as food for its edible corm. A major handling problem is the post-harvest losses caused by physiological, physical and pathological alterations, which vary according to the area of production, handling, distribution and the time elapsed between harvest and consumption. Cormo rot is a disease caused by phytopathogenic fungi that leads to changes in the physiology of taro causing physiological changes such as loss of weight, soluble solids and, mainly, changes in texture. An alternative to improve safety, quality and post-harvest life is to apply safe, non-toxic, non-residual and effective treatments as antimicrobial agents, while preserving the commercial value of the food. For this, ozone is a gas with a powerful oxidizing action, which in various investigations has shown that has the potential to be used as an antimicrobial agent to stop the spoilage of fruits and vegetables. On the other hand, edible coatings to control the transfer of moisture, gases, and volatile compounds, have demonstrated the ability to improve the integrity and quality of food, in addition to extend its shelf life. The objective of this work was to evaluate the effect of the application of ozone and edible coatings on the shelf life of malanga corms. The treatments applied were: control, application of ozone, application of wax and ozone-wax combination. As part of the evaluation, the treated fruits were stored at two temperatures,  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $13 \pm 1^\circ\text{C}$ , monitoring the weight loss, color evolution, change in firmness and respiration rate ( $\text{CO}_2$  production) by gas chromatography. The production of  $\text{CO}_2$  was significantly lower in the corms coated with carnauba wax compared to the other treatments. At a temperature of  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  the carnauba coating obtained better results for weight loss, firmness, luminosity and respiration rate than corms treated with ozone and its combinations. With the treatments used, it was possible to extend the shelf life of the taro to 12 days at  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  compared to 8 days with the control

## Contenido

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	1
2.1 Taxonomía .....	1
2.2 Anatomía y morfología de la malanga. ....	2
2.2.1 Hojas.....	2
2.2.2 Cormos .....	2
2.2.3 Raíces.....	3
2.2.4 Cosecha.....	3
2.2.5 Semillas .....	3
2.2.6 Clima.....	3
2.3 Composición nutrimental .....	4
2.4 Producción .....	5
2.5 Cosecha .....	5
2.6. Respiración .....	6
2.7 Enfermedades de la malanga .....	7
2.8 Técnicas de conservación en postcosecha. ....	8
2.8.1 Refrigeración .....	8
2.9 Atmósferas modificadas y controladas .....	9
2.9.1 Definición .....	9
2.9.2 Ventajas y desventajas del uso de atmósferas modificadas controladas	10
2.10 Otros pretratamientos ante las atmósferas controladas .....	11
2.10.1 Ceras .....	11

2.10.2 Tipos de ceras comerciales .....	11
2.10.3 SemperFresh .....	12
2.10.4 Cera de Carnauba .....	12
3. JUSTIFICACIÓN .....	14
4. HIPÓTESIS .....	15
5 OBJETIVOS .....	16
5.1 Objetivo general .....	16
5.2 Objetivos específicos .....	16
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
6.1 Obtención de frutos.....	17
6.2 Variables de respuesta .....	17
6.2.1 Fisiología postcosecha .....	17
6.3 Aplicación de ozono .....	19
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
7.1 Firmeza .....	20
7.2 Pérdida de peso.....	23
7.3 Color .....	26
7.4 Producción de CO <sub>2</sub> .....	34
8. CONCLUSIONES.....	38
9. BIBLIOGRAFIA .....	39
10. ANEXOS43	

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutrimental de la malanga.....	4
--	---



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Producción mundial de malanga (Faostat, 2014).....	5
<b>Figura 2.</b> Patrón respiratorio de frutos climatéricos y no climatéricos (Lamua, 2000).	7
<b>Figura 3.</b> Cámara de almacenamiento para ozonificar los frutos. ....	19
<b>Figura 4.</b> Firmeza de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	21
<b>Figura 5.</b> Firmeza de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	22
<b>Figura 6.</b> Firmeza de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 30 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	22
<b>Figura 7.</b> Firmeza de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 13°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	23
<b>Figura 8.</b> Pérdida de peso de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes representan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	24
<b>Figura 9.</b> Pérdida de peso de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	25
<b>Figura 10.</b> Pérdida de peso de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). ....	25

<b>Figura 11.</b> Pérdida de peso de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 30 °C Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	26
<b>Figura 12.</b> °HUE de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	27
<b>Figura 13.</b> Valor de °HUE de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ). .....	28
<b>Figura 14.</b> °Hue de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 30 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	28
<b>Figura 15.</b> °Hue de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 13°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	29
<b>Figura 16.</b> Saturación de color de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ) .....	30
<b>Figura 17.</b> Saturación de color de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ). .....	31
<b>Figura 18.</b> Saturación del color de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 30 °C Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	31
<b>Figura 19.</b> Saturación del color de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	32

<b>Figura 20.</b> Luminosidad de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	32
<b>Figura 21.</b> Luminosidad de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	33
<b>Figura 22.</b> Luminosidad de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 30 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	33
<b>Figura 23.</b> Luminosidad de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	34
<b>Figura 24.</b> Valores de producción de CO <sub>2</sub> de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de cera a 30°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	35
<b>Figura 25.</b> Valores de producción de CO <sub>2</sub> de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de cera a 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ).....	36
<b>Figura 26.</b> Valores de producción de CO <sub>2</sub> de los cormos de malanga en los distintos tratamientos a 30°C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ). ....	36
<b>Figura 27.</b> Valores de producción de CO <sub>2</sub> de los cormos de malanga en los distintos tratamientos a 13 °C. Los resultados expresan la media $\pm$ DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p<0.05$ ). ....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

La malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) es uno de los cultivos más importantes en los países sudamericanos. Es una planta perenne tropical que se usa principalmente como vegetal por su cormo comestible. En México su consumo es muy limitado siendo los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas los principales productores. Los cormos de malanga se consumen procesados principalmente fritos en forma de chips y en alimentos donde es sustituido la harina de otra materia prima por harina de malanga. Sin embargo, su producción es limitada, ya que por ser un alimento con porcentajes elevados de humedad se vuelve altamente perecedero. El principal problema que sufre son las pérdidas postcosecha debido a alteraciones fisiológicas, físicas y patológicas, que varían de acuerdo al área de producción, manipulación, distribución y el tiempo transcurrido entre cosecha y consumo. La pudrición del cormo es una enfermedad causada por hongos fitopatógenos que conlleva a cambios en la fisiología de la malanga propiciando cambios fisiológicos como pérdida de peso, sólidos solubles y, principalmente, cambios en la textura. Para mejorar la calidad y alargar la vida postcosecha se han implementado tratamientos postcosecha que no causen toxicidad y daño en el alimento y el consumidor. El ozono es un tratamiento postcosecha fundamentado en la oxidación de componentes de membrana celular eficaz para controlar hongos, bacterias y levaduras (Kim *et al.*, 2003). Por otra parte, los recubrimientos comestibles actúan favorablemente sobre algunas características como la pérdida de peso y la disminución de la tasa respiratoria, además de servir como vehículo para incorporar otros aditivos alimentarios, que mejoren la calidad del alimento que recubren (Jian *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de ozono y recubrimientos comestibles sobre la vida de anaquel de los cormos de malanga. Los factores evaluados fueron: recubrimiento comestible (cera carnauba y cera Semperfresh®); temperatura de almacenamiento ( $30\pm 2$  °C y  $13\pm 1$  °C) y aplicación de ozono (con y sin). Las variables de respuesta analizadas fueron: la pérdida de peso, evolución del color, cambio en firmeza y respiración (producción de CO<sub>2</sub>) por cromatografía de gases

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Taxonomía

La Malanga (*Colocasia esculenta*) es un miembro de la familia de las Aráceas y es un cultivo de tubérculos que se produce por sus cormos subterráneos y se consume principalmente en áreas tropicales del mundo (Masalkar y Keskar, 1998). Es una planta de rápido desarrollo vegetativo, de fácil propagación y aceptable valor nutricional (Ferreira, Ortiz & Pardo, 1990). Los principales aroides comestibles se clasifican en dos familias y cinco géneros: Lasioideae (*Cyrtosperma* y *Amorphophallus*) y *Colocasia* (*Alocasia*, *Colocasia* y *Xanthosoma*).

*Colocasia esculenta* y *Xanthosoma sagittifolium* son los géneros comestibles más importantes. Se cree que *Colocasia* se originó en la región indo-malaya, tal vez en el este de la India y Bangladesh, y se extendió hacia el este en Asia sudoriental, Asia oriental y las islas del Pacífico; hacia el oeste hasta Egipto y el Mediterráneo oriental; y luego hacia el sur, desde donde se extendió al Caribe. *Xanthosoma* es nativo de América del Sur y Central.

Existen dos tipos generales de plantas de cultivo en el *Colocasia* cultivado. En general, se pueden describir de la siguiente manera:

1. Plantas que producen un cormo comestible grande con pocos cormelos, por ejemplo, cuatro u ocho.
2. Plantas que producen un cormo principal pequeño o mediano que a menudo puede no ser comestible debido a la acritud y un gran número de pequeños cormelos comestibles. Algunos cormelos pueden tener cierto grado de latencia.

## **2.2 Anatomía y morfología de la malanga.**

Las plantas del género *Colocasia* son herbáceas, a menudo con hojas grandes y portan uno o más tallos o cormos subterráneos (Plucknett,1970).

### **2.2.1 Hojas**

La porción aérea de una planta de malanga está compuesta por láminas grandes de hojas en pecíolos largos (Onwueme *et al.*,1978). Las láminas tienen entre 25 y 85 cm de largo y 20 a 60 cm de ancho con un ápice acumulado y lóbulos basales redondeados. La superficie de la lámina está marcada por un patrón de venación pinada con tres venas principales que se extienden a lo largo de la lámina y a través de los dos lóbulos basales. Las láminas son de 275 a 300  $\mu$ m de espesor con proporciones aproximadamente iguales de empalizada y mesófilo esponjoso. La capa de empalizada es bicapa y el mesófilo esponjoso forma grandes espacios aéreos rectangulares.

### **2.2.2 Cormos**

La malanga posee tallos agrandados, almidonados y subterráneos que se denominan cormos (Brouk *et al.*, 1975) Se ha encontrado que estos son muy variables con respecto al tamaño, el color. El corno está compuesto, hacia afuera, de anillos concéntricos de cicatrices y escamas de las hojas. Contiene uno o más cormelos secundarios pequeños que surgen de los brotes laterales presentes debajo de cada escala o base de la hoja. La forma varía de alargada a esférica con un diámetro promedio de 15 a 18 cm.

Anatómicamente, el tubérculo se compone de una cubierta externa gruesa y marrón que parece poligonal o alargada en la vista de la superficie. Estas son de paredes delgadas, nucleadas y rectangulares. El interior de estos es un anillo de conductos de mucílago aislados de tamaño variable. Estos producen el mucílago que hace que las superficies cortadas del corno sean resbaladizas. El resto del tejido, que compone el cilindro central, está compuesto por parénquima lleno de almidón. A lo largo de este tejido hay numerosos aislantes individuales que pueden ramificarse extensamente. El

taro contiene cantidades relativamente altas de calcio (Plucknett y de la Peña, 1971) y esto puede deberse a la presencia de numerosos cristales de oxalato de calcio (Black 1918). Los cristales de oxalato de calcio en el taro existen en dos formas: drusas (80-95 por ciento del total) y raphides. Una hipótesis con respecto a la función de los cristales de oxalato de calcio es que son el resultado de la inactivación del exceso de ácido oxálico, los cristales pueden servir para librar a la planta del exceso de iones de calcio (Schimper, 1888).

### **2.2.3 Raíces**

El sistema de raíz del taro es adventicio y fibroso. Generalmente se restringe a los niveles superiores del suelo, aunque proviene de las porciones inferiores del cormo.

### **2.2.4 Cosecha**

La cosecha se realiza a los 10 meses de la siembra para la Malanga blanca y a los 12 meses para la malanga morada. La planta está lista para ser cosechada cuando las hojas inferiores se tornan amarillentas. Aproximadamente, ocho días antes de sacar los cormos del suelo, se procede a eliminar el follaje de la planta. La cosecha se realiza manualmente, jalando con fuerza a la mata, se extrae y se clasifica.

### **2.2.5 Semillas**

Las semillas se colocan a una profundidad de 7 a 10 cm. La distancia de siembra depende del estado de fertilidad del suelo y del laboreo futuro: manual o mecánico. Las distancias de plantación son de 0.90 x 1.10 m.

### **2.2.6 Clima**

El cultivo de la Malanga requiere de clima cálido húmedo, con temperaturas que fluctúan entre 20 y 30° C, con buena luminosidad. No tolera bajas temperaturas. La Malanga es una planta tropical, por lo tanto, se cultiva bien en altitudes bajas y medianas no mayores a los 1,000 msnm. Los cultivos deben estar ubicados bajo los 1,000 msnm., y con una humedad relativa del ambiente del 70 al 80%, el requerimiento de precipitación de lluvias está alrededor de 1,500 a 2,500 mm.

### 2.3 Composición nutrimental

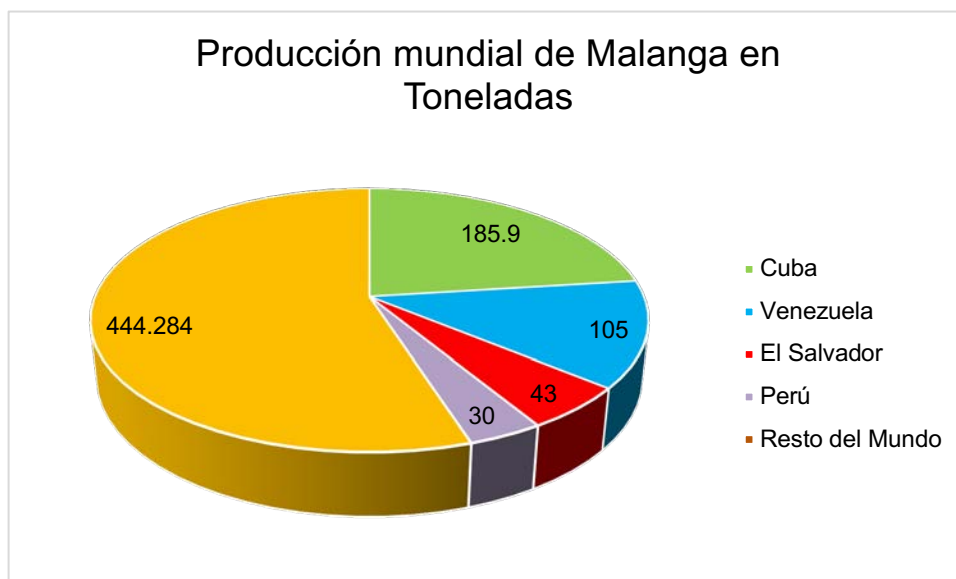
Los niveles de constituyentes químicos en las plantas de taro son variables. Esta variabilidad se debe a la herencia, las condiciones de cultivo y los factores ambientales. En la tabla 1 se ilustra su composición nutrimental.

**Tabla 1.** Composición nutrimental de la malanga

Composición	Cantidad/100g
Contenido energético	132 92 kcal
Agua	65.9 g
Proteína	1.7 g
Grasa	0.3 g
Carbohidratos totales	30.9 g
Fibra cruda	0.6 g
Cenizas	1.2 g
Calcio	14 96 mg
Fósforo	56 mg
Hierro	0.8 mg
Tiamina	0.13 mg
Riboflavina	0.03 mg
Niacina	0.7 mg
Ácido ascórbico	5 7 mg

(FAOSTAT, 2014)





**Figura 1.** Producción mundial de malanga (Faostat, 2014).

## 2.4 Producción

La producción mundial de la malanga se encuentra concentrada en un alto porcentaje en el continente americano (Centro y Sudamérica y el Caribe)

Cuba ostenta el primer lugar, con una producción de 185,900 toneladas para el año 2013, seguido por Venezuela con una producción de 105,000 toneladas.

Según la FAO, México ocupa el primer lugar a nivel mundial con mejores rendimientos en la producción de este cultivo con 46 T/Ha sembrada en el año 2012 y 49.3 T/Ha en el 2013, seguido por cuba con 10.04 T/Ha en 2012 y 11.3 T/Ha en 2013, logrando dichos países un aumento en sus rendimientos de producción, seguidos por Venezuela, Trinidad y Tobago y El Salvador.

## 2.5 Cosecha

Los frutos son órganos vegetales que continúan vivos aun después de que fueron desprendidos por la planta (Villamizar, 2001). La identificación del grado de madurez apropiado para realizar la cosecha del fruto es de gran importancia ya que repercute en la vida postcosecha del mismo, así como en su comercialización (Parra *et al.*, 2008).

Respecto al estado ideal de madurez de este fruto y su cosecha se realiza teniendo en cuenta aspectos como el tiempo de residencia antes de ser cosechado.

El desarrollo del fruto ocurre en tres etapas: crecimiento, desarrollo y maduración, seguidas por el ablandamiento y la senescencia (Alba *et al.*, 2005).

En muchos frutos, el inicio de la maduración después de la recolección oportuna, está acompañado por un aumento en la intensidad respiratoria y en la producción de etileno, alcanzando su máximo valor cuando el fruto está completamente maduro y disminuyendo durante la senescencia; los frutos que presentan este comportamiento se les denomina climatéricos; los frutos no climatéricos no presentan aumento de la respiración (Kays y Paull, 2004).

Los frutos climatéricos deben alcanzar su madurez de consumo en la planta antes de cosecharlos. Estos frutos una vez recolectados no sufren ningún cambio que contribuya a su madurez. Mantienen niveles bajos de respiración. Este tipo de frutos no maduran con la aplicación del etileno, sino por el contrario su deterioro se acelera. Es importante en este tipo de frutas el índice de madurez, ya que por ejemplo en sandía se desarrolla el dulzor una semana antes de su maduración total; por lo cual su cosecha temprana es indeseable.

### **2.6. Respiración**

La respiración es un proceso por el cual los metabolitos (principalmente carbohidratos y ácidos orgánicos) son transformados en formas más simples para proveer las demandas energéticas que requiere la fruta para su actividad funcional. El etileno, conocido como la hormona de la maduración, existe en estado gaseoso, regula aspectos de crecimiento, inicia y controla la maduración. Su precursor es el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) (Adams y Yang, 1979). Los frutos no climatéricos no muestran un pico característico de actividad respiratoria durante la maduración y la mayoría de ellos tienden a disminuir. Los frutos no climatéricos no presentan incremento alguno en la síntesis de etileno durante la maduración (Kader, 2002). En frutos no climatéricos la aplicación de etileno incrementa la tasa de

respiración que es proporcional a la concentración de etileno aplicado. La siguiente figura muestra el comportamiento de la respiración en frutos climatéricos y no climatéricos.

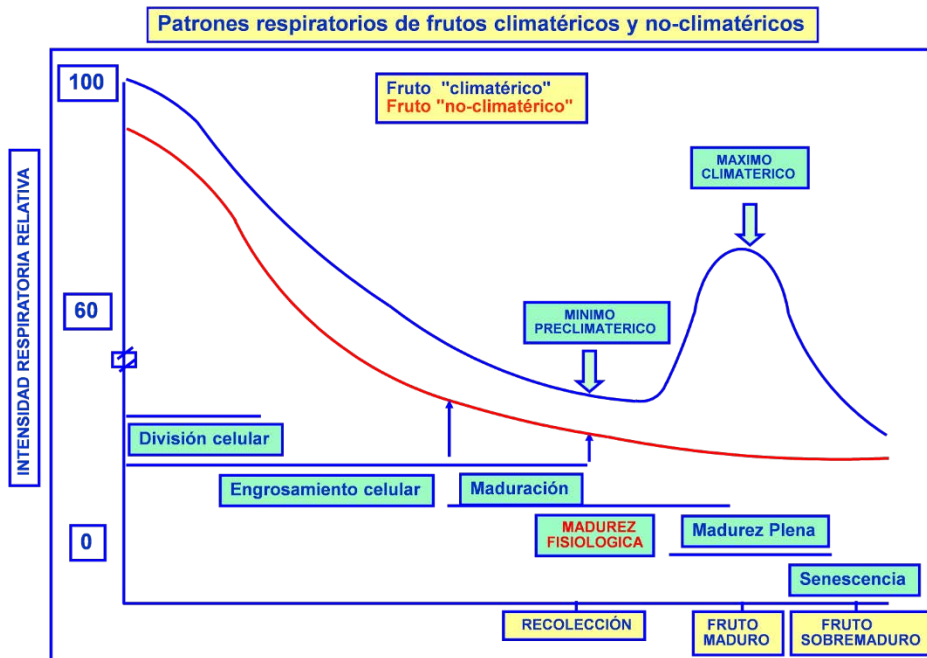


Figura 2. Patrón respiratorio de frutos climatéricos y no climatéricos (Lamua, 2000).

## 2.7 Enfermedades de la malanga

Para que se desarrolle una enfermedad de la planta, un agente patógeno debe contactar a una planta huésped susceptible en un ambiente adecuado. Los agentes causadores de enfermedades se dividen en agentes bióticos y abióticos. Las enfermedades infecciosas son causadas por agentes bióticos. Estos incluyen hongos, bacterias, virus y nematodos. Las enfermedades de la malanga que ocasionan las mayores pérdidas pos cosecha son causadas por *Phytophthora colocasiae* y *Pythium spp.* (Trujillo, 1967).

El medio ambiente también es un factor importante en el desarrollo de la enfermedad. Con un agente patógeno virulento en presencia de un hospedero susceptible, el

ambiente, tanto biótico como abiótico, necesita ser favorable para que se desarrolle la enfermedad. Factores como la humedad, el pH y la temperatura son factores abióticos importantes en el desarrollo de la enfermedad. Los agentes bióticos para desarrollar enfermedades en los cormos son hongos, bacterias, virus y nematodos. Aunque la malanga es susceptible de ser atacado por al menos veintitrés patógenos, solo unos pocos causan problemas serios que reducirán el crecimiento y la producción del cultivo.

La infección conocida como “mal seco” de la malanga, se considera el factor que más ha propiciado la baja producción de cormos frescos en varios países (Rodríguez, 2002). Espinosa (2003) determinó que los agentes causales de las pudriciones secas eran: *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*, que provocan cinco tipos de síntomas en *Xanthosoma* y dos en *Colocasia*. Teniendo como características que la carne normalmente firme del corno se transforma en una masa blanda con olores desagradables, la piel del corno enfermo es blanca, seca y tiende a desmoronarse con un límite irregular indefinido entre el tejido sano y el tejido decaído.

Todo esto conlleva a una pérdida parcial o total de la producción afectando a las cadenas productoras impidiendo su comercialización que se ve reflejado en pérdidas económicas.

### **2.8 Técnicas de conservación en postcosecha.**

El objetivo de la aplicación de las distintas tecnologías postcosecha es para lograr mantener la calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de los frutos hasta que estos llegan al consumidor y al mismo tiempo aumentar su vida útil (Kader 2002).

#### **2.8.1 Refrigeración**

El tratamiento más efectivo para prolongar la vida útil postcosecha de productos agrícolas es el almacenamiento a baja temperatura, por encima de las temperaturas críticas para daño por frío (Parra-Coronado y Hernández-Hernández, 2008).

Las bajas temperaturas inhiben la multiplicación de microorganismos patógenos, causantes del deterioro de los alimentos, no obstante, la alta humedad relativa puede

favorecer la proliferación de hongos y bacterias, es decir que la refrigeración permite una conservación temporal. Durante el almacenamiento se debe considerar diferentes factores como la temperatura del almacén, la humedad relativa, velocidad del aire, composición de la atmósfera, etc. La temperatura debe mantenerse uniforme durante el periodo de conservación, dentro de los límites de tolerancia admitidos y ser la apropiada para cada tipo de producto (López *et al.*, 2018). La refrigeración puede combinarse con recubrimientos comestibles como las emulsiones a base de ceras, los cuales modifican la atmósfera interna de gases, reducen el metabolismo y la transpiración de algunos productos hortícolas (Baldwin *et al.*, 1999; Carrillo *et al.*, 2000).

## **2.9 Atmósferas modificadas y controladas**

### **2.9.1 Definición**

Las atmósferas modificadas (MA) son utilizadas para prolongar el período de vida útil de alimentos frescos o mínimamente procesados. Esta tecnología modifica la concentración de los gases presentes en la atmósfera ambiental o bien remplazándolos con otros gases inertes ( $N_2$ ,  $O_3$ , etc.), de tal manera que aprovecha su incidencia en la maduración de productos, esta modificación de la concentración de gases, disminuye la tasa de respiración y provoca un retardo en el tiempo de descomposición. Atmósferas modificadas ricas en  $CO_2$  y pobres en  $O_2$ , pueden potencialmente reducir la tasa de respiración, la descomposición y los cambios fisiológicos. Dicho proceso permite mantener a los productos con posibilidades de ser consumidos, luego de un periodo de tiempo considerable desde que fue producido (Andrade, 2012).

En tanto a las atmosferas controladas (CA) por  $CO_2$  se somete el producto a un pretratamiento, donde se coloca en contacto con una atmósfera alta en concentración de  $CO_2$  (MA), por algunas semanas antes de almacenarse en la atmósfera controlada

final. Esto permite alargar el tiempo de vida útil del producto, sin embargo, este método es poco utilizado (De la Vega *et al.*, 2017).

### **2.9.2 Ventajas y desventajas del uso de atmósferas modificadas controladas**

- En general, una instalación de atmósfera controlada, requiere de techos, pisos y paredes herméticas recubiertas con materiales que permitan asegurar la condición anterior; así como sistemas de control continuo de concentraciones de gases y de sistemas de control de presión interna, para evitar daños a las instalaciones por una sobre presión o disminución de la misma.
- Se requiere de un sistema de refrigeración para mantener la temperatura a condiciones cercanas a 0°C (dependiendo de la fruta) para incrementar la eficiencia de la tecnología. En el caso de aplicaciones electrónicas, las atmósferas se modifican en función principalmente al nivel de oxígeno, con el uso de tratamientos térmicos en determinados casos, para aumentar la eficiencia de la tecnología. El principal objetivo en este campo es lograr establecer un control que logre disminuir las complicaciones generadas por la presencia de oxígeno, que afectan el buen desenvolvimiento del proceso en estudio.
- Debe mantenerse durante todo el período de almacenamiento del producto, no sólo por la modificación de la atmósfera sino por la hermeticidad del cuarto en donde es almacenado; esta tecnología retarda la maduración del alimento y evita daños por frío que por lo general también es un factor común en la preservación de alimentos. Gracias a sus beneficios y factibilidad a lo largo del tiempo, la tecnología de atmósferas controladas comenzó a utilizarse para el almacenamiento y transporte de grandes cantidades de alimentos.

- Durante el proceso de maduración de la fruta, una de las características más relevantes es la producción de etileno. La proliferación de la concentración de este compuesto en el ambiente donde se encuentre almacenada la fruta, acelera el proceso de maduración de la misma. Por tanto, mediante el control simultáneo de la concentración de O<sub>2</sub> (≈2%) y la concentración de CO<sub>2</sub> (<15%), se puede controlar también la concentración del etileno. Sin embargo, este proceso debe estar constantemente monitoreado, debido a la baja concentración de etileno que debe existir en el ambiente, para evitar la maduración de la fruta. (Andrade, 2012); (De la Vega *et al.*, 2017)

## **2.10 Otros pretratamientos ante las atmósferas controladas**

Otra alternativa al uso de MA como pretratamiento ante el uso de CA es el uso de envolturas y películas plásticas como polietileno (PE), cloruro de polivinilo (PVC), acetato de vinilo (EVA), polietileno (PS), entre otros. La aplicación de recubrimientos, tales como ácidos grasos, esteroides de sacarosa, ceras naturales o sintéticas como las ceras de candelilla, carnauba, o abeja, por mencionar algunas.

### **2.10.1 Ceras**

Los recubrimientos con cera brindan la posibilidad de alargar la vida de anaquel de los productos agrícolas disminuyendo la oxidación del mismo al retardar la etapa de senescencia, aportándole mejor apariencia con menores pérdidas postcosecha.

### **2.10.2 Tipos de ceras comerciales**

Las ceras comerciales como JohnFresh, SemperFresh, Nutri-Save entre otros más se han aplicado ampliamente a algunas frutas y hortalizas. Son ácidos grasos de cadena larga de cera de abeja, parafina y carnauba. Las ceras se usan comúnmente para reducir la pérdida de humedad durante el almacenamiento y extender las frutas y verduras hacen su propio recubrimiento de cera natural para ayudar a retener la

humedad, porque el producto contiene del 80% al 95% de agua. En algunos casos, se aplican ceras para producir y reemplazar las ceras naturales perdidas durante el lavado. Los recubrimientos de cera también pueden ayudar a inhibir el crecimiento de moho, proteger contra los daños mecánicos y mejorar la apariencia.

### **2.10.3 SemperFresh**

Semperfresh es un recubrimiento basado en sucroésteres que se utiliza comúnmente en la industria frutícola para mantener la calidad durante el almacenamiento y prolongar la vida poscosecha. El recubrimiento crea una película de permeabilidad selectiva que inhibe la pérdida de agua al mismo tiempo que permite el intercambio de gases entre el fruto y su ambiente. La atmósfera modificada que se crea por Semperfresh reduce la pérdida de peso y el exceso de respiración (Douglas, 2013).

Los siguientes fueron los beneficios que se observaron en los frutos tratados con Semperfresh en combinación con envasado MA, en relación a los que solo tuvieron envase MA:

- Mayor brillo, que no se perdió con el tiempo
- Un color más uniforme
- Menos deshidratación después de la remoción de MA
- Productos más firmes, particularmente después de sacarlos de MA

### **2.10.4 Cera de Carnauba**

Carnauba, también conocida como cera de palma o cera de Brasil, generalmente se extrae de las hojas de la palma (*Copernicia prunifera*) y se utiliza ampliamente en composiciones comerciales de recubrimientos para reducir la pérdida de peso, prolongar la vida útil y mejorar el brillo de la fruta.

- Mejora el aspecto estético.
- Alto brillo



## ANTECEDENTES

- Aumento de la vida de anaquel
- Reducción pérdidas de peso
- Sirve de vehículo para la aplicación de fungicidas

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Es necesario el uso de tratamientos postcosecha seguros: no tóxicos, sin residuos, y efectivos como agentes antimicrobianos, que conserven al mismo tiempo el valor nutricional del alimento.

Como un agente oxidante, el ozono ha demostrado tener actividad anti-fúngica contra un amplio espectro de hongos empleándose como desinfectante superficial en frutas y hortalizas. Por otro lado, los recubrimientos comestibles al controlar la transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento.

#### **4. HIPÓTESIS**

La aplicación de ozono y de recubrimientos comestibles como tratamientos postcosecha aumentará la vida de anaquel en los cormos de malanga.

## 5 OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de ozono y recubrimientos comestibles sobre la vida de anaquel de los cormos de malanga (*Colocasia esculenta*).

### 5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles sobre la fisiología postcosecha de malanga a  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Evaluar el efecto de aplicación de ozono sobre la fisiología postcosecha de malanga a  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Evaluar el efecto de la combinación de dos tratamientos sobre la fisiología postcosecha de malanga a  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Obtención de frutos**

La malanga fue obtenida por medio de productores de la comunidad de Actopan, Veracruz. Y almacenadas en la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA) ubicado en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Veracruz.

### **6.2 Variables de respuesta**

#### **6.2.1 Fisiología postcosecha**

##### **6.2.1.1 Valor de pH**

Se realizó por medición directa, empleando un potenciómetro Science Med, Modelo 3 BW.

##### **6.2.1.2 Color**

Se determinó el °Hue, Luminosidad (L\*) y Cromo (C\*) en piel utilizando un colorímetro marca HunterLab Modelo 4500L.

##### **6.2.1.3 Pérdida de peso**

El porcentaje de pérdida de peso se determinó por peso directo de cada uno de los frutos en una balanza electrónica marca Sartorius modelo BL 2100. Según el método de la NMX-FF-014-1982.

##### **6.2.1.4 Producción de CO<sub>2</sub>**

Para cuantificar la producción de CO<sub>2</sub> se pusieron a respirar individualmente cormos de taro en frascos de 5 L de capacidad, con tapa hermética acondicionada con un septo de goma, del cual se extraía después de 1 h de permanencia del fruto, 1 mL del espacio libre de cabeza y el gas producido se inyectó a un cromatógrafo de gases Agilent modelo 7820A. Se utilizó una columna Poraplot Q de 15 m de largo con un diámetro de 0.32 mm con un flujo de 7 mL/min. Las condiciones de operación del cromatógrafo fueron: 100 °C en el horno, 150 °C en el inyector y 250 °C en

ambos detectores, FID y TCD. Como gas acarreador se usó nitrógeno de alta pureza y para la ignición de flama, hidrógeno y aire comprimido.

Las áreas bajo la curva obtenidas de las lecturas de los cromatogramas fueron analizadas mediante la siguiente fórmula acondicionada propuesta por Salveit *et al.* (1987).

$$TPE = \left( \frac{V_{gas}}{T} \right) \left( \frac{E_m - E_t}{P} \right)$$

Dónde:

TPE = Tasa de producción de etileno en nL\*kg<sup>-1</sup>\*h<sup>-1</sup>

Vgas = Volumen de la cámara – volumen del fruto (mL)

T = Tiempo de residencia del fruto en la cámara (h)

Em = µg/L de etileno en la muestra

Et = µg/L de etileno en el testigo

P = Peso del fruto en kg

La misma fórmula se acondicionó para la cuantificación de CO<sub>2</sub>

### 6.2.1.5 Firmeza

La pérdida de firmeza se midió con un Texturometro Guss fruit texture analyser con punta cónica de 8mm como lo indica la NMX-FF-061-1993

### 6.3 Aplicación de ozono

Para la aplicación de ozono a los cormos de malanga, se diseñó una cámara de almacenamiento con un volumen de 160 L, un generador de ozono con un flujo de 250 mg/h y la concentración de ozono fue monitoreada por un sensor de ozono marca Forencis con un rango de medición de 0-20 ppm.



**Figura 3.** Cámara de almacenamiento para ozonificar los frutos.

## 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

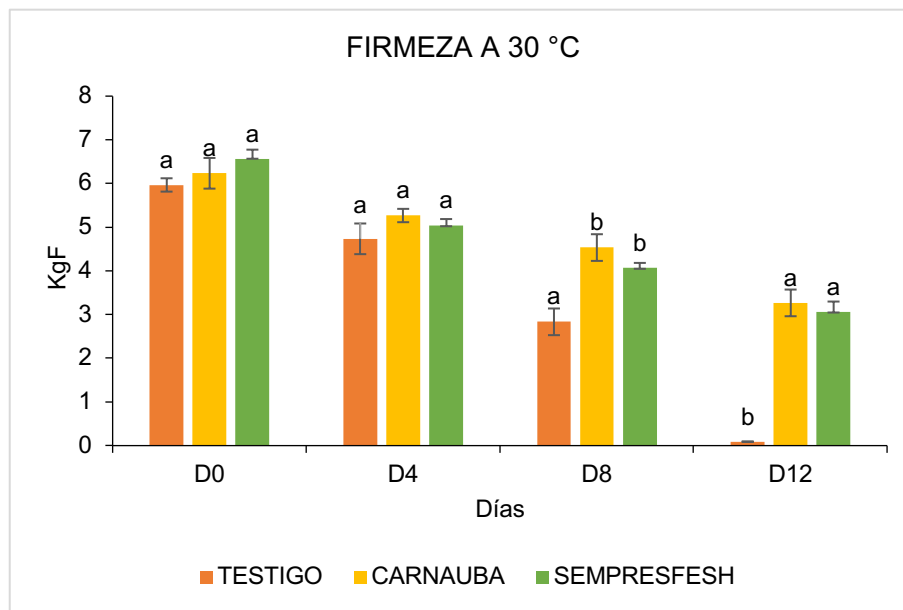
### 7.1 Firmeza

Uno de los principales factores asociado con el deterioro postcosecha de los frutos es la velocidad de ablandamiento, que provoca una vida de anaquel más corta, reduciendo los tiempos de transporte y distribución, y aumenta las pérdidas postcosecha (Bapat *et al.*, 2010). El ablandamiento de los frutos es causado por el efecto acumulativo de una serie de modificaciones bioquímicas que ocurren en las redes de polímeros que constituyen la pared celular primaria. El ablandamiento del fruto es un proceso complejo que involucra tres pasos subsecuentes: 1) relajación de la pared celular mediada por expansinas; 2) despolimerización de hemicelulosas; y 3) despolimerización de poliuronidos por la poligalacturonasa u otras enzimas hidrolíticas (Brummell *et al.*, 1999; Payasi *et al.*, 2009); lo cual contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en calidad de la textura (Brummell y Harpster, 2001).

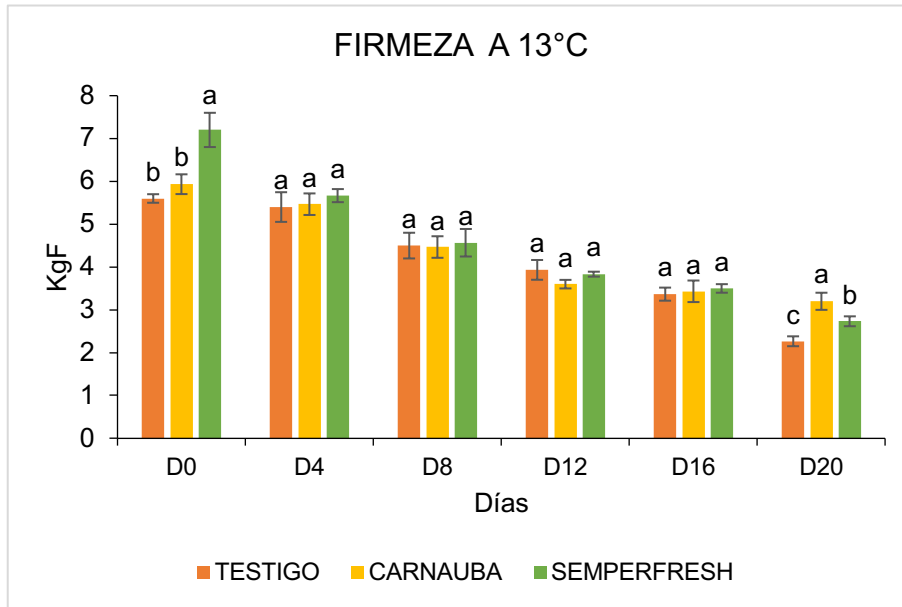
En el análisis previo para la selección de la cera a ocupar, la firmeza de los cormos disminuyó significativamente en ambas temperaturas de almacenamiento, siendo el testigo, como se tenía esperado, el que sufriera mayor ablandamiento. A la temperatura de 13 °C (figura 4), no hubo diferencias significativas en los días de análisis hasta el día veinte donde se observó una firmeza de 3.2 KgF para el tratamiento con cera de carnauba y de 2.3 KgF para el testigo, resultando esta temperatura la mejor para el almacenamiento. A 30°C (figura 3), el testigo perdió la mitad de su firmeza al octavo día de almacenamiento, no encontrando diferencias significativas en el último día de almacenamiento a esta temperatura para las dos ceras. Estos resultados concuerdan con los reportados por López *et al.* (2018), quienes reportaron que el uso de semperfresh retardó la pérdida de firmeza a 16 °C. En la segunda fase del experimento donde se evaluaron la respuesta de los cormos a los tratamientos con ozono, ozono en combinación con cera, cera y en comparación con el testigo. El tratamiento con carnauba a 30°C (figura 5) en comparación con los demás tratamientos al final del experimento mantuvo una



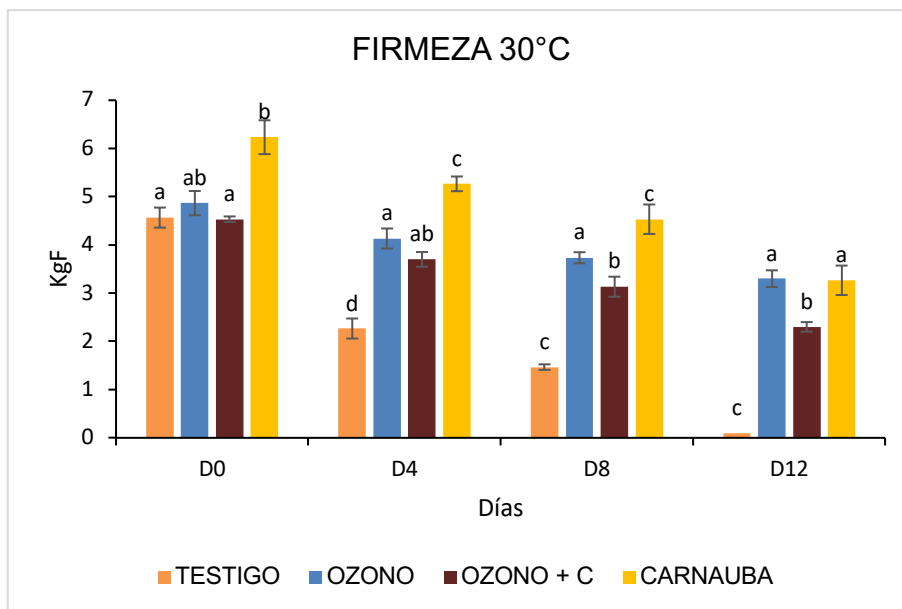
resistencia a la penetrabilidad de 3.27 KgF en comparación de los 2.30 KgF para la combinación de ozono y cera. La combinación de cera más ozono no dio los resultados esperados, se esperaba que mantuviera la firmeza con valores mayores. Su efecto posiblemente se debe a que al combinarse crean un estrés en el fruto provocando una aceleración de reacciones que modifican la estructura de la membrana, mientras que a temperatura de refrigeración (figura 6) al día final del experimento no se encontró diferencia significativa en los tratamientos de ozono más carnauba y la cera de carnauba por si sola. Se observó un incremento de firmeza en los últimos dos puntos de almacenamiento en los tratamientos con ozono y el testigo; este fenómeno es debido a una mala maduración.



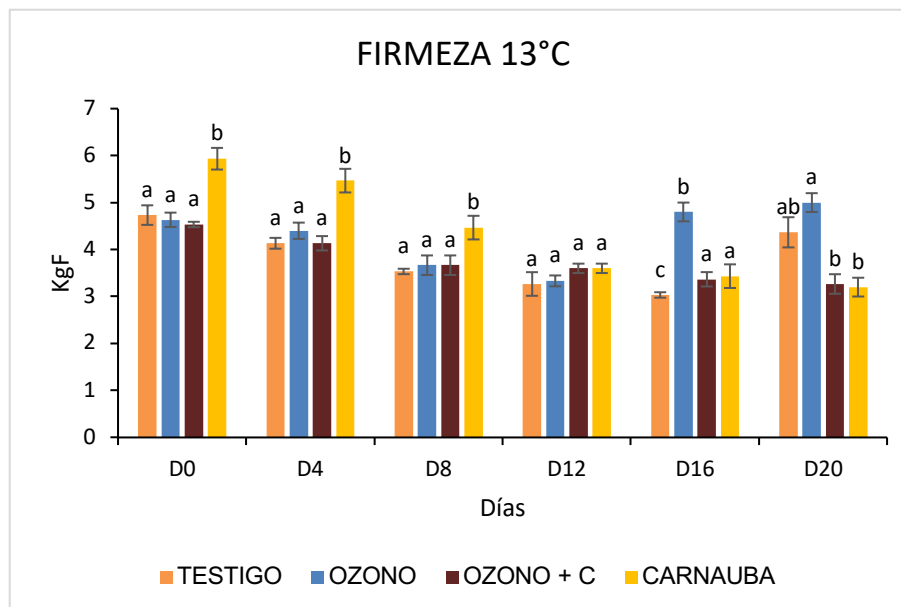
**Figura 4.** Firmeza de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



**Figura 5.** Firmeza de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13°C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



**Figura 6.** Firmeza de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 30 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

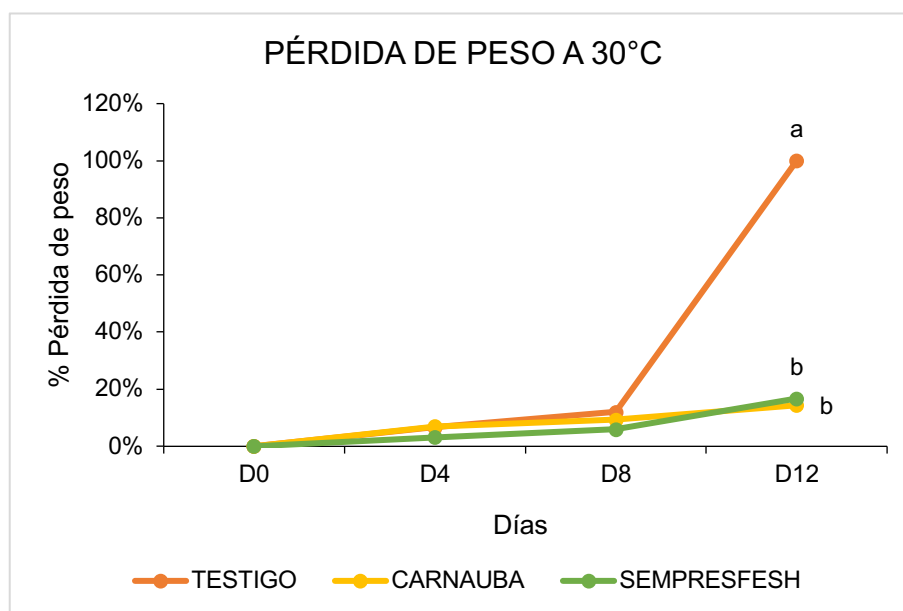


**Figura 7.** Firmeza de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 13°C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

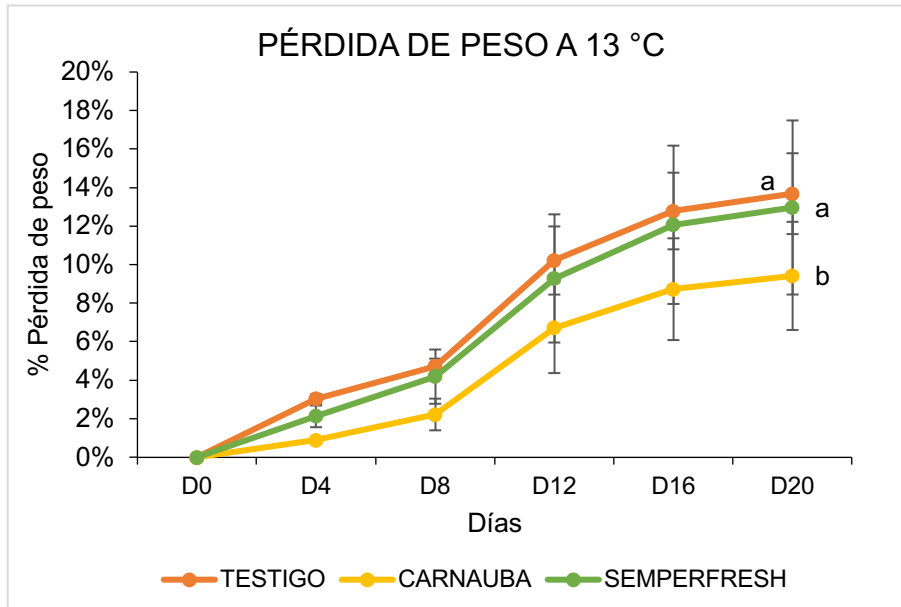
## 7.2 Pérdida de peso

En el análisis previo para la selección de la cera a ocupar, el porcentaje de pérdida de peso aumentó conforme el tiempo debido principalmente a la pérdida de agua y la respiración del fruto. Este fue significativamente menor en los frutos almacenados a 13 °C de 9% (figura 8) que en los almacenados a 30 °C, con valores de 17% (figura 7). Como era de esperarse, por efecto de la reducción de todos los procesos fisiológicos que son afectados por la temperatura de almacenamiento. Para los frutos almacenados a 30 °C no hubo diferencia significativa entre la cera semperfresh y carnauba, 16% y 15%, respectivamente, las cuales lograron aumentar de ocho a doce días la vida de anaquel, en comparación con el testigo, que después del octavo día quedaba totalmente inviable. Esto concuerda con Bayindirli *et al.* (1996) quienes reportan que a temperatura ambiente no existe diferencia significativa en el uso de semperfresh y carnauba 9% y 10% respectivamente aplicado en mandarinas. Mientras que a 13 °C (figura 8) el tratamiento con cera de

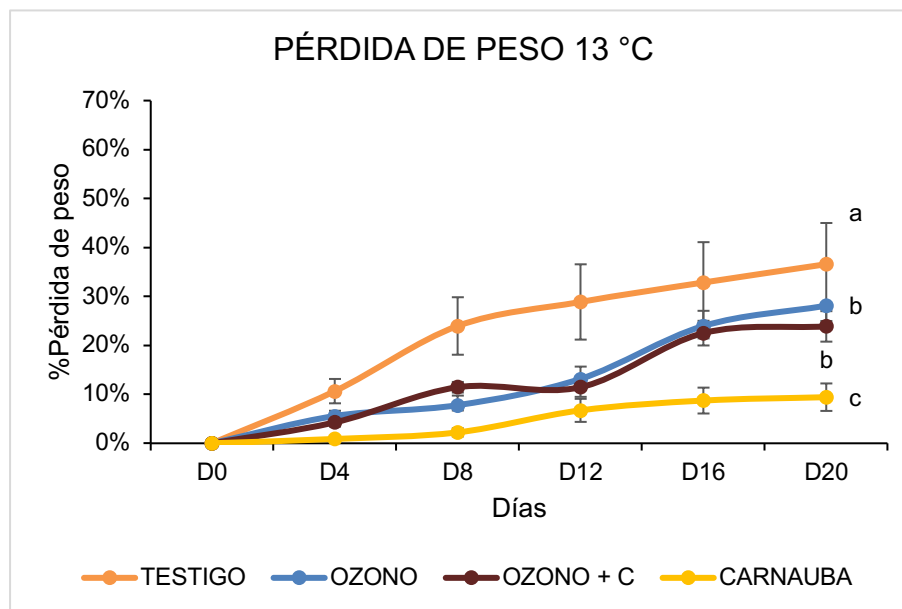
carnauba produjo 9% de pérdida de peso en comparación con el testigo. En la segunda fase del experimento donde se evaluaron la respuesta de los cormos a los tratamientos con ozono, ozono en combinación con cera, cera y en comparación con el testigo. A 30°C (figura 9) se logró el incremento de doce días en comparación con el testigo que fue de ocho, siendo el tratamiento con cera de carnauba quien nos dio una menor pérdida de peso (14 %), en comparación con el testigo (48%). Para los frutos almacenados a 13°C (Figura 10) el tratamiento con carnauba mostró el mejor resultado, no encontrado diferencia significativa entre los tratamientos que incluían ozono.



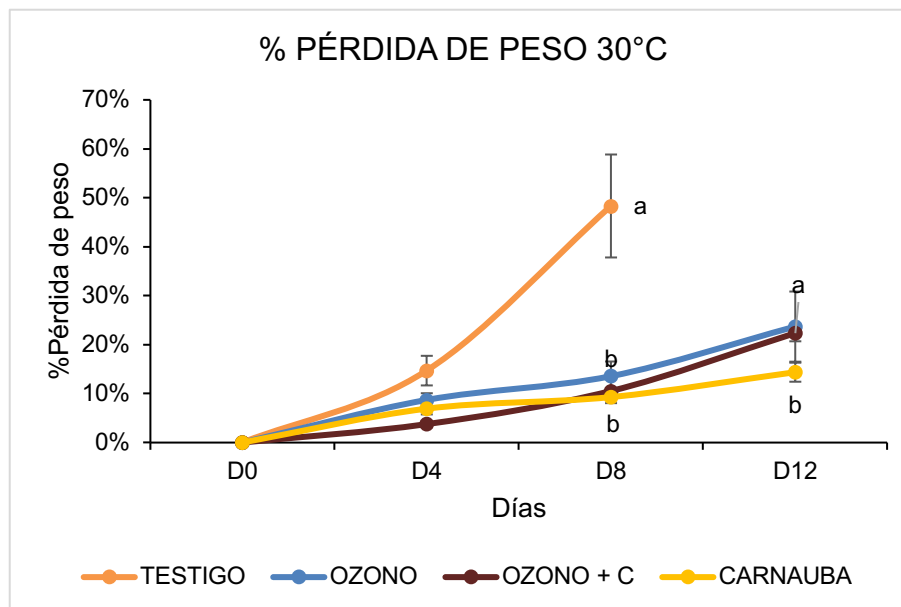
**Figura 8.** Pérdida de peso de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes representan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



**Figura 9.** Pérdida de peso de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



**Figura 10.** Pérdida de peso de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 13 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



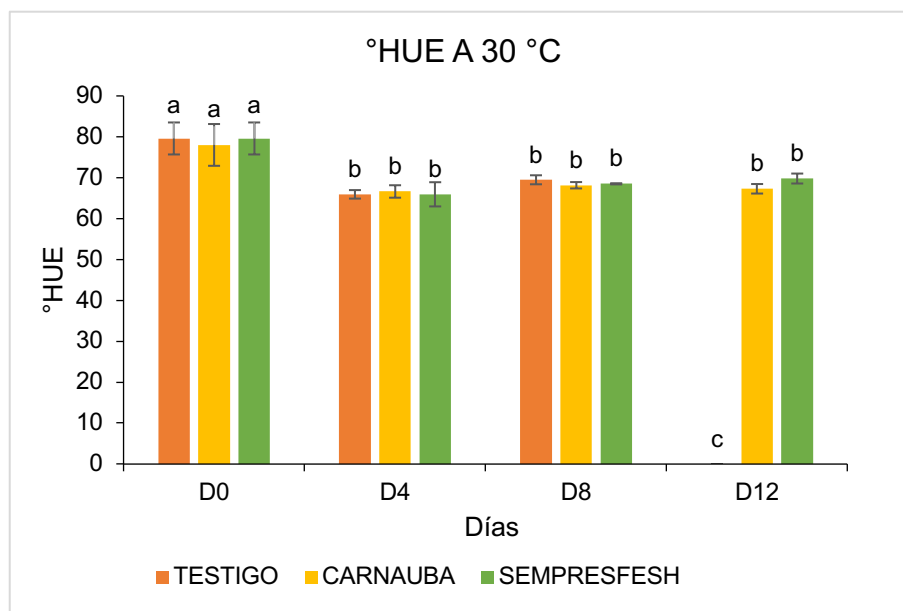
**Figura 11.** Pérdida de peso de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 30 °C Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

### 7.3 Color

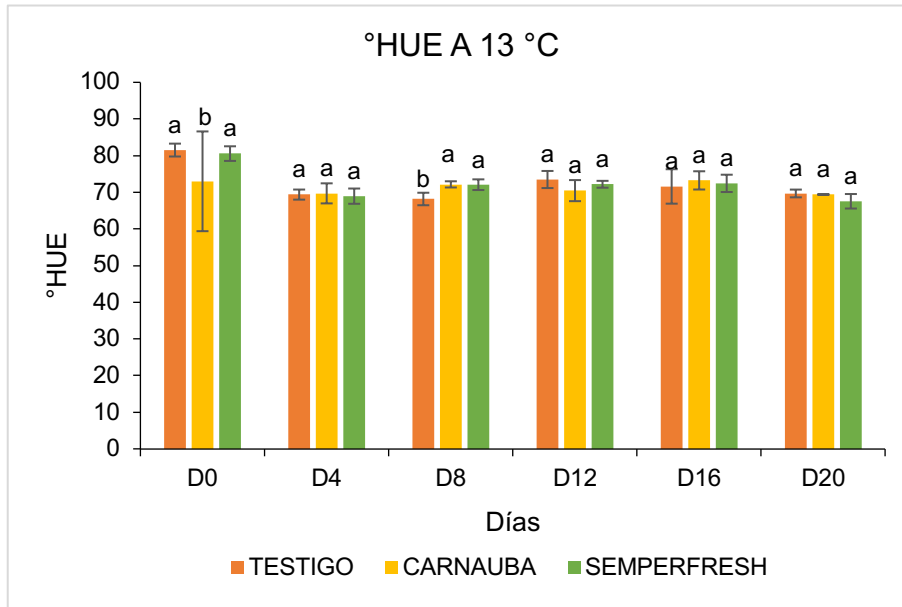
Los pigmentos son esenciales para que los frutos sean atractivos, se acumulan comúnmente en la cutícula durante el proceso de maduración, aunque muchos frutos climatéricos también acumulan pigmentos en el tejido de la pulpa durante la maduración postcosecha, a diferencia de los frutos no climatéricos (Bouzayen *et al.*, 2010). El sistema utilizado en este trabajo fue el CIE  $L^*a^*b$ , donde L indica la luminosidad,  $a^*$  y  $b^*$  son coordenadas de cromaticidad (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2005) con las que se calcula  $^{\circ}$ Hue y Chroma (saturación de color).

El cambio de color para los tratamientos de las ceras, no presenta diferencia significativa en los días de almacenamiento a 30°C y 13°C. En las figuras 11 y 12 es posible observar los valores iniciales y concluir que para los días 12 y 20 disminuye un promedio de diez  $^{\circ}$ Hue tanto para los tratamientos con ceras y su testigo. En la segunda fase del experimento donde se evaluaron la respuesta de los cormos a los tratamientos con ozono, ozono en combinación con cera, cera y en

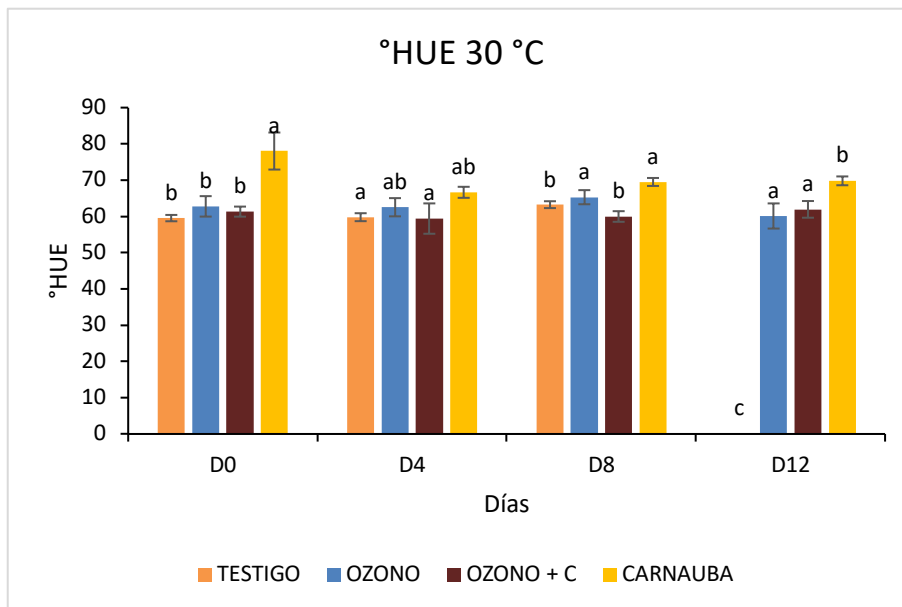
comparación con el testigo. a 30 °C y 13 °C (FIGURA 13 y 14), los tratamientos siguen el mismo comportamiento, aunque existe diferencia significativa en los tratamientos y sus días de almacenamiento debido a las desviaciones estándar. Estos resultados eran los esperados debido a que la malanga visualmente no cambia de color después de la cosechada y a través de su vida de anaquel.



**Figura 12.** °HUE de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

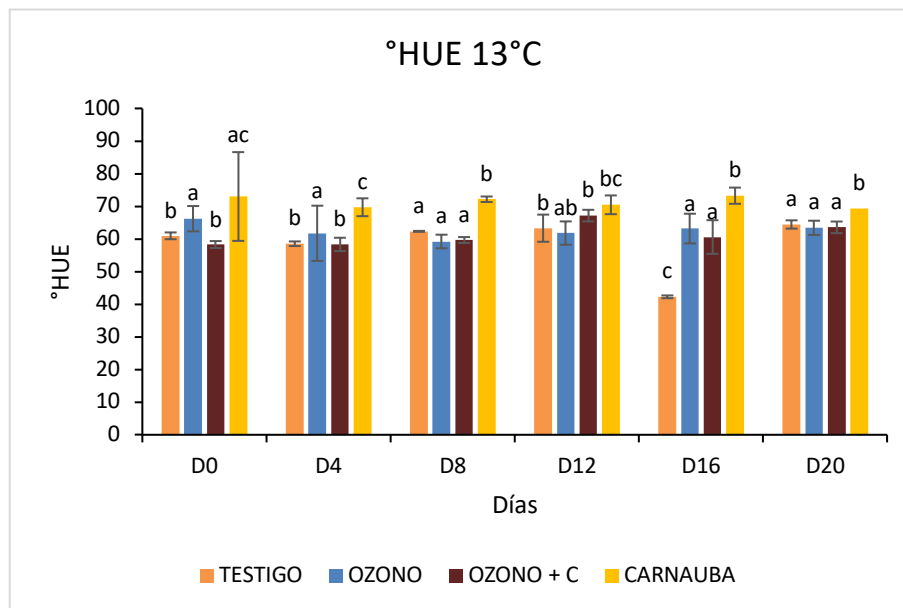


**Figura 13.** Valor de °HUE de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13 °C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



**Figura 14.** °Hue de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 30 °C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



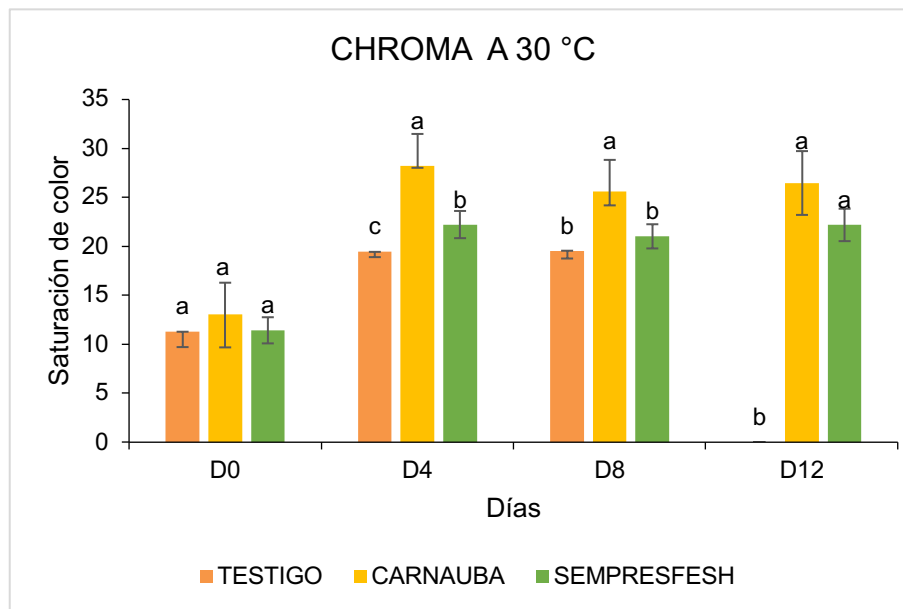


**Figura 15.** °Hue de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 13°C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

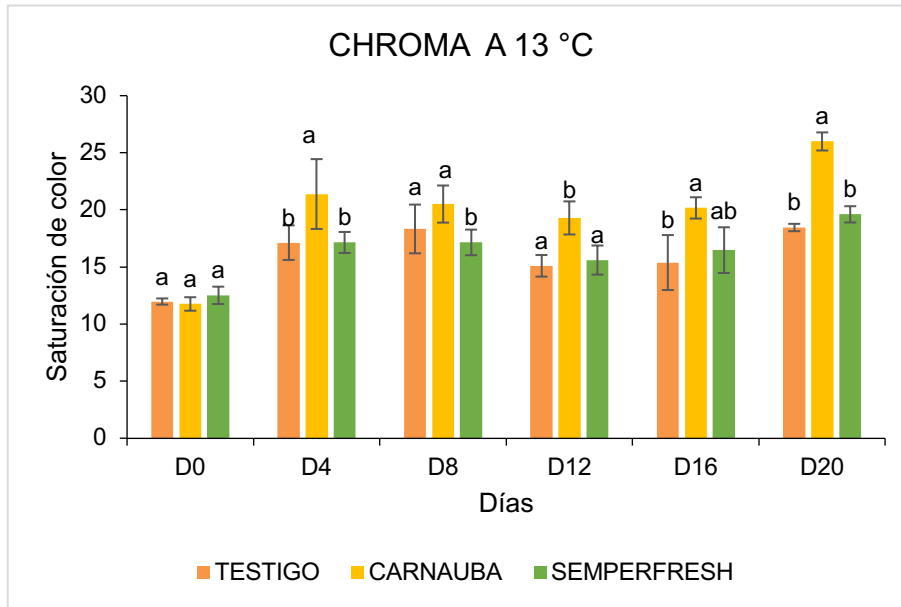
Para el parámetro de chroma (saturación del color) los tratamientos mostraron un comportamiento similar a ambas temperaturas entre los días de almacenamiento. Resultando el tratamiento con carnauba quien mostro una mayor saturación a través del tiempo, tomando valores de 13 a 26, en comparación con los valores de semperfresh de 11 a 22 (figura 15), a temperatura de refrigeración (figura 16). En los días 0,4,12 y 20 no existió diferencia significativa entre el testigo y el tratamiento con semperfresh. El tratamiento de carnauba mostró a esta temperatura una mayor saturación de color. En los tratamientos con ozono, ozono en combinación con cera, cera y testigo a temperatura 30 (figura 17), el tratamiento de ozono y el testigo no mostraron diferencia significativa. La cera de carnauba conservó mayor saturación de color, siendo lo esperado pues al actuar como una barrera y retrasar la senescencia del fruto confiere una mayor saturación de su color.

Para la luminosidad en ambas temperaturas de almacenamiento 30°C (figura 19) y 13 °C (figura 20) los tratamientos con ceras se comportaron igual que el testigo, no teniendo diferencias significativas en los días de almacenamiento. Esto se debe que las ceras al proporcionar mayor brillo a los cormos de malanga conservaron la

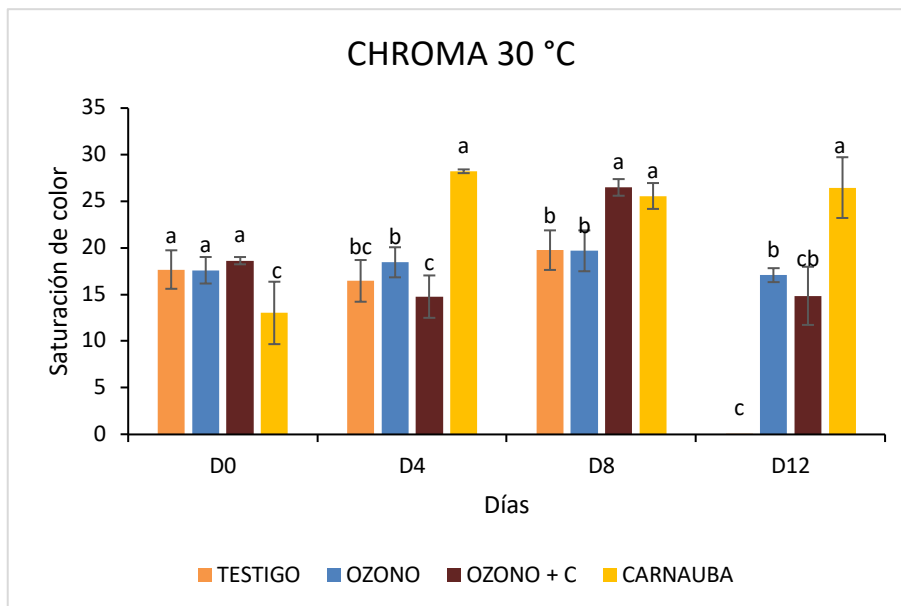
claridad de la misma. Mientras que, en los tratamientos con ozono, ozono en combinación con cera, cera y testigo los cormos a los que les fue aplicado ozono obtuvieron mayor luminosidad que los testigos y la combinación de ozono y cera. Este comportamiento concuerda con lo reportado con Liew *et al.* (1994), quienes encontraron que en zanahorias tratadas con ozono obtienen una mayor luminosidad en comparación con el testigo.



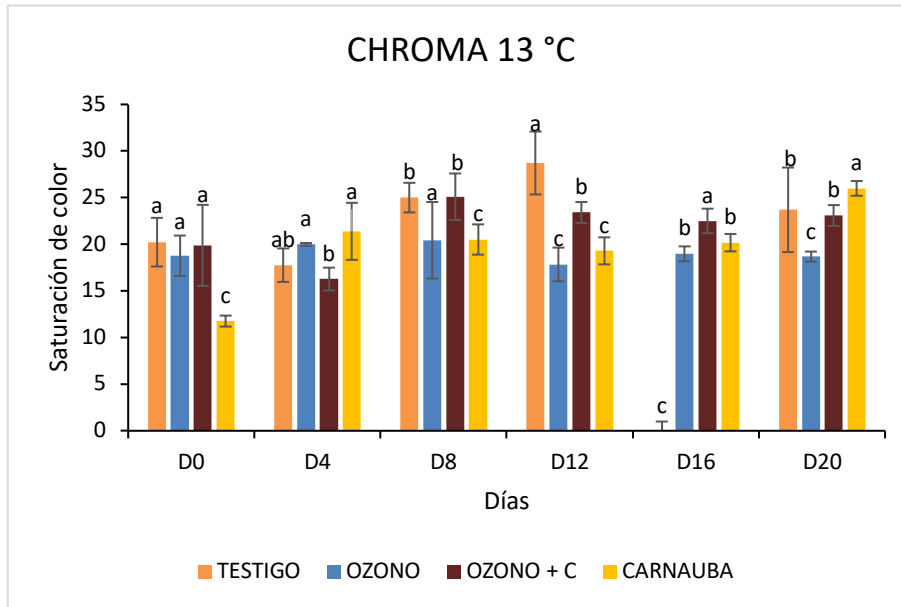
**Figura 16.** Saturación de color de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 30°C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ )



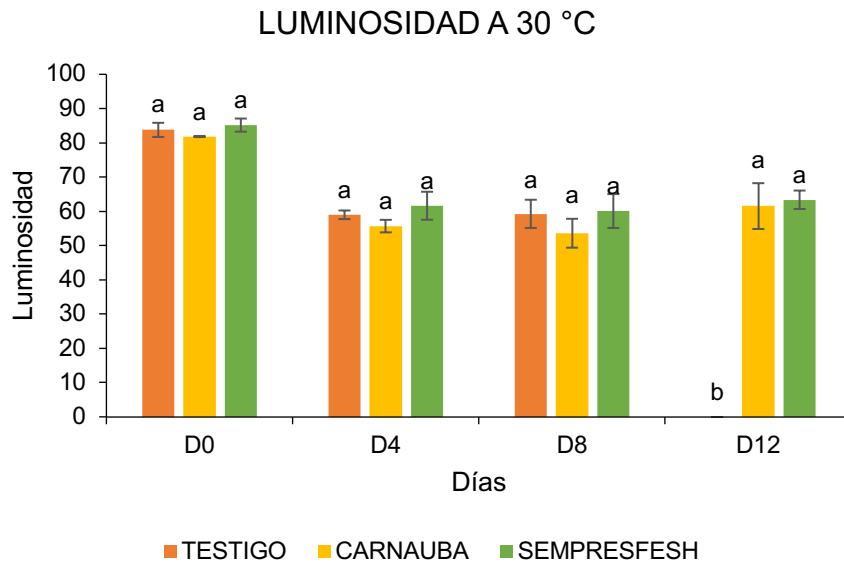
**Figura 17.** Saturación de color de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13°C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



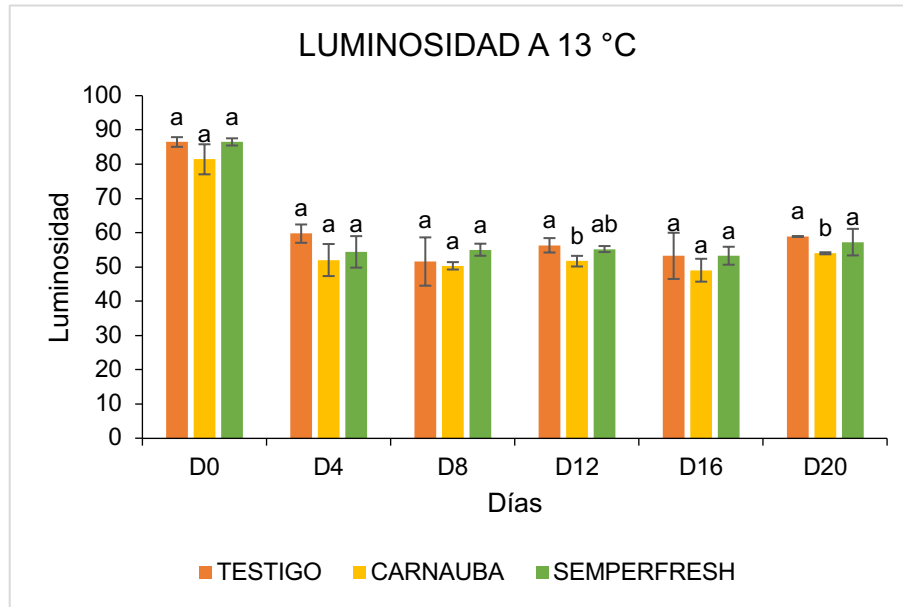
**Figura 18.** Saturación del color de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 30 °C Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



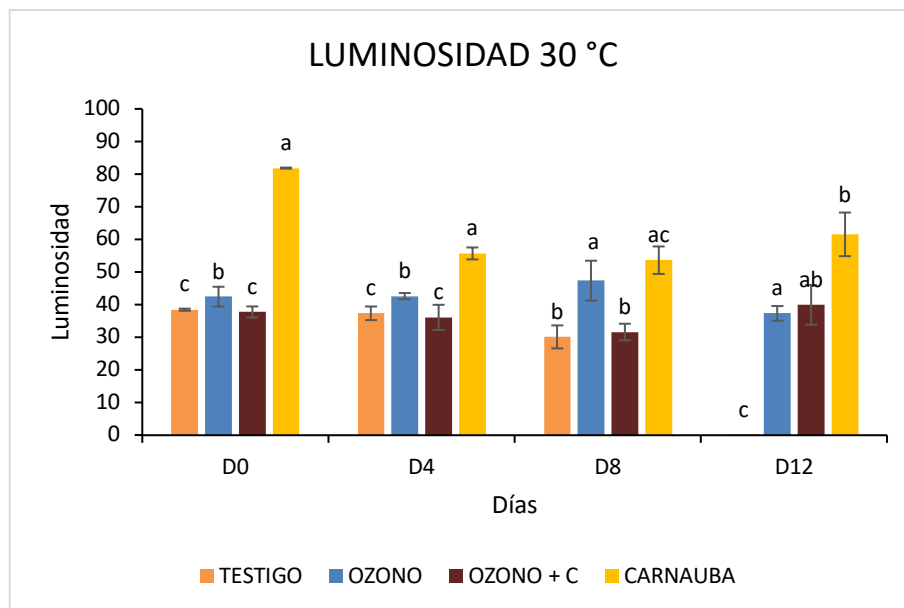
**Figura 19.** Saturación del color de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos 13 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



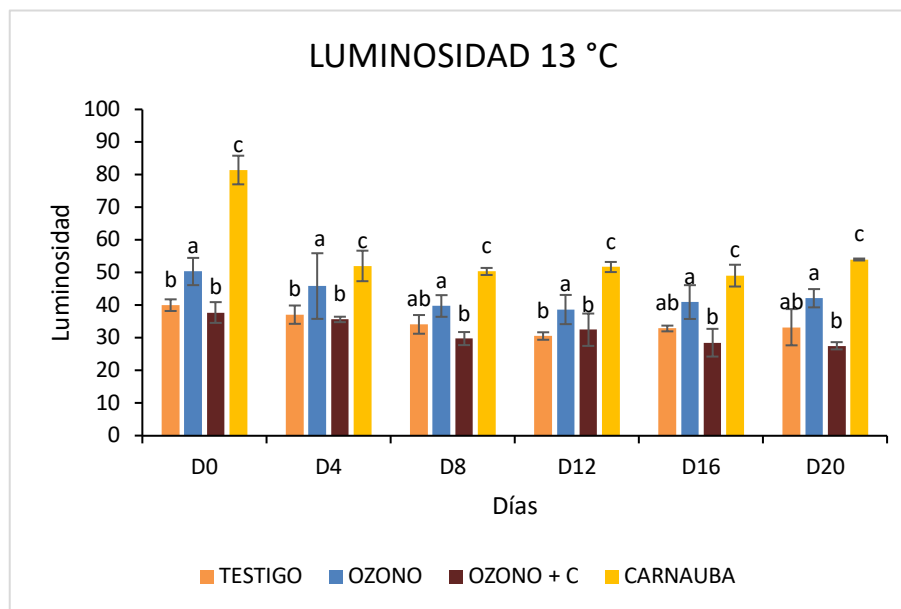
**Figura 20.** Luminosidad de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).



**Figura 21.** Luminosidad de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de ceras a 13°C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa (p<0.05).



**Figura 22.** Luminosidad de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 30 °C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa (p<0.05).



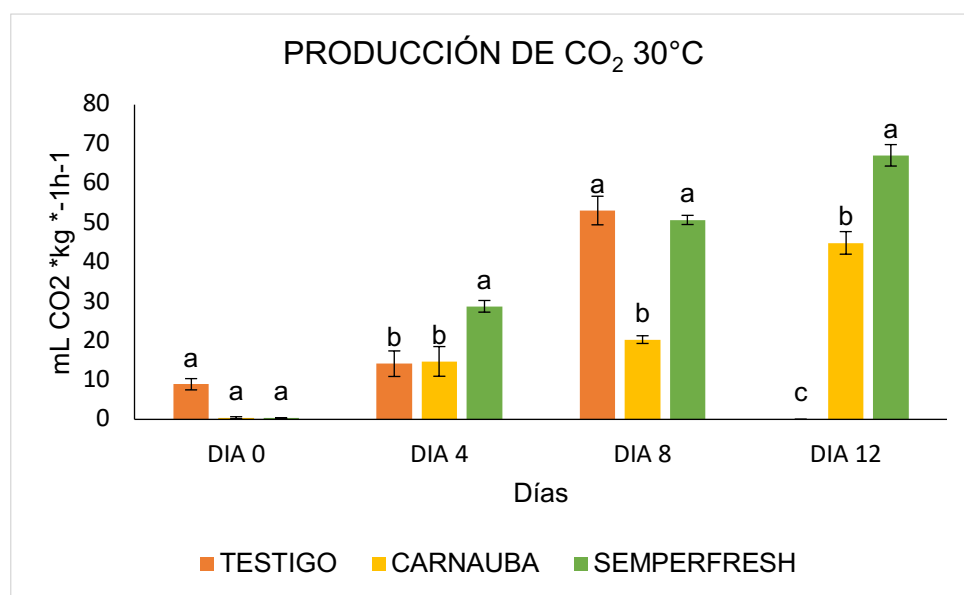
**Figura 23.** Luminosidad de los cormos de malanga en los diferentes tratamientos a 13 °C. Los resultados expresan la media  $\pm$  DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

#### 7.4 Producción de CO<sub>2</sub>

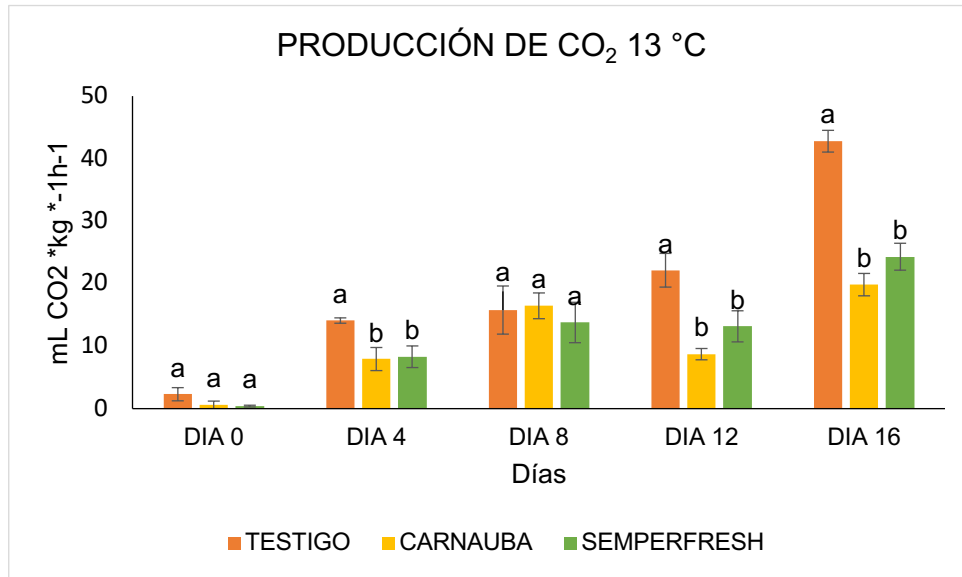
Los frutos no climatéricos como la fresa, la uva y los cítricos, solo alcanzan la maduración cuando aún están unidos a la planta, ya que no presentan un aumento en la respiración y en la producción de etileno después de la cosecha (Biale, 1964; Given *et al.*, 1988; Chervin *et al.*, 2004). Los frutos no climatéricos no desarrollan los patrones que incluyen el aumento en la respiración, biosíntesis de etileno y respuesta autocatalítica al etileno, pero muestran algunas respuestas típicas al etileno como desverdecido como cambios en la coloración de verde a amarillo o anaranjado, y el ablandamiento por síntesis de enzimas que degradan la pared celular, entre otros (Dos Santos *et al.*, 2015). Es decir, se llevan a cabo los mismos cambios bioquímicos en el color, textura, sabor y olor del fruto.

En la figura 23 se observa la producción de CO<sub>2</sub> de los tratamientos mantenidos a 30°C siendo el tratamiento con carnauba quien en todos los periodos de muestreo refleja una menor producción, en comparación con el testigo y la otra cera aplicada, debido a la diferencia en la composición de los dos recubrimientos.

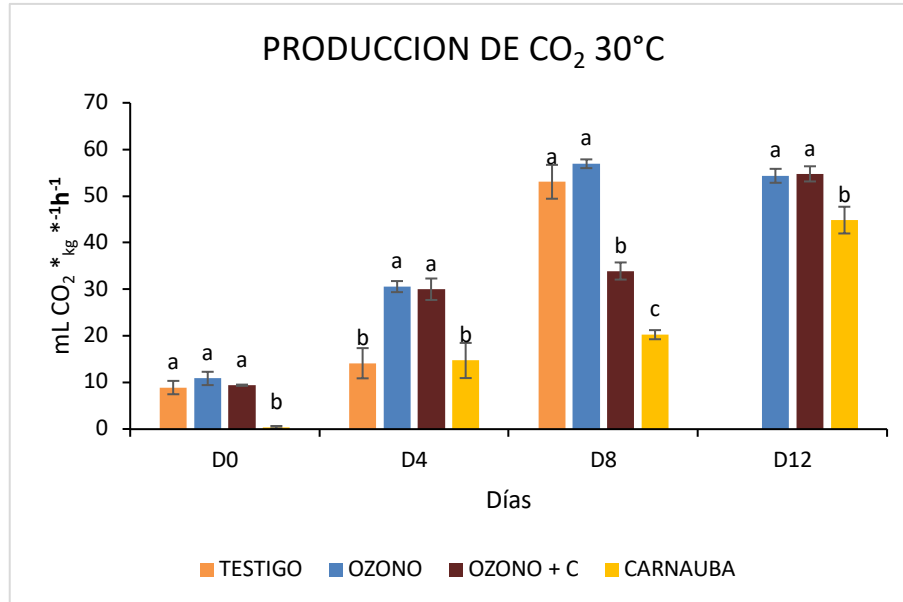
En los almacenados a temperatura de refrigeración (Figura 24) se retrasó el pico de mayor producción de CO<sub>2</sub> por efecto de la temperatura, mostrándose en el día 16. El tratamiento con carnauba mostro menor producción de CO<sub>2</sub>



**Figura 24.** Valores de producción de CO<sub>2</sub> de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de cera a 30°C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa (p<0.05).

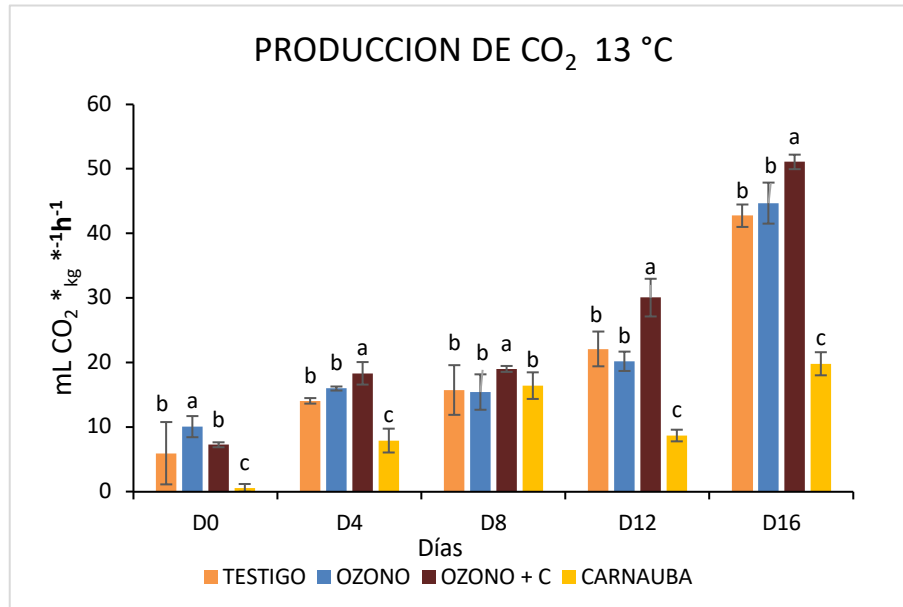


**Figura 25.** Valores de producción de CO<sub>2</sub> de los cormos de malanga en los tratamientos de aplicación de cera a 13 °C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa (p<0.05).



**Figura 26.** Valores de producción de CO<sub>2</sub> de los cormos de malanga en los distintos tratamientos a 30°C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa (p<0.05).





**Figura 27.** Valores de producción de CO<sub>2</sub> de los cormos de malanga en los distintos tratamientos a 13 °C. Los resultados expresan la media ± DS (n=3). Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa (p<0.05).

## 8. CONCLUSIONES

- En la selección de las ceras, las dos ceras empleadas mostraron resultados similares en las variables de porcentaje de pérdida de peso, firmeza y color; sin embargo, se eligió el recubrimiento de carnauba por que fue el tratamiento en el que se obtuvo la menor producción de CO<sub>2</sub>
- A temperatura de 30°C, el recubrimiento de carnauba obtuvo mejores resultados para pérdida de peso, firmeza, luminosidad y tasa de respiración que los cormos tratados con ozono y sus combinaciones a la misma temperatura
- A las dos temperaturas estudiadas 30°C y 13°C, los tratamientos del recubrimiento de carnauba, ozono y la combinación de ambos incrementaron la vida de anaquel de los cormos de ocho días a doce días 30°C y 16 días a 13°C conservando su apariencia deseable al consumidor

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Adams, D. O., & Yang, S. F. (1979). Ethylene biosynthesis: Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 76(1), 170–174. <https://doi.org/10.1073/pnas.76.1.170>
- Alfonso, Parra Conrrado, J. E. H., & Camacho-Tamayo, J. H. (2008). Estudio fisiológico poscosecha y evaluación de la calidad de la ciruela variedad Horvin (*prunus domestica* L.) bajo tres condiciones de almacenamiento refrigerado. *Ingeniería e Investigación*, 28(1), 99–104. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64328111>
- Andrade, R. D., Palacio, J. C., Pacheco, W. A., & Betin, R. A. (2012). Almacenamiento de Trozos de Ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) en Atmósferas Modificadas. *Información Tecnológica*, 23(4), 65–72. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000400008>
- Bapat, V. A., Trivedi, P. K., Ghosh, A., Sane, V. A., Ganapathi, T. R., & Nath, P. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28(1), 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.10.002>
- Biale, J. B. (1964). Growth, Maturation, and Senescence in Fruits: Recent knowledge on growth regulation and on biological oxidations has been applied to studies with fruits. *Science*, 146(3646), 880–888. <https://doi.org/10.1126/science.146.3646.880>
- Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P., & Pech, J. C. (2010). Mechanism of Fruit Ripening. In *Plant Developmental Biology - Biotechnological Perspectives* (pp.

- 319–339). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-02301-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02301-9_16)
- Brummell, D. A., & Harpster, M. H. (2001). Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, 47(1/2), 311–339. <https://doi.org/10.1023/A:1010656104304>
- Brummell, D., Harpster, M., Civello, P., Palys, J., Bennett, A., & Dunsmuir, P. (1999). Modification of expansin protein abundance in tomato fruit alters softening and cell wall polymer metabolism during ripening. *The Plant Cell*, 11(11), 2203–2216. <https://doi.org/10.1105/tpc.11.11.2203>
- Chervin, C., El-Kereamy, A., Roustan, J.-P., Latché, A., Lamon, J., & Bouzayen, M. (2004). Ethylene seems required for the berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Science*, 167(6), 1301–1305. <https://doi.org/10.1016/J.PLANTSCI.2004.06.026>
- De La Vega, J. C., Cañarejo, M. A., & Pinto, N. S. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus Aplicaciones en la Industria. Una Revisión. *Información Tecnológica*, 28(3), 75–86. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000300009>
- Ferreira, S., Ortiz, E., & Pardo, C. (1990). *ESTUDIO QUIMICO BROMATOLOGICO DE LA COLOCASIA ESCULENTA (TARO)*. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/viewfile/56568/55513>
- Given, N. K., Venis, M. A., & Gierson, D. (1988). Hormonal regulation of ripening in the strawberry, a non-climacteric fruit. *Planta*, 174(3), 402–406. <https://doi.org/10.1007/BF00959527>
- Hoa, T. T., Ducamp, M.-N., Lebrun, M., & Baldwin, E. A. (2002). Effect of different coating treatments on the quality of mango fruit. *Journal of Food Quality*, 25(6), 471–486. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2002.tb01041.x>

- Kagbo, R. B., De La Pena, R. S., Plucknett, D. L., & Fox, R. L. (n.d.). *Mineral nutrition of taro (Colocasia esculenta) with special reference to petiolar phosphorus level and phosphate fertilizers*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/bbb3/064b2911133fb444068b77b9ad4a5c86ca29.pdf>
- Kays, S. J., Paull, R. E., & Kays, S. J. (2004). *Postharvest biology*. Exon Press. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books/about/Postharvest\\_Biology.html?id=zb46AAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books/about/Postharvest_Biology.html?id=zb46AAACAAJ&redir_esc=y)
- Liew, C. L., & Prange, R. K. (1994). Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 563–567. <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.3.563>
- López-Velasco, A., De La Cruz-Medina, J., León-García, E., García-Galindo, H. S., & Vázquez-Hernández, M. V. (2018). Aplicación de tratamientos hidrotérmico, fungicida y cera sobre el oscurecimiento superficial en guanábana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1075–1081. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1511>
- Masalkar, S. D., Keskar, B. G., & Keskar, B. G. (1998). Other Roots, Tubers, and Rhizomes, 159–188. <https://doi.org/10.1201/9781482269871-7>
- Omboki, R. B., Wu, W., Xie, X., & Mamadou, G. (2015). *Ripening Genetics of the Tomato fruit*. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. Retrieved from [www.ijagcs.com](http://www.ijagcs.com)
- Ong, M. K., Kazi, F. K., Forney, C. F., & Ali, A. (2013). Effect of Gaseous Ozone on Papaya Anthracnose. *Food and Bioprocess Technology*, 6(11), 2996–3005. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-1013-4>

- Onwueme, I. C. (1978). The tropical tuber crops: yams, cassava, sweet potato, and cocoyams. Chichester (UK) John Wiley. Retrieved from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015046492>
- Ospina Machado, J. E., & Villamizar, F. (2003). Evaluación de residuos y daños en hortalizas de alto consumo en centrales de abastos en Colombia. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(1). Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81350101>
- Palou, L., Smilanick, J. L., Usall, J., & Viñas, I. (2001). Control of Postharvest Blue and Green Molds of Oranges by Hot Water, Sodium Carbonate, and Sodium Bicarbonate. *Plant Disease*, 85(4), 371–376. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.4.371>
- Payasi, A., Mishra, N. N., Chaves, A. L. S., & Singh, R. (2009). Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants: An International Journal of Functional Plant Biology*, 15(2), 103–113. <https://doi.org/10.1007/s12298-009-0012-z>
- Plucknett, D. L. (1976). Edible aroids. *Alocasia, Colocasia, Cyrtosperma, Xanthosoma. Evolution of Crop Plants*, 10–12. Retrieved from <https://eurekamag.com/research/000/346/000346170.php>
- Saltveit, M. E. (2003). A summary of CA requirements and recommendations for vegetables. *Acta Horticulturae*, (600), 723–727. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2003.600.110>
- Taşdelen, Ö., & Bayindirli, I. (1998). Controlled atmosphere storage and edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 22(4), 303–320. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1998.tb00352>

## 10. ANEXOS

Cambio de apariencia en cormos testigo a temperatura ambiente  
 $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$



DIA 1



DIA 10

**Cambio de apariencia en cormos recubrimiento Semperfresh a temperatura ambiente  $30 \pm 2^\circ\text{C}$**



DIA 1



DIA 15



**Cambio de apariencia en cormos tratados con Ozono a temperatura ambiente  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$**



DIA 1



DIA 15

**Cambio de apariencia en cormos recubiertos con cera de carnauba a temperatura ambiente  $30 \pm 2^\circ\text{C}$**



DIA 1



DIA 12

**Cambio de apariencia en cormos testigo a 13°C**



DIA 1



DIA 20

**Cambio de apariencia en cormos tratados con ozono a 13°C**



DIA 1



DIA 20

**Cambio de apariencia en cormos recubiertos con cera de carnauba a 13°C**



DIA 1



DIA 20

**Cambio de apariencia en cormos recubiertos con Semperfresh a 13°C**



DIA 1



DIA 20