



EFFECTO DE BIORECUBRIMIENTO Y ATMÓSFERAS ACTIVAS Y PASIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE MANGO DE AZÚCAR (*mangifera indica L.*) EN IV GAMA.

Trabajo de grado para optar por el título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Modalidad: Trabajo de investigación

Presentado por:

CHRISTIAN LEONARDO LINARES VALBUENA

Bajo la dirección de:

MARTHA PATRICIA TARAZONA DÍAZ. Ph.D
Ingeniera de Alimentos.

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Departamento de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Alimentos

Bogotá, D.C.- Colombia
Abril del 2019

EFFECTO DE BIORECUBRIMIENTO Y ATMÓSFERAS ACTIVAS Y PASIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE MANGO DE AZÚCAR (*Manguifera indica L.*) EN IV GAMA.

Resumen:

La presente investigación aborda un estudio sobre el efecto combinación de biorecubrimientos y atmósfera activa sobre el mango de azúcar como alternativa de conservación dentro de los alimentos de IV gama, para potencializar el consumo de esta fruta típica colombiana. En este estudio se involucra el desarrollo experimental del biorecubrimiento a partir de biocompuestos como el almidón, glicerol y aceite de ricino. Los efectos de estas tecnologías de la alimentación se valoraron en diferentes parámetros como: la tasa de respiración, que se evaluó mediante un sistema estático cerrado a las presiones de 500 mbar, 250 mbar y 100mbar en ausencia y presencia del biorecubrimiento, también se evaluó la capacidad antioxidante mediante los métodos de FRAP y DPPH, así como la actividad antimicrobiana del mango luego de haber incluido el biorecubrimiento en el producto, y por último se evaluó la aceptabilidad sensorial del producto mediante paneles sensoriales. Al realizar el desarrollo del biorecubrimiento se evidenció que la mejor formulación es la compuesta por 2% aceite, 0,5% Tween 80, 3% almidón, 2% de glicerol y 2% pectina ya que presentó las características y funcionalidad deseada, sin transformaciones en las propiedades organolépticas del alimento, se logró identificar que la presión de 500 mbar reduce la tasa de respiración respecto al CO₂ en un 66,32% y al realizar la inclusión del biorecubrimiento se logró una mayor reducción de la tasa respiratoria del mango de azúcar procesado, generando un impacto directamente en la senescencia y aumentando la capacidad antioxidante cerca de un 50% y reduciendo la actividad microbiológica cerca de 1 ciclos logarítmicos en cuanto a mesófilos.

Palabras clave: Biorecubrimiento, atmósferas activas, respiración, mango, antioxidantes, presiones.

Abstract

The present investigation deals with a study on the combination effect of biorecovering and active atmosphere on the sugar mango as an alternative of conservation within the IV range foods, to potentiate the consumption of this typical Colombian fruit. This study involves the experimental development of biorecovering. The effects of these feeding technologies were evaluated in different parameters such as: the respiration rate, which was evaluated by a closed system at pressures of 500 mbar, 250 mbar and 100mbar in the absence and presence of the biorecovering, the antioxidant capacity through the methods, as well as the antimicrobial activity of the mango after having included the biorecovering in the product, the sensorial acceptability of the product was evaluated through sensory panels. When developing the biorecovering it was evident that the best formulation is composed of 2% oil, 0.5% Tween 80, 2% glycerol and 2% pectin since it presented the desired characteristics and functionality, without changes in the organoleptic properties of the food, it was possible to identify that the pressure of 500 mbar reduces the respiration rate with respect to CO₂ by 66.32% and when the inclusion of the biorecovering was made, a greater reduction of the respiratory rate of the sugar mango was achieved processed, generating an impact directly on the senescence and increasing the antioxidant capacity close to 50% and reducing the microbiological activity close to 1 logarithmic cycles in terms of mesophiles.

Keywords: Biorecovering, modified atmospheres, respiration, creole mango, antioxidants

Introducción:

La producción de mango de azúcar (*Mangifera indica L.*) para el año 2017 fue de 270000 mil toneladas (tn) siendo los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Magdalena los mayores productores con un 68 % del total de área sembrada del país (Fedemango,2017). En Colombia esta fruta sufre un fenómeno de sobreproducción, ocasionando pérdidas en el sector agrícola del país, que según el DANE en el año 2017 las pérdidas ascendieron a más del 50 % de la producción de la fruta solo en la región del Magdalena, lo que se traduce en cerca de 8 tn por hectárea sembrada dejando pérdidas millonarias a las familias productoras de esta fruta.

Por este hecho y siguiendo la tendencia mundial de los alimentos IV gama, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas de consumo del mango de azúcar. Dentro de estos alimentos se entiende las hortalizas y frutas “procesadas en fresco”, higienizadas, peladas, troceadas y envasadas en condiciones de atmósfera modificada listas para su consumo que mantiene sus propiedades naturales (Ancos, Gonzales y Colina,2015). Los cambios en el estilo de vida en los últimos años, así como una mayor consciencia de la importancia de ingerir alimentos saludables, han causado un incremento en el consumo de alimentos listos para comer (García, Ventosa, Díaz y Casariego, 2011).

Dentro de la IV gama de la alimentación se incluyen diferentes tecnologías como lo son los biorecubrimientos que se puede definir como una matriz continua delgada, que posteriormente será utilizada en forma de una capa del alimento. Los biorecubrimientos involucran la formación de una estructura del polímero directamente en la superficie del alimento que se pretende proteger o mejorar de alguna forma. De esta manera los biorecubrimientos llegan a ser parte del producto y permanecen en el mismo durante su uso y consumo (Ruelas et al., 2016). Estos biorecubrimientos están compuestos por gelificantes, plastificantes, compuestos antimicrobianos y/o antioxidantes. Entre los plastificantes el almidón de plátano es utilizado ya que no presenta sabor, olor ni color, por ello al ser usados sobre una matriz alimenticia no alterará el perfil sensorial, además presenta un buen comportamiento como polímero natural (Ancos, Gonzales, Colina, 2015). Entre los plastificantes el glicerol es utilizado debido a que reduce los enlaces intermoleculares entre las cadenas de polímeros, y modifican las propiedades mecánicas y producen biorecubrimientos más flexibles (Domínguez y Jimenez, 2012). Además, en la formulación de un biorecubrimiento se pueden incorporar productos naturales con actividad antimicrobiana y antioxidantes procedentes de plantas, organismos marinos, insectos o microorganismos como alternativas viables al uso de los químicos de síntesis (Figueroa et al., 2011). Un claro ejemplo de esto son los aceites esenciales extraídos de plantas que son mezclas complejas de componentes volátiles que contienen grupos relacionados biosintéticamente (Maida et al., 2014). Los componentes químicos como los terpenoides, incluidos los monoterpenos, los sesquiterpenos y sus derivados oxigenados presentes en los aceites esenciales derivados de plantas, pueden difundirse fácilmente a través de la membrana celular para inducir reacciones biológicas de inhibición (Kuan-Hung et al.,2007). Además, los aceites esenciales tienen una baja toxicidad para los mamíferos, fáciles de obtener y degradar rápidamente en el agua y el suelo, lo que los hace respetuosos con el medio ambiente (Jia, Xue, Duan, y Shao, 2011). En cuanto al aceite de ricino se ha encontrado que tiene gran poder inhibidor, ya que tiene una zona de inhibición microbiana de 7,67 mm para *Escherichia Coli.*, y *Pseudomonas spp*, así como de 8,67 mm para *staphylococcus* y demás agentes patógenos (Asma, Kamrul, Murad, y Shahidul,2014).

Al incluir aceites esenciales en la formulación de un biorecubrimiento se genera un sistema heterogéneo constituido por dos líquidos inmiscibles. Donde se encuentra una fase dispersa o internada, y también la fase continua o de medio dispersante (Muñoz, Alfaro, y Zapata, 2007). Cuando dos líquidos inmiscibles se irradian con ultrasonidos, se puede lograr el fenómeno de cavitación. Durante la cavitación, las burbujas generadas colapsan cerca a la interface existente entre los dos líquidos y este choque resulta en la mezcla eficiente de las dos fases generando así una emulsión entre el agua y el aceite esencial (Delgado, 2011). Por otra parte, el método para la obtención de una emulsión por medio de ultrasonido necesita la inclusión de polisorbato que cumple la función de surfactante hidrofílico ya que se utiliza en la emulsificación de aceite en agua (O/W). (Morales, Martines y Pilosof, 2019). Los biorecubrimientos o biopelículas con compuestos emulsificados ejercen un efecto control sobre los fenómenos de desorción y absorción de agua causantes de generar ambientes que favorecen el desarrollo de microorganismos, aumento de la actividad enzimática y movilidad de los reactivos de oxidación además de propiciar la pérdida de flexibilidad, dureza y peso en productos alimenticios de origen agrícola; es por ello que este tipo de recubrimientos han sido ampliamente utilizados para la conservación de frutas y hortalizas (Andrade, Pinchao, Osorio y Mejia, 2016).

Los biorecubrimientos hechos a base de polisacáridos como la pectina han sido los más utilizados para recubrir frutos, y esto es debido a sus propiedades mecánicas de adherencia y flexibilidad en la superficie de los productos hortofrutícolas (Meza, 2006). La pectina, es un complejo aniónico polisacárido compuesto de b-1,4-D- ácido galacturónico residual. La mezcla de plastificante, pectina y almidón dan estabilidad y flexibilidad a la película, la cual es térmicamente estable sobre 180 °C (Marshall y Coffin, 1999). Las películas que resultan de las mezclas de pectina junto con cualquier plastificante, generan buenas propiedades mecánicas y de barrera según el porcentaje de los componentes y la relación con el material alimenticio en estudio (Fishman, Coffin, Onwulata, y Konstance, 2004).

El uso de biorecubrimientos comestibles en frutas frescas y mínimamente procesadas ha sido utilizado para mantener la calidad y prolongar su vida útil (Lin y Zhao, 2007). Estos biorecubrimientos retrasan el deterioro de la fruta, ya que reducen la velocidad de respiración y retrasan el proceso de senescencia y deshidratación, debido a que crean una barrera semipermeable a gases como O₂ y CO₂, mejorando las propiedades mecánicas, ayudando a mantener la integridad estructural del alimento y a retener compuestos volátiles (Eum, Hwang, Linke, Lee y Zude, 2009).

Se debe tener en cuenta que los biorecubrimientos aplicados sobre matrices alimentarias en frutas y verduras han sido estudiadas, un ejemplo de esto es la obtención de biopelículas de extracto acuoso de eucalipto y su incidencia en la Vida útil microbiológica de Rodajas de *papaya L.* Donde fue posible incrementar la vida útil microbiológica de las rodajas de papaya alrededor de 43 días, utilizando biopelículas a base de alginato, almidón de maíz, proteína de suero lácteo y conteniendo como sustancia antimicrobiana extractos acuosos de eucalipto, se debe tener en cuenta que el 15% de la pérdida de fruta es por la aparición de hongos y demás patógenos (González, Altamar, y Castro, 2015). Otra investigación en la misma vía es la del efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de Mango Tommy Atkins mínimamente procesado donde se logró prolongar 24 días la vida útil del mango en condiciones de refrigeración a una humedad relativa de 90% (Dussa, Torres, y Hleap, 2014).

Por otro lado, se incluyen las atmósferas modificadas como un sistema de conservación de los alimentos que consiste en sustituir la atmósfera que envuelve el alimento por otra mezcla de gases controlada (O_2 o CO_2), a fin de prolongar su tiempo de vida útil (Shiping, Yong, Aili y Qinquin, 2002). Dentro de las atmósferas modificadas se encuentra la atmósfera pasiva y la activa. En la pasiva, la atmósfera cambia como resultado de la respiración propia de las frutas. En la activa, el espacio libre del empaque se rellena con una mezcla de concentración conocida de oxígeno, dióxido de carbono y de nitrógeno (Ulloa, 2007). Este tipo de atmósferas permite controlar las reacciones enzimáticas de los alimentos, así como la acción de los microorganismos, sin modificar las propiedades organolépticas de éstos (Shiping, Yong, Aili y Qinquin, 2002).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto combinado del uso de un biorecubrimiento con la utilización de la tecnología de atmósferas modificadas sobre la calidad de mango de azúcar (*Mangifera indica L.*).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Reactivos:

Los siguientes reactivos utilizados fueron de grado alimenticio polisorbato 80 (Tween 80), glicerol, y todos los disolventes utilizados fueron grado reactivo analítico. Los compuestos, acetato de sodio trihidratado, ácido acético glacial, ácido fórmico (Sigma-Aldrich Chemical Co., Gillingham, Dorset, UK), cloruro férrico hexahidratado, ácido clorhídrico 37%, etanol al 96%, Trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico), TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina), DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo) procedente de Sigma-Aldrich (Dorset, UK)

2.2 Material vegetal.

20 kg de mango criollo colombiano (*Mangifera indica L.*) fueron comprados en un estado de madurez comercial en un mercado local (Bogotá, Colombia). Las frutas fueron trasladadas al laboratorio de la UJTL. El producto se lavó con una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio a pH 6,5, durante 2 min, siendo la cloración del agua un procedimiento común para el lavado y desinfección de frutas (Artés-hernández, Conesa, Artés, 2009). Tras el lavado los mangos se secaron con papel absorbente y se realizaron cortes transversales en el fruto, separando la corteza de la pulpa. Seguidamente se troceó la pulpa en secciones que contaban con dimensiones específicas de 3 cm x 3 cm x 2 cm, con un peso específico de cada cubo de mango de 12.4 ± 2 gr en peso, luego se empaco $172,3 \pm 3$ gr en peso de mango en cada bolsa Figura 2.

2.3 Caracterización fisicoquímica.

A las muestras de mango fresco se les realizaron pruebas de acidez (ATT) por titulación potenciométrica mediante una solución estandarizada con NaOH 0.01N hasta un pH de 8.1 ± 0.2 según Norma Técnica Colombiana 4103. Los sólidos solubles se midieron con un refractómetro (POCKET REFRACTO METER MARCA ATAGO, Bogotá, Colombia) (escala de 0 – 32%) a 21 °C. La firmeza se determinó por punción expresada en Newtons (N), se utilizó un penetrómetro (Wagner FT40, Bogotá, Colombia) con un puntal de 10 mm de diámetro. La humedad se determinó en una balanza de humedad (KERN DBS, Bogotá, Colombia) a una temperatura de 105 °C durante 8 minutos. El pH se determinó con un potenciómetro (Metler Toledo referencia SEVEN EASY, Bogotá, Colombia). El peso de los frutos se determinó mediante una balanza analítica (LX 220A, Bogotá, Colombia). Las dimensiones se obtuvieron con un calibrador pie de rey de 6 pulgadas (Vernier, Bogotá, Colombia)

y para definir más claramente la forma del fruto, se estableció la relación entre los diámetros ecuatorial, polar, y el coeficiente de esfericidad $\epsilon = \Omega_e / \Omega_p$ (Llanos, 1999). El índice de madurez (IM) se determinó teniendo en cuenta la relación entre el contenido de sólidos solubles y la acidez total (Romero, Sánchez, Rodríguez y Saucedo, 2006) mediante la ecuación: I.M. = sólidos solubles totales/acidez.

2.4 Desarrollo del biorecubrimiento y aplicación al producto.

2.4.1. Primera fase: extracción del almidón de plátano.

Para la extracción del almidón de plátano macho (*Musa Balbisiana*), se utilizó el método húmedo, que consistió en adicionar agua destilada, y ácido cítrico en una concentración de 5% al plátano previamente pelado y troceado en una relación 1:1, luego se trituró a 6000 r.p.m. durante 2 min en una licuadora (Oster BLST3A, Bogotá, Colombia). Luego se tamizó la mezcla a través de una malla de 100 μm con el fin de separar el material sedimentado o de gran tamaño de la parte acuosa que contiene el almidón y así realizar un nuevo lavado del sedimento con agua destilada. La solución acuosa resultado del procesamiento del plátano fue centrifugada a 6000 r.p.m. durante 10 min a 25 °C en una centrifuga (Hettich Rotofix 32, Bogotá, Colombia). El precipitado se filtró a través de una membrana con tamaño de poro de 100 μm y el filtrado que contenía el almidón se secó en estufa de recirculación (Memmert UL40, Bogotá, Colombia) a 40 °C por 48 h (Dufour et al., 2009). Luego el almidón seco obtenido, se sometió a una operación de molido (molino de palas M6FY, Bogotá, Colombia) esto con el fin de homogenizar el tamaño de la partícula.

2.4.2. Segunda fase: emulsión (agua, aceite de ricino y Tween).

Para obtener el biorecubrimiento se tomó agua destilada y se realizó la mezcla de 2 % de aceite esencial de ricino, en investigaciones similares se determinó que el porcentaje de aceite esencial utilizado en un biorecubrimiento debe estar entre 1.5% y 2 % en p/p para que no altere las propiedades mecánicas del biorecubrimiento, o las características sensoriales del alimento al cual se le incorpora (Yadav, Pushparaj, Anchal, y Verma, 2018) (Khalifa, Barakat, El-mansy, y Soliman, 2016). En cuanto al Tween 80 se logró identificar gracias a pruebas experimentales que la cantidad óptima que debería tener la biopelícula es 0,5%, a comparación de valores teóricos utilizados de 0,1% (Nielsen, Kjems, Mygind, Snabe y Meyer, 2016) respecto a la cantidad inicial de agua, esta mezcla se sometió a una homogenización y emulsionado con el fin de obtener una mezcla estable de una sola fase, por medio de un ultrasonido (Hielscher, Bogotá, Colombia) con una amplitud de onda de 60% y ciclo del 0.5 durante 6 minutos.

2.4.3. Tercera fase: Obtención del biorecubrimiento.

Luego de tener la emulsión se procedió en un beaker de 100 ml mezclar la emulsión con 3% de almidón de plátano y 2% de glicerol, en datos teóricos las proporciones de almidón son de 4% y de glicerol 2% (Zamudio, Bello, Vargas, Hernández y Romero, 2007). Esta mezcla se colocó en una plancha (Fthp-10, Bogotá, Colombia) de calentamiento a 1200 r.p.m. para realizar un agitado uniforme y una temperatura de 86°C durante 5 minutos luego de este tiempo se agregó 1,5 % de pectina (Estrada, Padilla, y Marquez, 2015) se colocó nuevamente en la plancha de calentamiento durante 25 minutos.

La evaluación de la viscosidad se realizó con un viscosímetro (PCE-RVI 6, Bogotá, Colombia), mediante el concepto de medición de la velocidad con que fluye un líquido o el trabajo aportado

para producir el flujo (Cerqueira et al, 2011), colocando 250 ml del biorecubrimiento en el usillo giratorio a 60 rpm durante 1 min, para luego obtener el valor de la viscosidad en centipoise. La densidad del biorecubrimiento se evaluó por medio de un densímetro (Brand, Bogotá, Colombia) colocando 250 ml a una temperatura de 40°C y se toma el densímetro por el vástago y se introdujo en la probeta y se dejó estabilizar el instrumento (Andrade, Acosta, Bucheli y Luna, 2013).

2.4.4. Cuarta fase: Evaluación del biorecubrimiento.

- Determinación de la actividad antioxidante del biorecubrimiento.

La actividad antioxidante del biorecubrimiento en el mango procesado se determinó mediante el método de DPPH (2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl) y el método de FRAP (poder antioxidante de la reducción férrica). Para los cuales se realizó la extracción de la muestra mediante la metodología descrita por (Horvitz, Chanaguano, y Arozarena, 2017) modificada a las condiciones de laboratorio. Mezclando 5g de muestra con 10ml de etanol: agua destilada: ácido fórmico (50:48:2, v:v:v) en un shaker durante 30min a 100RPM. Seguido de ello, se centrifugó a 6000RPM durante 15min a temperatura ambiente. Luego se recolectó el sobrenadante y repitió el procedimiento una vez más con el sedimento.

Para el método de DPPH se tomó una alícuota de 75 µL del extracto y 1425 µL del reactivo de DPPH luego se homogenizó en un vortex y se incubó a 37°C/1h en baño maría. Luego se determinó la absorbancia tanto de las muestras como del reactivo DPPH a una longitud de onda de 515 nm, los resultados fueron expresados en µmol de equivalentes de TROLOX/g de pulpa.

Para el método FRAP se determinó según el método de (Benzie & Strain 1996). Un volumen de 30 µL de muestra, se mezcló con 30 µL de etanol al 96% y 940 µL del reactivo FRAP (2,5 ml de la solución 2,4,6- tripiridil-s-triazina a una concentración de 0.01 M; 2,5 ml de FeCl₃ 20 µM y 25 ml de buffer acetato 300 µM a un pH de 3.6). La absorbancia fue leída a 593 nm después de 1 hora a 37°C en baño maría. Se utilizó una curva de calibración de Trolox y las actividades de los extractos se expresaron como µmol de equivalentes de Trolox/g de pulpa.

- Determinación de la actividad antimicrobiana del biorecubrimiento.

Las muestras se sometieron a 4 tratamientos diferentes para evaluar la inhibición del biorecubrimiento y la atmósfera activa. T 1: Mango con biorecubrimiento y atmósfera pasiva, T2 Mango con biorecubrimiento y atmósfera activa, T3 Mango sin biorecubrimiento y atmósfera pasiva y T4 Mango sin biorecubrimiento y atmósfera activa.

El recuento de bacterias mesófilas se realizó de acuerdo a la NTC 4519, por la técnica de recuento de colonias en placa a 35 °C. Los resultados fueron reportados como UFC (unidades formadoras de colonias) de bacterias mesófilas el medio selectivo utilizado fue *Plate Count Agar*.

El Recuento de mohos y levaduras se realizó de acuerdo a la NTC 4132, con base en la técnica de recuento de colonias en placa a 25°C. Los resultados fueron reportados como UFC de mohos y levaduras el medio selectivo utilizado fue *Potato Dextrose Agar*.

Y para el recuento de Coliformes totales se utilizó *Chromocult* y para *Clostridium* APA se realizó de acuerdo a NTC 285 y los resultados fueron reportados como ausencia o presencia.

Para realizar cada una de las siembras en los medios anteriormente mencionados se procedió a hacer tres diluciones de la muestra. Para la dilución 10^{-1} se pesó 10 gr de muestra de mango y se depositó en un erlenmeyer con 90 ml de agua peptonada, luego se procedió a agitar en un skaner a 500 r.p.m. Para la dilución 10^{-2} se procedió a tomar una alícuota de 1 ml de la dilución 10^{-1} , y depositarla en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de agua peptonada, para la dilución 10^{-3} se procedió a tomar una alícuota de 1 ml de la dilución 10^{-2} , y depositarla en un tubo de ensayo que contenía 9 ml de agua peptonada. Luego de realizar las diluciones se procedió a sembrar cada una de las muestras.

2.4.5. Quinta fase: aplicación sobre la matriz alimentaria.

Luego de obtener el biorecubrimiento se dejó enfriar a temperatura ambiente (25°C) y se procedió a hacer la aplicación sobre el mango criollo cortado, mediante la inmersión del producto durante 1 min en el biorecubrimiento. Seguidamente, se removió el excedente de biorecubrimiento de cada cubo de mango con un pincel para lograr así la aplicación homogénea de $0,61\pm 2$ gr o 2,2% de biorecubrimiento sobre cada cubo de mango. Luego, el mango cortado con biorecubrimiento fue sometido a corrientes de aire en un secador de bandejas (FIQ, Bogotá, Colombia), a $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 8 min (Brasil, Gomes, Puerta, Castell y Moreira, 2012) Posteriormente se procedió a empacar las muestras.

2.5. Empaque.

El mango fue cortado con las especificaciones de forma, tamaño y peso anteriormente descritas. En cada bolsa (VACPACK PA 002) de calibre de 90 micras con un rango de sellado de $120^{\circ}-135^{\circ}\text{C}$, R.H. $\text{cm}^3/\text{m}^2/\text{d.bar}$ de ≤ 37 y volumen de 1,75 L, se empacó $172,3\pm 3$ gr en peso de muestra de mango criollo colombiano, para luego someterlo a los tratamientos descritos en la Figura 1. Allí se especifica que las muestras se empacaron a una mezcla de gases (20% CO_2 , 6% O_2 , 74% N_2), a tres presiones diferentes 100 mbar, 250 mbar, 500 mbar, en ausencia y presencia de la biopelícula, así como un tratamiento patrón de referencia que estaba sometido a una atmósfera pasiva, presión y composición del ambiente (21% O_2 , 78% N_2), para este procedimiento se utilizó una empacadora (Multivac D-87787 Wolfertschwenden, Bogotá, Colombia). Las muestras fueron refrigeradas a 5°C .

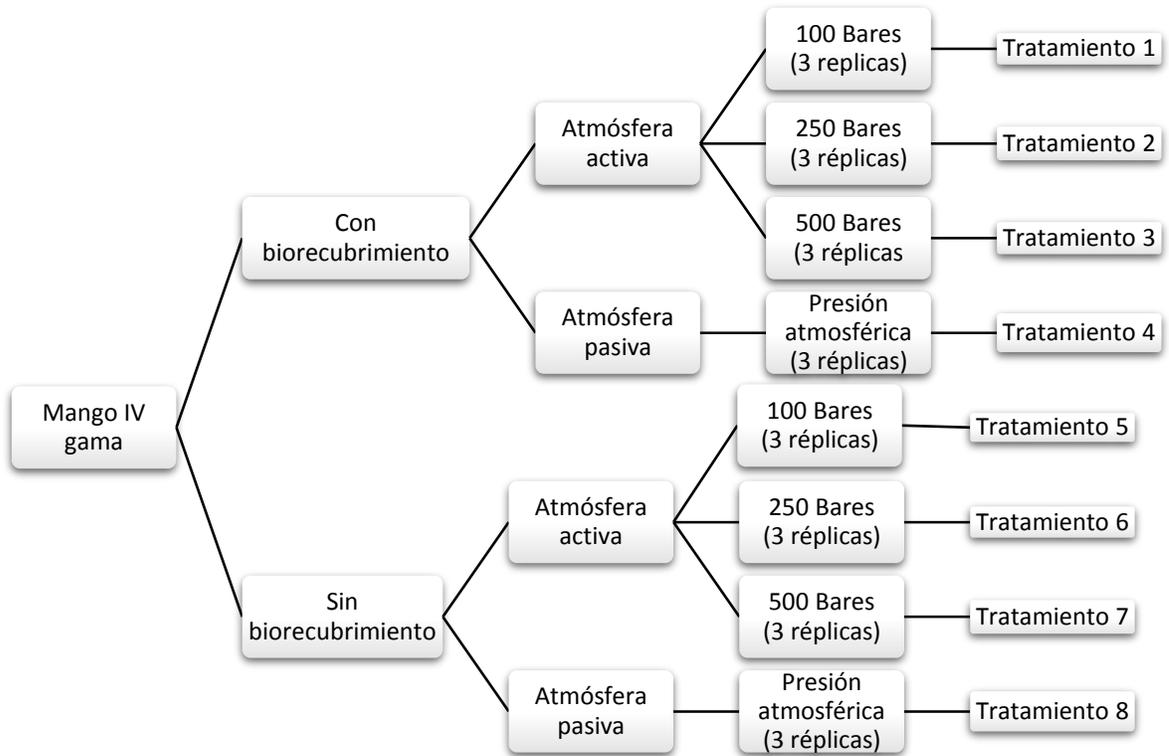


Figura 1 Tratamientos



Figura 2: mango procesado y empacado.

Luego de realizar el proceso de empacado se procedió a hacer el análisis de respiración y sensorial.

2.6. Evaluación de la tasa respiratoria del mango en IV gama.

La tasa respiratoria en el mango procesado se determinó mediante un sistema estático cerrado modificado a las condiciones de investigación (Bhande, Ravindra, y Goswami,2008). Se procedió a evaluar la concentración de los gases en el espacio de cabeza de la bolsa %O₂ y % CO₂ cada 8 y 24 horas durante 8 días por triplicado, mediante la lectura de la concentración de gases con una aguja (0,8 mm de diámetro) conectada a un analizador de gases (PBI Dansensor CheckPoint, Bogotá, Colombia). Para determinar la tasa respiratoria de las muestras se utilizó el modelo propuesto por (Artes-Hernández, Conesa, Artes, 2010) según las ecuaciones 1 y 2. Donde los valores para la tasa de respiración se expresan en mg*kg⁻¹*h⁻¹. Así como %O₂ y %Co₂ son las concentraciones en porcentajes de cada gas en el espacio de cabeza, el volumen libre corresponde al volumen total de la bolsa en la cual se empaco la muestra menos la cantidad de muestra empacada. Así como el peso es la cantidad de muestra empacada en cada bolsa, dentro de las ecuaciones utilizadas existe un factor de conversión 1,94 mg/ml dependiente de la temperatura almacenamiento que en la investigación siempre fue de 5° C (Artes-Hernández, Conesa, Artes,2010).

$$\frac{mg\ O_2}{kg*h} = \frac{\%O_2}{100} * \frac{volumen\ libre\ (ml)}{peso(kg)} * \frac{1}{tiempo\ almac(h)} * \frac{1,94\ mg}{ml} \quad (1)$$

$$\frac{mg\ Co_2}{kg*h} = \frac{\%Co_2}{100} * \frac{volumen\ libre\ (ml)}{peso(kg)} * \frac{1}{tiempo\ almac(h)} * \frac{1,94\ mg}{ml} \quad (2)$$

2.7. Evaluación sensorial del mango en IV gama

La valoración sensorial se llevó a cabo con un panel compuesto por 6 jueces. La prueba utilizada fue un perfil sensorial por aproximación multidimensional que consiste en identificar y seleccionar un conjunto de descriptores relevantes que dan la máxima información sobre los atributos sensoriales de un producto(Alvis, Villada, y Villada, 2008). Para los cuatro tratamientos, se evaluó por medio de una escala descriptiva estructurada(Catania,Avagnina,2007), la aceptabilidad del mango de azúcar, teniendo en cuenta la NTC 3932, donde 1 corresponde a malo, 2 regular, 3 aceptable, 4 bueno, y 5 excelente (Ibañez,Barcina,2001). Se evaluaron atributos de olor, firmeza, sabor y color para los días 0, 2, 4, 6, 8. Las muestras según los tratamientos a los que fueron expuestos se identificaron con un número aleatorio de la siguiente forma: 253 muestra con biorecubrimiento y atmósfera modificada, 316 muestra con biorecubrimiento y atmósfera pasiva, 403 muestra sin biorecubrimiento y atmósferas modificada, 371 muestra sin biorecubrimiento y atmósfera pasiva además de una muestra control (muestra fresca) en cada uno de los días de evaluación.

2.8 Análisis estadístico.

Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y el método LSD (mínimas diferencias significativas) de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$), para evaluar la significancia de los tratamientos a los cuales se sometió el mango de azúcar procesado. Así como también se utilizó este tipo de análisis estadístico para evaluar la significancia de los diferentes componentes del biorecubrimiento comestible, en las variables de respuesta de densidad y viscosidad ya que esto permite evaluar el comportamiento del biorecubrimiento.

Para estos análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico Minitab® versión 16.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.1 Caracterización inicial del mango de azúcar (*Manguifera indica L.*)

La acidez fue reportada como ácido cítrico debido a que es el ácido predominante en el mango, valores más bajos se han reportado en proporción para el ácido málico y ácido succínico (Galvis, Arjona, Fischer, Landwehr, Martinez, 2002). El porcentaje de acidez obtenido fue 0,446% de ácido cítrico, datos similares fueron reportados para mango variedad Tommy atkins con 0,3% y la variedad Kent con 0,5% de ácido cítrico (Siller, Rangel, Báez, Araiza y Ireta, 2009). Así como para la variedad de mango de azúcar colombiano el cual varía de 0,57% hasta 0,22% dependiendo su estado de madurez dado que, a una mayor madurez, menor acidez (Rojas, Peñuela, Gómez, Aristizabal, Chaparro, y López, 2004). Ahora el porcentaje de acidez en las muestras se encuentra dentro del rango de los datos teóricos, se puede asumir que esta acidez se debe al estado intermedio de madurez en el cual se encontraba la muestra y al contenido de azúcar propio de la variedad analizada.

Sólidos solubles:

Los sólidos solubles totales de la pulpa fueron de 9,08 °Brix lo que permite saber el contenido de azúcar en el mango de azúcar. Los °Brix obtenidos para el mango de azúcar fueron similares a lo reportado en otras variedades como el mango Dyke (9,9°Brix), pero mayor a lo reportado para mango Palmer (7,2°Brix) (Siller, Rangel, Baez, Araiza y Ireta, 2009 y mango Tommy (6 °Brix), en cuanto a los valores teóricos para el mango de azúcar colombiano existen referencias con valores desde (7,6°Brix) hasta (19,3°Brix) dependiendo su estado de madurez (Rojas, Peñuela, Gómez, Aristizabal, Chaparro, y López, 2004), lo que permite comprobar que el contenido de azúcar de las muestras se encontraba dentro del rango teórico, además de que respecto a las variedades Palmer y Tommy el contenido de sólidos solubles de la variedad mango de azúcar es mayor evidenciando su mayor contenido de azúcar.

Índice de madurez:

El índice de madurez obtenido para las muestras de mango criollo analizadas fue de 2,06. Existen investigaciones que reportan valores para mango variedad corazón de 4,54 y mango variedad puerco 4,48 (Torre, Montes, Pérez y Andrade, 2013), esta diferencia respecto a los valores teóricos reportados para variedades similares se debe a que el índice de madurez es el coeficiente entre los °Brix y la acidez total (Torre, Montes, Perez, y Andrade, 2013), se tiene cuenta que las variedades corazón y puerco presentan valores de acidez mayores y menor en cuanto a grados °Brix en un estado similar de madurez se explica la diferencia de los valores de índice de madurez.

pH:

En cuanto a esta medición se obtuvo un valor para la pulpa de 4,0, existen valores teóricos para variedades similares como el mango de hilacha y el mango vallenato que en un estado de madurez intermedio presentaban pH de 3,5 y 3,7 respectivamente. Así mismo el mango de azúcar según datos teóricos presenta un valor de 4,1 (Rojas, Peñuela, Gómez, Aristizabal, Chaparro, y López, 2004). Este valor cercano al obtenido experimentalmente deja ver que el pH también está directamente relacionado al estado de madurez ya que ante mayor cantidad de iones de hidrógeno presentes en un alimento con un estado de madurez bajo, mayor será su acidez (Palafox, et al., 2012).

Humedad:

La humedad obtenida para el mango de azúcar fue de 78,22 %, esta humedad no difiere a valores teóricos en la misma variedad mango con un 79% (Corrales, Maldonado, Urango, Franco, Rojano,2014).

Firmeza:

Al evaluar el parámetro de firmeza se obtuvo resultados de 5,5 kgf*cm² que expresados en Newtons da como resultado 51.97 N, existen valores teóricos que reportan 43 N de firmeza (Estrada, Padilla, Marquez,2015) donde se observa cierta semejanza con los valores de la investigación, esta pequeña diferencia se puede deber al estado de calidad en el cual se encontraba nuestra materia prima ya que de acuerdo con Mitcham y McDonald,1994 la pérdida de calidad en frutos de mango inicia cuando éstos muestran valores inferiores a 20 N, y cuando alcanzan 5 N de firmeza el fruto se encuentra sobre maduró y senescente (Rangel, Siller, Díaz, Valdez,2004), lo que deja ver que el mango de azúcar se encontraba en una mejor estado de calidad.

Peso:

El peso promedio de las muestras de mango de azúcar fue de 228 gr comparándolo con valores teóricos expuestos por Rojas et al .2014 donde se presenta un peso de 284 gr u otros valores donde los valores de peso están en el rango de 161gr a 200gr (Estrada, Padilla, y Marquez,2015) estos valores dejan ver que el mango con el cual se trabajó durante la investigación presenta un peso parecido al expuesto por los anteriores autores.

Diámetros:

Diámetro polar: Ahora si evaluamos parámetros de forma del mango azúcar encontramos que el diámetro polar es 86,36 mm, en valores teóricos reportados por (Bolívar et al., 2009) los frutos presentan dimensiones en cuanto a diámetro polar de 70 a 78 mm, valores semejantes a los obtenidos en la materia prima.

Diámetro ecuatorial: En cuanto al diámetro ecuatorial la medida es de 66,96 mm valores teóricos reportados por (Bolívar et al., 2009) los frutos presentan dimensiones en cuanto a diámetro ecuatorial de 56 a 63 mm, valores similares para el mango utilizado en la investigación.

Coefficiente de esfericidad: El coeficiente de esfericidad para el mango de azúcar evaluado es de 0,775 valores teóricos para otras frutas se encuentran en 0,886 para la pera,840 para la ciruela variedad Horvin (Parra, Hernandez, Camacho,2006), 0,957 para el lulo (González, Ordoñez, Vanegas, Vasquez,2013), así mismo que para otras variedades de mango los valores teóricos son de 0,653 para la variedad kent y de 0,874 para la variedad Tommy atkins (Siller, Rangel, Báez, Araiza y Ireta, 2009).

Parámetro	Media / Desviación estándar
Acidez titulable	0,446 ± 0,1743 % ácido cítrico
Sólidos solubles	9,080 ± 1,123 ° Brix
Índice de madurez	2,06
pH	4,060 ± 0,241
Humedad	78,220 ± 1,989 % Humedad
Firmeza	5,5± 0,265 kgf cm-2
Peso	228 ± 44,1 gr
Diámetro polar	86,36 ± 6,72 mm
Diámetro ecuatorial	66,96 ± 5,43 mm
Coefficiente de esfericidad	0,775± 1,43

Tabla 1 caracterización inicial del mango criollo (manguifera indica L).

3.2 Tasa de respiración.

Todas las muestras evidenciaron una producción de CO₂ característica de frutos climatéricos, con un aumento de CO₂ en cuanto al factor tiempo de almacenamiento, hasta alcanzar punto climatérico, luego hubo un descenso progresivo de actividad respiratoria. La máxima actividad respiratoria se alcanzó entre 40 horas y 48 horas de almacenamiento (*figura 3*).

Las muestras de mango criollo en atmósferas pasiva sin ningún tipo de recubrimiento alcanzaron un pico máximo de 93,33 mg CO₂/kg*h (aprox. 48,11 ml CO₂/kg*h) a las 40 horas de almacenamiento, tiempo menor al reportado por (Morais, Filgueras, Pinho, Alves, y Assis, 2003) en mangos *Tommy atkins* ya que esta variedad de mango alcanza su pico climatérico a los 7 días de almacenamiento con una producción de CO₂ cercana a 150 mg CO₂/kg*h. Las condiciones del experimento de (Morais, Filgueras, Pinho, Alves, y Assis, 2003) es con mango sin procesar (mango entero) lo que puede explicar las diferencias en tiempo de los picos climatéricos, pero teniendo en cuenta la producción de CO₂ se observa un comportamiento similar corroborando los resultados debido a que se trabaja en la misma matriz alimentaria. Ahora comparando la tasa respiratoria de otro tipo de fruta que han sido sometidas a algún tipo de procesamiento o troceado la fresa alcanza valores de 24,7 ml CO₂/kg*h o melocotón troceado y empacado con 21,6 ml CO₂/kg*h (Giraldo,2006) en su pico climatérico lo cual permite observa un comportamiento similar pero con una evidente mayor

producción de CO₂ del mango criollo colombiano procesado dado a que esta fruta tiene ciclos climáticos más rápidos(Serget,1999) por ende una mayor tasa de respiración.

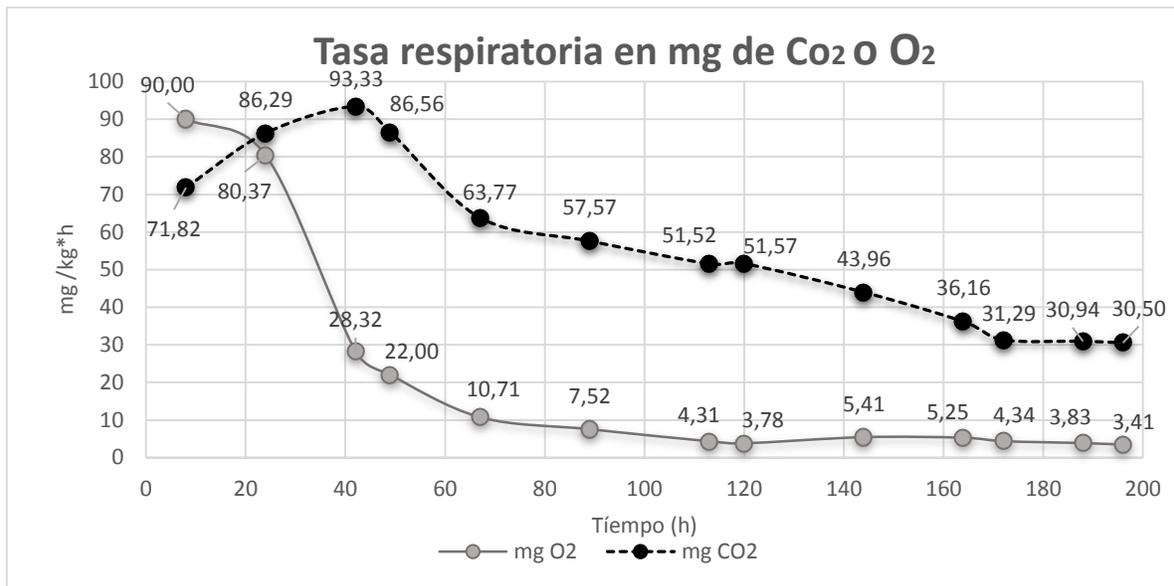


Figura 3: Tasa de respiración inicial del mango

3.3 Desarrollo del biorecubrimiento.

Con la formulación R1, R2, R3 y R4 se determinó % de Tween 80 para formar la emulsión, obteniendo que R4 con 0,5% de Tween 80 mostró visualmente una emulsión estable. Valores similares fueron empleados en investigaciones donde utilizaron 0,1% (Nielsen, Kjems, Mygind, Snabe y Meyer, 2016). En la formulación R4 se observa una emulsión más estable, debido a la ausencia de la bicapa del agua y el aceite dado que en la zona de dispersión, las burbujas de cavitación imploraron, provocando intensas ondas de choque en el líquido circundante, lo que da lugar a la formación de la emulsión, con ayuda de las altas velocidades y la acción del surfactante, en este caso el Tween 80, que cumple también la función de estabilizante para mantener la distribución final del tamaño de glóbulo al mismo nivel que tras la dispersión ultrasónica. (Cabrera, Sotelo y Quintanilla, 2016).

Con la formulación R5, R6 y R7 se determinó el % de almidón de plátano, donde no hubo diferencia significativa en cuanto a la viscosidad, pero la formulación que evidenció mejor densidad con un valor de media de 1,301 g/mL, y un mejor comportamiento respecto a la apariencia y manipulación fue la R5 que tenía una proporción de almidón de 3% ya que en esta formulación no se evidenció exceso de almidón sin diluir en la mezcla, o una densidad y viscosidad muy altas que interfiriera en la manipulación y aplicación sobre la matriz alimentaria. Proporciones de 4% de almidón fueron utilizadas por (Zamudio, Bello, Vargas, Hernández, y Romero, 2007) en la elaboración de biorecubrimientos. Existen valores de 1,055 g/mL para la densidad de biorecubrimientos utilizados en frutas (López, Cuatin, Andrade, Osorio, 2015), lo que permite evidenciar la similitud con biorecubrimiento. El efecto que el almidón tuvo en las características del biorecubrimiento se debe a que en el almidón de plátano se encuentran presente la amilosa, que es esencialmente un polímero, en el cual las unidades de anhidro glucosas están presentes y unidas en mayor parte por enlaces glucosídicos α -(1-4) (Tester, Karkalas, y Qi, 2004).

Con la formulación R8, R9 y R10 se determinó el % de glicerol donde gracias a la prueba estadística se observa que no hay diferencias significativas entre las tres formulaciones anteriormente mencionadas, pero debido a la acción de plastificante que cumple el glicerol dentro del biorecubrimiento la formulación que presentó una mejor viscosidad a parámetros de resistencia a fluir y la tensión de cizallamiento fue la formulación R8, ya que al utilizar una mayor cantidad de glicerol en el biorecubrimiento como es el caso de las formulaciones R9 y R10 cumple la acción de agente suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes por (Otey y Westhoff,1999). Pero cuanto más se incluye una sustancia plastificante en una matriz polimérica, la elongación y la deformación se incrementan mientras que el esfuerzo de ruptura disminuye. (Díaz, Mali, Beleia y Grossman, 2007) lo que explica porque las formulaciones R9 y R10 fueron más líquidas y con mayor dificultad para formar el biorecubrimiento que la formulación R8. En la formulación R11 se incorporó el 2% de pectina de acuerdo a lo sugerido por Ramos et al (2010) para mejorar el comportamiento del biorecubrimiento, obteniendo una mezcla compacta con buena textura en cuanto a la manipulación y aplicación sobre la matriz alimentaria, un color que no afectaba las características visuales del mango de azúcar después de aplicado, una viscosidad de 1,412 (Pa*s) que en comparación con diversos biorecubrimientos desarrolladas para la aplicación en frutas es cercana como el caso del biorecubrimiento para tomate de árbol con 0,952 (Pas*s)(Andrade, Acosta, Bucheli, Osorio, 2014), o el desarrollado para uchuva con 0,624 (Pas*s) (López, Cuatin, Andrade y Osorio,2015) y el que se desarrolló para aplicar en frutos de *Averrhoa carambola L.* que tenía una viscosidad de 1,47(Pas*s)(Hanani, Halimatun, Zaibunnisa.2012). Así mismo se valoró la densidad del biorecubrimiento desarrollado arrojando valores de 1,470 g/mL.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
Aceite	0%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Tween 80	0%	0,1%	0,25%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5	0,5%	0,5%	0,5%
Almidón de plátano	0%	0%	0%	0%	3%	4%	5%	3%	3%	3%	3%
Glicerol	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%	6%	2%
Pectina	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%

Tabla 2 formulaciones experimentales biorecubrimiento.

Formulación	Viscosidad absoluta (Pa*s)	Densidad (g/ml)
R5	1,105 ^a	1,301 ^a
R6	1,123 ^a	1,790 ^b
R7	1,143 ^a	1,980 ^c
R8	1,487 ^b	1,324 ^a
R9	1,692 ^b	1,332 ^a
R10	1,984 ^b	1,321 ^a
R11	1,412 ^b	1,470 ^a

Tabla 3 prueba de Tukey para formulación.

Los valores con diferente letra son significativamente diferentes entre ellos. P<0.05

3.4 Empaque en atmósferas modificadas.

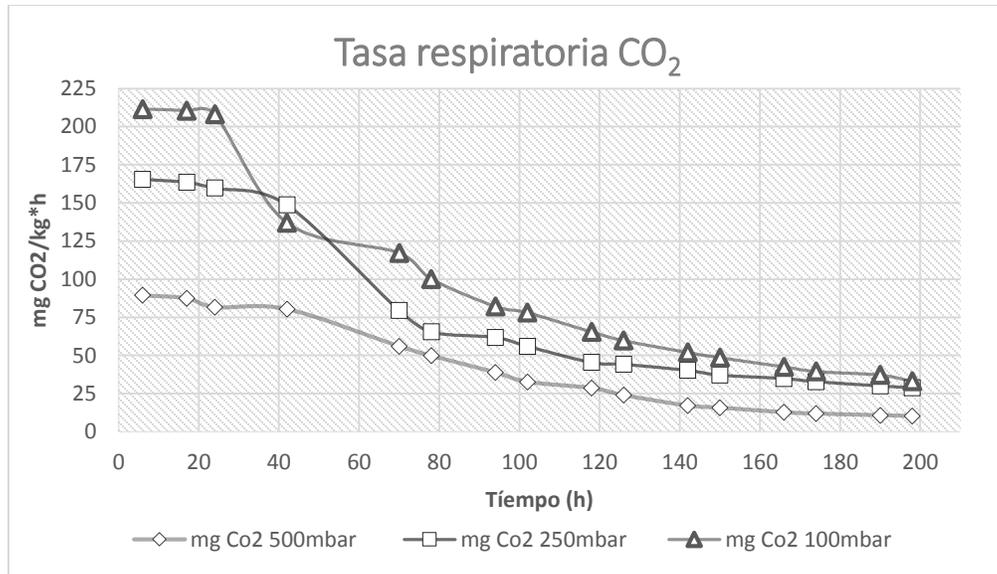


Figura 4: Tasa de respiración de CO₂ con atmósfera modificada a diferentes presiones.

Luego de analizar las tres presiones a las cuales se sometió el mango de azúcar procesado sin la inclusión del biorecubrimiento, se puede evidenciar que la presión más efectiva a la hora de retrasar la tasa respiratoria del mango es la de 500 mbar, dado que en las presiones de 250 mbar y 100 mbar la tasa respiratoria fue significativamente más alta entre las 6 y 70 horas de almacenamiento, como se muestra en la *Figura 4*. Las muestras que se sometieron a la presión de 500 mbar presentaron niveles más bajos de mg CO₂, ya que su curva de respiración va desde 89,428 mg CO₂/kg*h hasta 10,274 mg CO₂/kg*h y se encontró que el porcentaje de disminución de la tasa respiratoria al inicio del tiempo de almacenamiento es de 4.36% y al final de los ocho días de almacenamiento es de 66.32% para esta presión respecto a la tasa de CO₂ para el mango sin ningún tipo de modificación. Existen investigaciones que han mostrado que el almacenamiento en atmósfera controlada en zanahorias frescas y cortadas reducía su velocidad de respiración alrededor de 55% a 0°C, alrededor de 65% a 5°C y 75% a 10°C (Ibarz y Pagan, 2003). Lo que nos deja ver que de acuerdo a nuestra temperatura de almacenamiento el porcentaje de reducción de respiración está cercano al de otras frutas o verduras reportadas. Existen investigaciones en mango Tommy Atkins en la cual utilizan atmósferas controladas donde obtuvieron resultados similares a los de nuestra investigación, ya que los niveles de CO₂ al final del tiempo de los 8 días de almacenamiento arrojaron resultados de 13,58 mg CO₂/kg*h (Rattanapanone, Lee, Wu, y Watada, 2001) valores cercanos a la tasa de respiración del mango de azúcar. Se tiene en cuenta que este fenómeno en la respiración se debe a que la inclusión de las atmósferas modificadas genera la alteración de la atmósfera alrededor del mango fresco causando un cambio en la velocidad de respiración. Ya que la disminución de concentraciones de oxígeno da lugar a una mezcla de ambas respiraciones la aerobia y la anaerobia, que equilibrará el oxígeno y el dióxido de carbono de forma correcta para cada tipo de producto, que combinado con la temperatura apropiada retrasará la respiración (Parry, 1996).

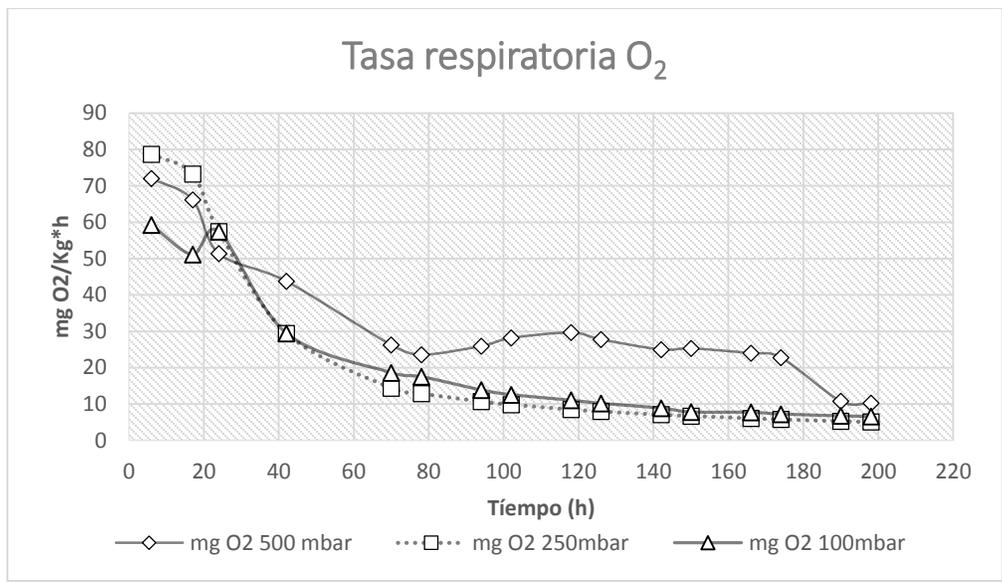


Figura 5: Tasa de respiración de O₂ con atmosfera modificada a diferentes presione.

El fenómeno de equilibrio entre dióxido de carbono y oxígeno expuesto por Parry, 1996 se puede también evidenciar observando la *Figura 5* donde se modela las curvas de respiración respecto al O₂ y allí podemos ver que luego de los ocho días de almacenamiento la tasa respiratoria de mg CO₂/kg*h y mg O₂/kg*h tiende a equilibrarse. Ya que a medida que el oxígeno es consumido, se produce dióxido de carbono en cantidades equimolares aproximadas, creando gradientes de gas a través de la película. Estos gradientes de difusión conducen al dióxido de carbono fuera del paquete y obliga al oxígeno a penetrar en él. Al principio, esta fuerza conductora es suave, pero poco a poco se obtiene un equilibrio, que combinado con temperaturas bajas de almacenamiento reduce la velocidad de respiración (Parry, 1996). Lo que deja ver que a una mayor presión existe un mayor gradiente de difusión logrando un efecto mayor en la reducción de la respiración del mango procesado.

3.5 Efecto del biorecubrimiento y la atmósfera activa o pasiva en la tasa de respiración.

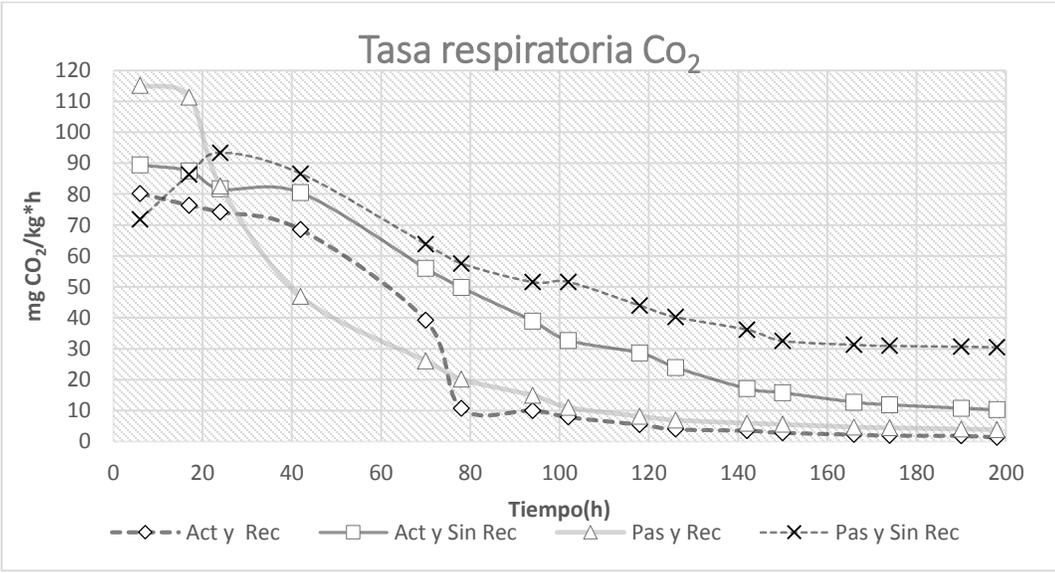


Figura 6: Tasa respiratoria respecto al CO₂

Al realizar el análisis del comportamiento de la respiración de los cuatro tratamientos a los cuales se expuso el mango de azúcar procesado, se identificó que el tratamiento que reduce mayormente el índice de CO₂ es el empacado en una atmósfera activa con la incorporación del biorecubrimiento. Analizando detalladamente el comportamiento de la tasa respiratoria respecto al CO₂, que comparando la curva de la muestra que no tenía biorecubrimiento y estaba expuesta a atmósfera pasiva (Pas y sin Rec), con la muestra de mango que tenía incorporado el biorecubrimiento y estaba sometida a atmósfera pasiva (Pas y Rec), se evidencia el efecto que tiene solamente el biorecubrimiento para reducir la tasa de respiración del mango. Ya que la disminución de los mg CO₂/kg*h es evidente en la mayoría del tiempo de almacenamiento, y si se tiene en cuenta la media estadística de la tasa respiratoria respecto al CO₂ del tratamiento (Pas y sin Rec) que es de 49,34 mg CO₂/kg*h y de la muestra (Pas y Rec) es de 27,75 mg CO₂/kg*h vemos cuantitativamente el efecto del biorecubrimiento sobre la tasa de respiración. Ahora este efecto se debe a que la respiración, como proceso fisiológico fundamental es la degradación y síntesis de metabolitos en el fruto de mango, requiriendo como sustrato principal el oxígeno, que se ve disminuido por la barrera física que ejercen los recubrimientos comestibles (Quintero, Giraldo, Lucas, y Vasco, 2013). La efectividad de los biorecubrimientos depende de la barrera al oxígeno que los mismos ejerzan, ya que los frutos recubiertos sufren disminución en la tasa de respiración en relación con los frutos control (Márquez, Cartagena, y Perez,2009).

Comparando el efecto del biorecubrimiento en la tasa respiratoria en las muestras que estaban sometidas a atmósferas activas de 500 mbar (Act y Rec) se evidencia que fue la más baja luego de las 80 horas de almacenamiento hasta el final del experimento a las 196 horas y respecto a su media estadística es la que presenta valores más bajos de los cuatro tratamiento evaluados con 22,96 mg CO₂/kg*h. Diferentes investigaciones han obtenidos resultados de 3,9 ml CO₂/kg*h (aprox. 7,57 mg CO₂/kg*h) para 168 horas de almacenamiento (Perez, Aristizabal, y Restrepo,2016), que al compararlo con los resultados obtenidos son muy cercanos para ese tiempo de almacenamiento ya que oscilan alrededor de 4,61 mg CO₂/kg*h .

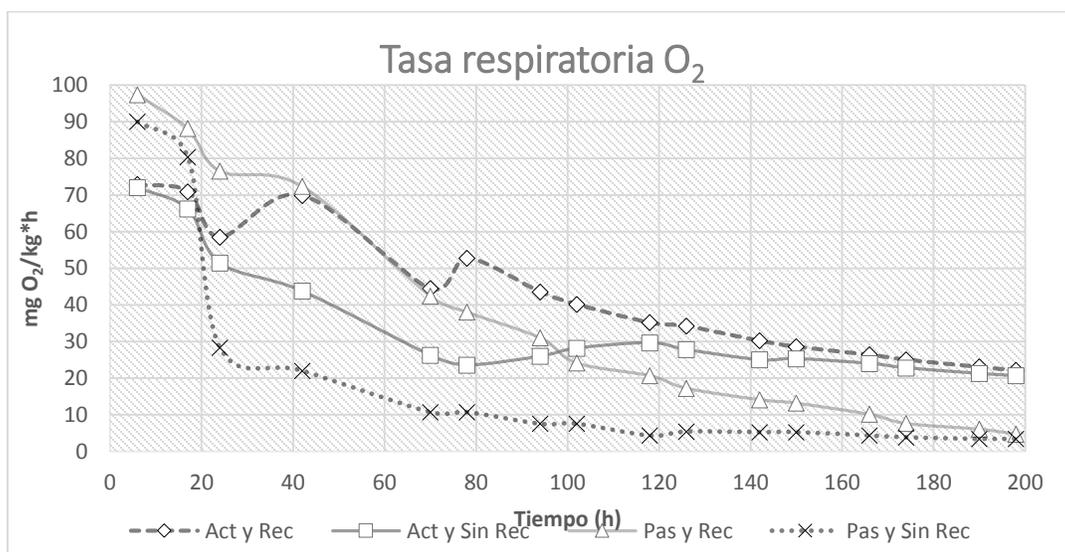


Figura 7: Tasa respiratoria respecto al O₂

Analizando los resultados de la Figura 7 se evidencia que los mg O₂/kg*h de la muestra con biorecubrimiento en atmósfera pasiva son mayores durante todo el tiempo de almacenamiento que

las muestras sin biorecubrimiento en atmósfera pasiva siguiendo el comportamiento normal y evidenciando así que hay el efecto de barrera al oxígeno por parte del biorecubrimiento debido a su mayor proporción en cuanto al O_2 disponible y menor producción respecto al CO_2 . Perez, Aristizabal, Restrepo, 2016 expone resultados obtenidos en la tasa respiratoria del mango mínimamente procesado con un biorecubrimiento de aloe vera donde el comportamiento en la tasa respiratoria luego de transcurrir las 168 horas de almacenamiento tiene valores de y $4,1 \text{ ml } O_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ (aprox. $7,95 \text{ mg } O_2/\text{kg}\cdot\text{h}$) (Pérez, Aristizabal, Restrepo, 2016) valores cercanos a los obtenidos en esta investigación que para ese tiempo son $10,127 \text{ mg } O_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ para las muestras con biorecubrimiento en atmósferas pasivas. Ahora de acuerdo al efecto del gradiente de difusión expuesto por (Parry ed, 1996) para productos envasados en atmósferas modificadas (Figura 7) se observa que esta muestra es la que presenta valores más altos de $\text{mg } O_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ comprobando así el efecto que el biorecubrimiento tiene a la hora de combinarse con una atmósfera activa.

3.6 Antioxidantes.

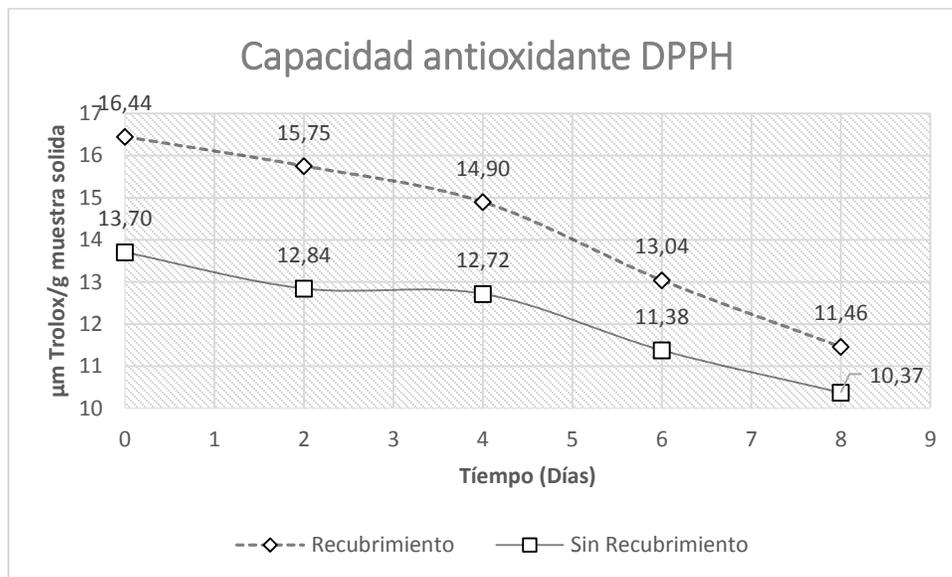


Figura 8: capacidad antioxidante por método DPPH

Analizando la capacidad antioxidante del mango sin biorecubrimiento por el método DPPH se determinó valores iniciales de $13,70 \text{ µm Trolox/g}$ en muestras sin recubrimiento y de $10,37 \text{ µm Trolox/g}$ luego de los ocho días de almacenamiento de las muestras con el mismo tratamiento, estos valores son menores que los reportados por Morillas, y Delgado. 2012 donde el mango presenta una capacidad antioxidante de $91,45 \text{ µmol Trolox / g fruta}$ o los reportados por (Cevallos-Casals, Byrne, Cisneros-Zevallos, y Okie, 2005) que mencionan valores de $30, 88 \text{ µm Trolox / g fruta}$. Ahora estos bajos valores en cuanto al mango procesado sin biorecubrimiento se debe a la degradación que sufre la capacidad antioxidante durante el tiempo de almacenamiento debido al hecho de que los constituyentes antioxidantes son muy susceptibles a degradación cuando se exponen a oxígeno, luz y altas o bajas temperaturas (Gil, Aguayo, y Kader, 2006). De la misma forma, los procesos de sanitización donde se emplean compuestos con bajo pH como sucede al usar hipocloritos, pueden favorecer en diferente medida la oxidación y daño del tejido, (Firuzi, Mladenka, Petrucci, Marroso, y Saso, 2004) reduciendo así la capacidad antioxidante de la muestra tratadas. Cuando las muestras

se almacenan por períodos largos (1-2 semanas) se pueden producir pérdidas substanciales de vitamina C y otros compuestos bioactivos (Núñez, Brecht, Morais, y Sargent, 1999; Lee y Kader, 2000) afectando directamente la capacidad antioxidante del mango. Ahora el efecto del biorecubrimiento logró aumentar la capacidad antioxidante del mango procesado sutilmente ya que sus valores al inicio del tiempo de almacenamiento son de 16,44 $\mu\text{m Trolox/g}$ muestra y al final del almacenamiento son de 11,46 $\mu\text{m Trolox/g}$ este aumento se debe a la inclusión del aceite esencial de ricino en el biorecubrimiento, ya que a los aceites esenciales se les atribuye sus propiedades antioxidante debido a sus componentes activos principales, de tipo monoterpeno y aril propanoides, así como la presencia de diferente tipo de fenoles; pero además, se puede atribuir a la presencia de constituyentes en pequeñas cantidades o a la sinergia que se puede presentar entre ellos (Politeo, Juki, y Milo, 2006) debemos tener en cuenta que si comparamos los dos tipos de tratamientos evaluadas, observamos que el aumento no es muy grande, esto se debe a que la proporción en la cual fue incorporado el aceite de ricino es pequeña respecto al resto de los ingredientes del biorecubrimiento además de que la cantidad de biorecubrimiento que se adicione al mango procesado fue también pequeña eso explica el sutil aumento en la actividad antioxidante del mango procesado gracias al biorecubrimiento.

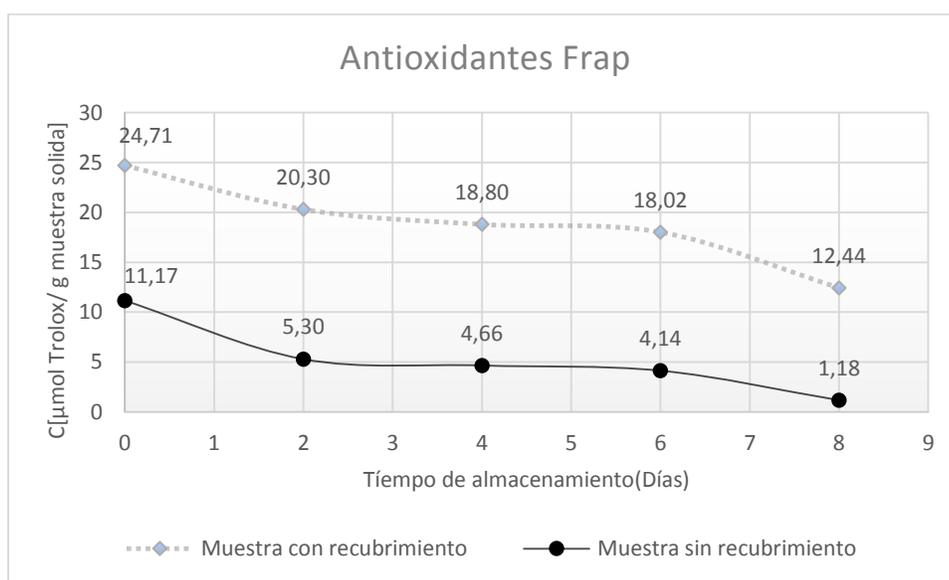


Figura 9: capacidad antioxidante por método FRAP

Analizando la capacidad antioxidante del mango sin biorecubrimiento por el método FRAP se determinó valores iniciales de 11,17 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en muestras sin recubrimiento y de 1,18 $\mu\text{mol Trolox/g}$ luego de los ocho días de almacenamiento de las muestras con el mismo tratamiento, estos valores son menores a los expuestos por Soong y Barlow, 2004 donde la pulpa de mango presenta valores de 36.6 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en actividad antioxidante por este método. Es importante resaltar que el efecto del biorecubrimiento fue bueno ya que se logró incrementar la capacidad antioxidante de las muestras a las cuales se les incorporo ya que sus valores se encuentran en 24,71 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en el día cero y 12,44 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en el día ocho de almacenamiento notablemente mayores a los valores de las muestras sin recubrimiento. Hay que tener en cuenta que el procesamiento de la fruta genera una disminución de la actividad antioxidante, ya que el cortado de la fruta promueve la síntesis de etileno, acelerando los procesos de senescencia del producto donde tiene lugar la oxidación de compuestos bioactivos (Watada, Abe, y Yamauchi, 2012). Que a su vez aceleran la

degradación de fenoles debido al proceso de senescencia, por la catálisis de la enzima polifenol oxidasa (PPO), que además de afectar la apariencia del producto disminuye la actividad antioxidante por la pérdida de esos compuestos (Morante et. al, 2014).

3.7 Efecto del biorecubrimiento en atmósfera activa en actividad microbiana.

En la *Tabla 4* se muestra el recuento para los patógenos mesófilos, hongos, levaduras, coliformes totales y *Clostridium* de todas las muestras evaluadas donde se observa que las muestras que se sometieron a una atmósfera activa con la inclusión del biorecubrimiento, presenta menor aparición de los diferentes tipos de microorganismos, dejando ver el efecto de este tratamiento para inhibir el crecimiento biológico. Como se puede observar, para todos los tratamientos el conteo de UFC del día inicial fue de cero en patógenos mesófilos, hongos y levaduras, también se evidencia ausencia de *Clostridium* y Coliformes totales, este comportamiento es importante resaltarlo ya que garantiza que las muestras se prepararon con la inocuidad necesaria para evitar contaminación a la hora del procesamiento de la fruta o manipulación del biorecubrimiento, lo que elimina así la variable de contaminación cruzada que se pudiera presentar en las muestras generando error en la valoración microbiológica del mango procesado.

El primer microorganismo a analizar serán las bacterias mesófilas donde se encontró un efecto inhibitorio de los tratamientos T1 Y T2 ya que en el día 2 para estos tratamientos no existe recuento de UFC, a comparación de los tratamientos T3 y T4 del mismo día que presentan 16×10^2 y 8×10^2 respectivamente. Y analizamos el día 8 el crecimiento microbiano de mesófilos es mucho menor en las muestras que tenían la inclusión del biorecubrimiento, esto se debe a que los aceites esenciales pueden afectar la actividad de las bacterias debido a la hidrofobicidad de los aceites esenciales que les permite incorporarse a los lípidos de la membrana bacteriana, ocasionando trastornos en su estructura y permeabilidad, dando lugar a la fuga de iones y otros compuestos alterando así la reproducción bacteriana (Bosquez, Ronquillo, Bautista, Verde, y Morales, 2009). Este mismo efecto es lo que genera que al final del tiempo de almacenamiento exista la presencia de bacterias coliformes en los tratamientos T3 y T4. Es importante mencionar que el T1 es la que presenta menor recuento de mesófilos y coliformes de todos los tratamientos esto se debe a la inclusión de la atmósfera activa ya que estos niveles bajos de O_2 inhiben el crecimiento de la mayoría de los microorganismos de deterioro aeróbico (Corbo, Speranza, Campaniello, Amato, y Sinigaglia, 2010). Por otro lado, las altas concentraciones de CO_2 inhiben varias enzimas del ciclo de Krebs inhibiendo el crecimiento de microorganismos (Soliva y Belleso, 2003).

El siguiente microorganismo a analizar es la presencia de mohos y levaduras donde se observa el efecto inhibitorio del biorecubrimiento, este efecto es más evidente el día ocho ya que se observa que las muestras T1 y T2 tienen una presencia de 5×10^2 y 2×10^2 UFC respectivamente de mohos y levaduras que es mucho menor a comparación de las muestras sin recubrimiento T3 y T4 con 25×10^2 y 20×10^2 UFC esto se debe a que la actividad anti fúngica de los aceites esenciales se asocia al contenido de fenoles monoterpénicos del aceite de ricino (Ramos et al., 2010). El mecanismo de acción de estos inhibidores se asocia con la capacidad de interactuar con el citoplasma del patógeno (Ronquillo, 2007). Por último, se evidencia que ninguna de las muestras durante los ocho días de almacenamiento presenta presencia de *Clostridium*. Existen investigaciones en *mango cv. Zapote* que gracias a la inclusión de un biorecubrimiento a base de almidón de yuca se logró un factor de inhibición importante en cuanto a mohos y levadura (Trujillo, Perez y Duran, 2011).

		T1	T2	T3	T4
Tiempo	Patógeno	Mango con biorecubrimiento y atmósfera pasiva	Mango con biorecubrimiento y atmósfera activa	Mango sin biorecubrimiento y atmósfera pasiva	Mango sin biorecubrimiento y atmósfera activa
Día 0	Mesófilos	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
	Hongos y levaduras	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
	Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Clostridium	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Día 2	Mesófilos	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	16x10 ² UFC	8x10 ² UFC
	Hongos y levaduras	2x10 ² UFC	1x10 ² UFC	11x10 ² UFC	9x10 ² UFC
	Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Clostridium	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Día 4	Mesófilos	6x10 ² UFC	3x10 ² UFC	20x10 ² UFC	15x10 ² UFC
	Hongos y levaduras	4x10 ² UFC	1x10 ² UFC	15x10 ² UFC	11x10 ² UFC
	Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	Clostridium	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Día 6	Mesófilos	15x10 ² UFC	8x10 ² UFC	75x10 ² UFC	50x10 ² UFC
	Hongos y levaduras	5x10 ² UFC	2x10 ² UFC	19x10 ² UFC	10x10 ² UFC
	Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Presencia en x10 ⁻²	Ausencia
	Clostridium	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Día 8	Mesófilos	19x10 ² UFC	10x10 ² UFC	187x10 ³ UFC	91x10 ² UFC
	Hongos y levaduras	8x10 ² UFC	5x10 ² UFC	25x10 ² UFC	20x10 ² UFC
	Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Presencia en x10 ⁻²	Presencia en x10 ⁻²
	Clostridium	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Tabla 4 resultados de carga microbiológica

3.8 Evaluación sensorial del mango con y sin recubrimiento en atmósfera activa.

En los cuatro parámetros sensoriales evaluados (color, olor, sabor y textura) en la *Tabla 5* se muestra que no existe diferencia significativa ($P < 0,05$) entre los cuatro tipos de muestra: muestra 403 sin biorecubrimiento y atmósfera modificada, muestra 253 con recubrimiento y atmósfera modificada, muestra 316 con recubrimiento y atmósfera pasiva y muestra 371 sin recubrimiento y atmósfera pasiva además de una muestra control fresca. Ya que se observa que, según la media estadística y desviaciones estándar reportadas, la valoración de los seis jueces da como resultado una agrupación de todas las muestras en cada parámetro en un grupo, dado a que no existe gran variación. Esto permite inferir que la inclusión del biorecubrimiento no tiene un gran impacto sobre la percepción

del consumidor sobre las características organolépticas del mango criollo colombiano procesado, que era algo que se deseaba ya que no se buscaba la inclusión de una sustancia invasora que modificara las características del mango en cuanto de parámetros de sabor, olor y color.

Ahora como se observa en la *Figura 10* en el análisis sensorial teniendo en cuenta el factor tiempo se presentaron 5 grupos homogéneos de datos de los cuales los de mayor importancia fueron el día 0 dado que permite conocer la percepción sensorial al menor tiempo de almacenamiento y el día 8 ya que deja ver la evolución sensorial que tuvo el mango criollo procesado luego de su proceso de almacenamiento. Es así como se observa que en todos los parámetros las muestras tuvieron comportamiento similar, pero se puede concluir que la muestra 371 es la que presenta una percepción sensorial más baja en todos los parámetros evaluados, esto tiene sentido ya que es la muestra que se sometió a una atmósfera pasiva y no tenía presencia de biorecubrimiento.

Muestra	color	Olor	Sabor	Textura
Muestra 403	4,23±0,34 ^a	4,06±0,78 ^a	4,23±0,69 ^a	3,96±0,81 ^a
Muestra 253	4,23±0,72 ^a	4,26±0,57 ^a	4,10±0,78 ^a	4,10±0,41 ^a
Muestra 316	4,13±0,65 ^a	3,96±0,47 ^a	4,03±0,72 ^a	4,06± 0,41 ^a
Muestra 371	3,93±0,74 ^a	3,93±0,65 ^a	3,90±0,90 ^a	4,16± 0,55 ^a

Tabla 5 Prueba de Tukey para análisis sensorial.

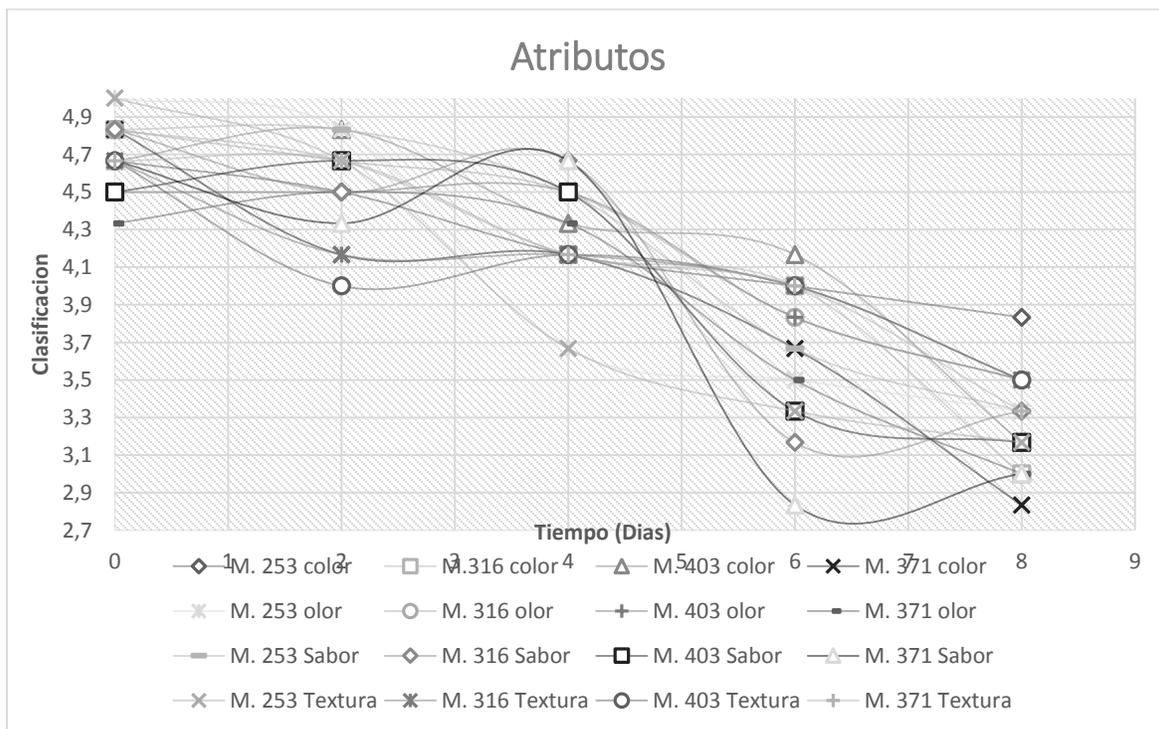


Figura 10 valoraciones de atributos respecto al tiempo de almacenamiento

CONCLUSIONES:

La formulación R11 compuesta por 2% aceite, 0,5% Tween 80, 3% almidón, 2% de glicerol y 2% pectina presentó las características de viscosidad y densidad de 1,412 Pa*S y 1,470 g/ml respectivamente, con un comportamiento sobre la matriz alimentaria adecuado a la hora de su implementación y aplicación, gracias a la inclusión de la pectina.

La inclusión de una atmósfera activa a una presión de 500 mbar logró reducir la tasa respiratoria del mango de azúcar procesado en un 66.32 % respecto al CO₂. Luego con la inclusión del biorecubrimiento se logró disminuir a 10,96 mg CO₂/kg*h y a 10,13 mg O₂/kg*h después de 80 horas de almacenamiento.

El biorecubrimiento desarrollado aporta 16,44 μmol Trolox / g de actividad antioxidante evaluado por el método DPPH y 24,71 μmol Trolox / g por el método FRAP debido a la inclusión del aceite de ricino y demás componentes bioactivos, debido a que estos valores son superiores a los de las muestras sin recubrimiento.

El biorecubrimiento presentó propiedades antimicrobianas ya que disminuyó en las muestras en las cuales se incorporó este tratamiento cerca de 2 ciclos logarítmicos el crecimiento de mesófilos y un 50% el crecimiento de hongos y levaduras al final de los 8 días de almacenamiento, además de mantener siempre la ausencia de coliformes totales.

Los tratamientos utilizados sobre el mango procesado tuvieron una aceptabilidad general buena por parte de los jueces ya que todos presentaron medias estadísticas por encima de 3.9 en cada uno de los parámetros evaluados, evidenciando así que se logró alcanzar los efectos deseados sobre el mango de azúcar sin transformar sus características organolépticas.

RECOMENDACIONES:

Es recomendable que al realizar investigaciones con cualquier tipo de fruta climatérica el estado de madurez sea el mismo, para evitar variabilidad en los resultados.

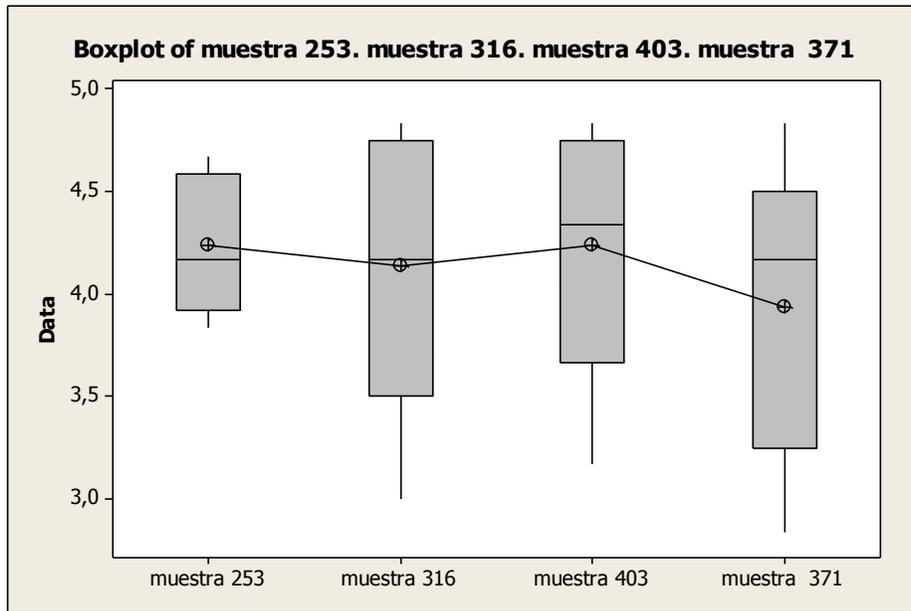
Conocer el tipo de sistema que se va utilizar para evaluar la tasa respiratoria de las frutas, para lograr identificar qué tipo de ecuaciones modelan de la mejor manera las curvas respiratorias.

Es conveniente que para realizar la medición de la actividad antioxidante de las muestras los reactivos a utilizar estén en un estado de preparación fresco.

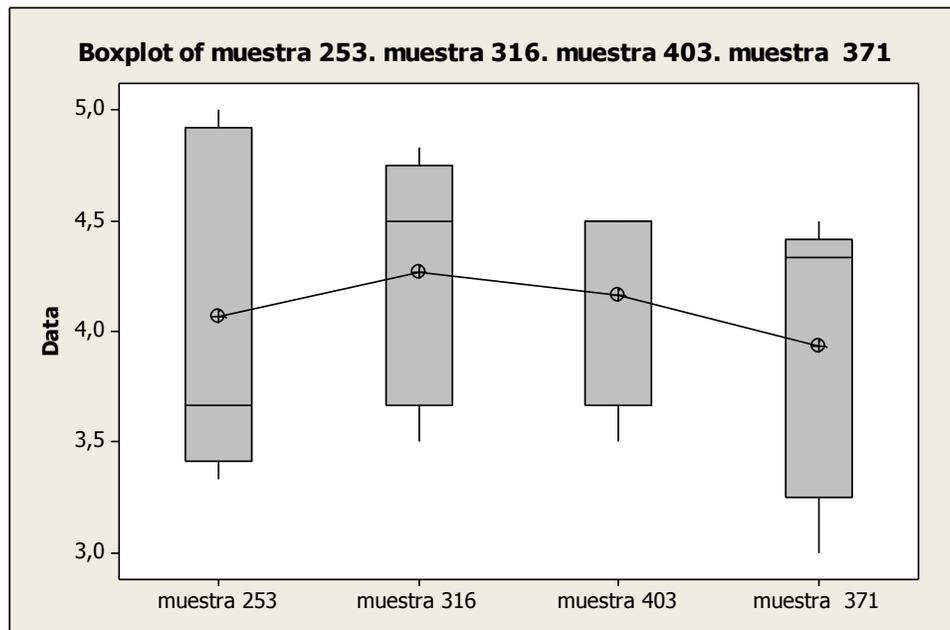
Para realizar la identificación de la actividad antioxidante por el método FRAP o DPPH, es indicado trabajar los reactivos en recipientes e instalaciones aislados de la luz para evitar problemas por la foto-sensibilidad de estos reactivos.

Para realizar cualquier tipo de prueba microbiológica en alimentos es necesario que se haga la siembra en el momento cero para comprobar que el proceso de manipulación o procesamiento de los componentes a analizar no se presentó ningún tipo de contaminación cruzada que pueda afectar los resultados.

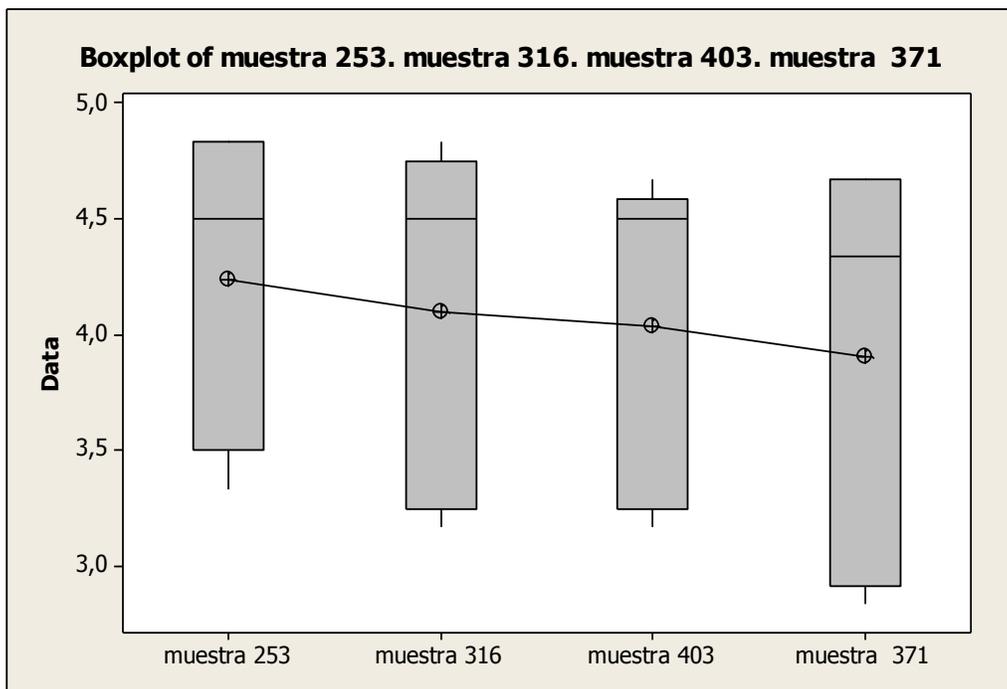
ANEXO 1:



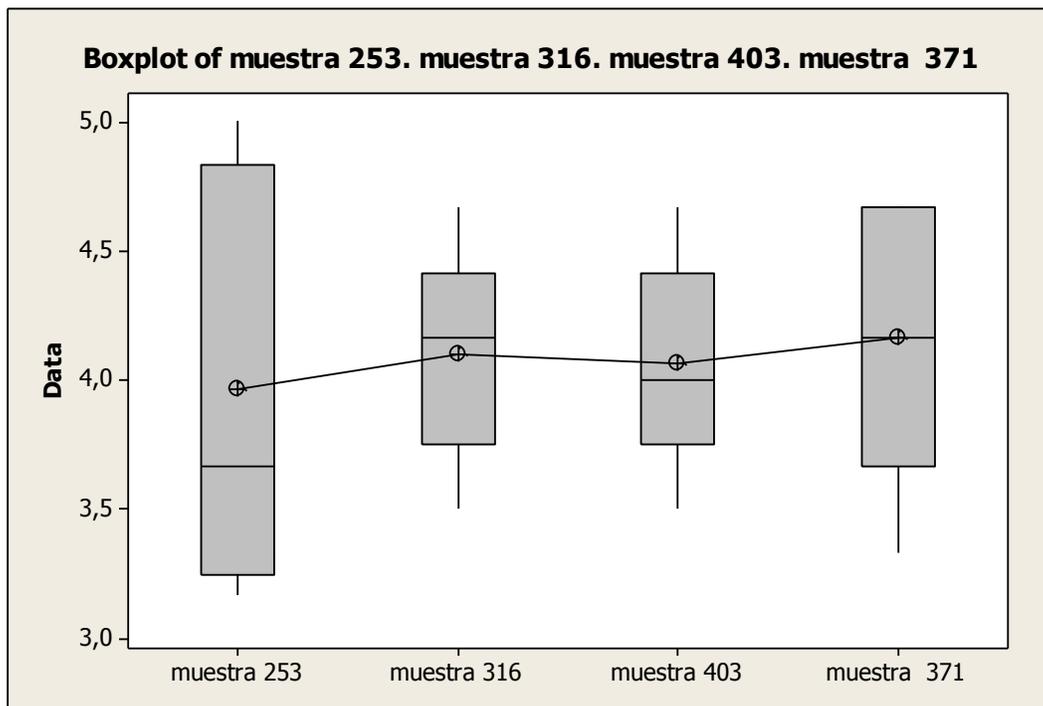
Boxplot de análisis sensorial de sabor



Boxplot de análisis sensorial de olor

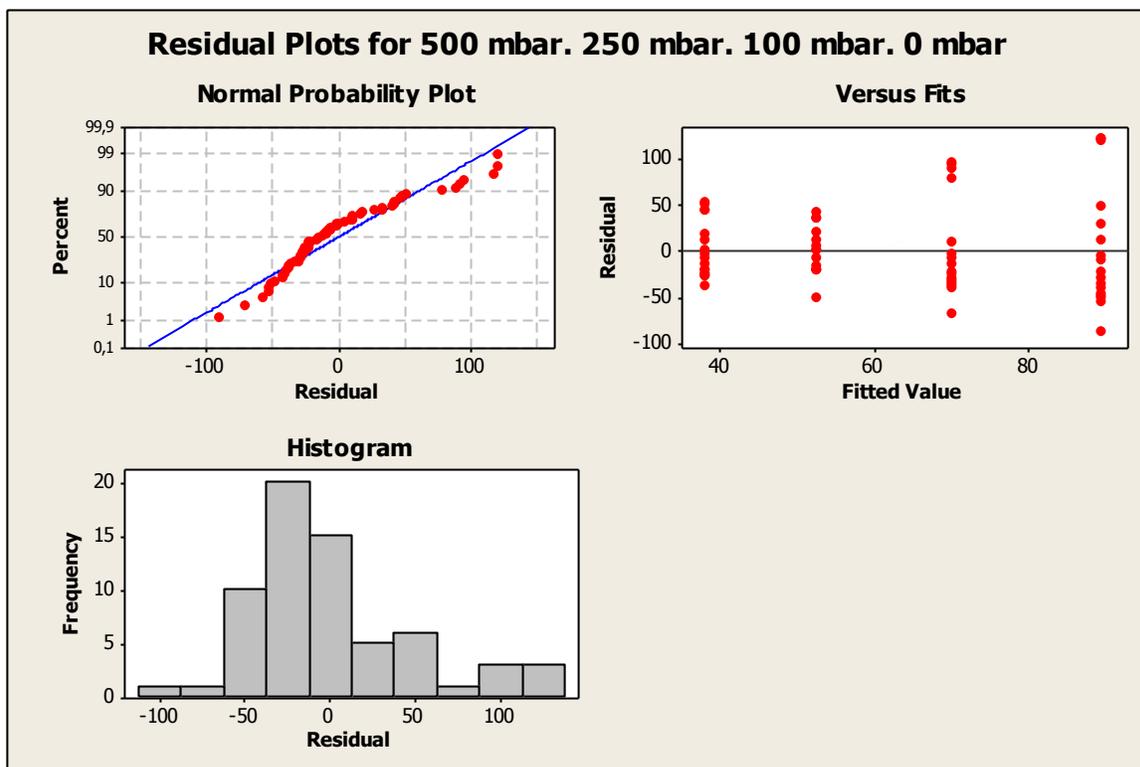


Boxplot de análisis sensorial de sabor



Boxplot de análisis sensorial de textura

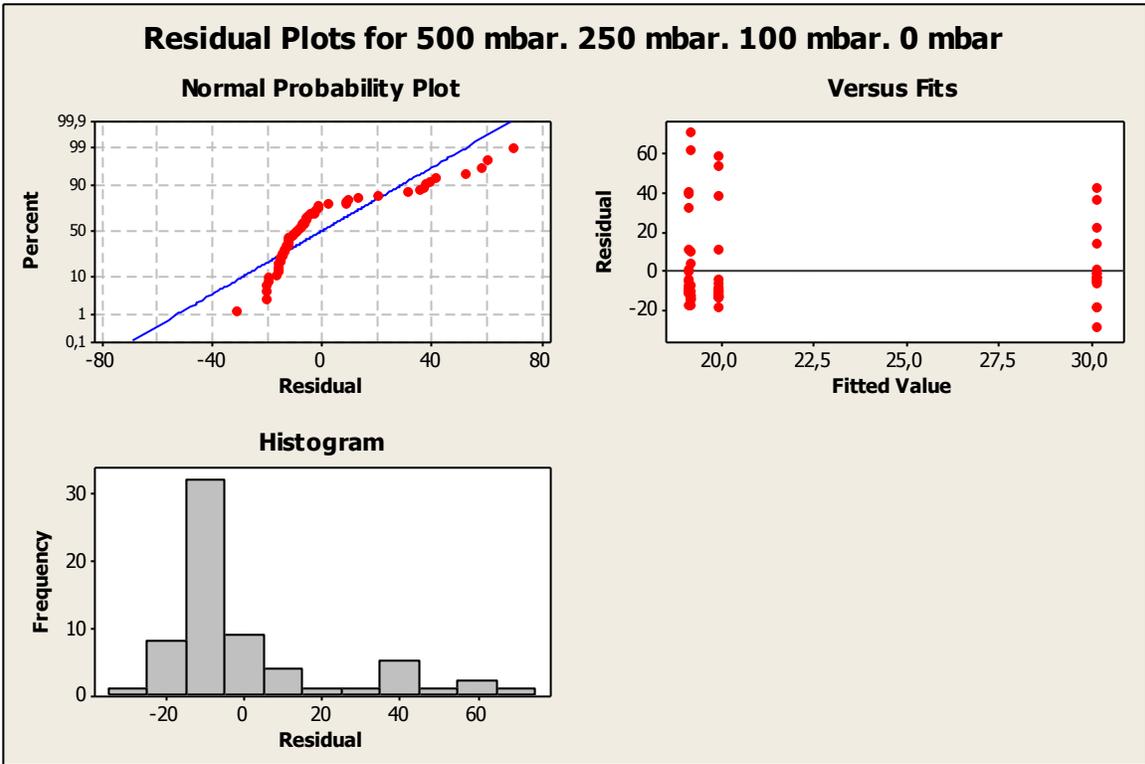
Anexo 2



*Graficas prueba de Tukey para mg Co₂/Kg*h*

Individual 95% Cis For Mean Based on mg Co₂/Kg*h

Level	N	Mean	StDev	Grouping	P
500mbar	17	38,08	30,40	A	0,018
250mbar	17	70,26	53,94	AB	
100mbar	17	89,58	66,18	AB	
Presión ambiente	17	52,53	26,30	B	



Graficas prueba de Tukey para $mg\ O_2/Kg \cdot h$

Individual 95% CIs For Mean Based on $mg\ O_2/Kg \cdot h$

Level	N	Mean	StDev	Grouping	P
500mbar	17	30,18	19,71	A	0,438
250mbar	17	19,96	24,87	A	
100mabr	17	19,18	18,72	A	
Presión ambiente	17	19,23	29,05	A	

Bibliografía

- Alvis, A., Villada, H., y Villada, D. (2008). Efecto de la Temperatura y Tiempo de Fritura sobre las Características Sensoriales del Ñame (*Dioscorea alata*). *Información Tecnológica*. Vol. 19, Num.5, P.p 19-26.
- Asma, A., Kamrul, I., Murad, K., y Shahidul. K., (2014). Antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) extracts against food-borne pathogenic bacteria. *International Journal of Science, Environment*. Vol. 3, No 3, p.p. 867 – 871.
- Ancos, B., Gonzales, D., Colina, C., (2015). Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de iv y v gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 16, núm. 1, pp. 8-17
- Andrade, J., Acosta, D., Buchili, M., y Osorio, O., (2014). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.) Vol. 25, Num. 6, p.p 57-66 .
- Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M., y Luna. G., C. (2013) Elaboración y evaluación de un recubrimiento comestible para la conservación postcosecha del tomate de árbol *Cyphomandra betacea* cav. Sendt. *Revista de ciencias agrícolas*, Vol. 30, Num.2, 60 - 72
- Andrade, J., Pinchao, Y., Osorio, O., Mejia, D. (2016). Procesamiento de Arvejas (*Pisum sativum* L.). Parte 5: Desarrollo de un Recubrimiento para la Conservación de Arveja (*Pisum sativum* L.). *Información tecnológica*. Vol. 27, Num.5, 15-26.
- Artés-hernández, F.; Conesa, A.; Artés, F. (2010). Minimally fresh processed pepper under different kind of cuts. *Acta Horticulturae*, Leuven, vol.857, p.25-30.
- Bhande, S., Ravindra M., Goswami, T. (2008). Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. *Journal of Food Engineering*, Vol.87, P.P 116-123.
- Benzie, I., y Strain, J., (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. Vol 239, Num 1, pp. *Analytical Biochemistry* 70-76.
- Bolívar, K., Sanabria, M., Rodríguez, D., Ulacio, D., Camacho, M., Cumana, L., Crescente, O., (2009). Calidad poscosecha en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) inoculados con *Colletotrichum gloeosporioides* y tratados con extractos vegetales. *Revista UDO Agrícola* Vol. 9 Num.1: p.p41-50.
- Bosquez, E., Ronquillo, E., Bautista, S. Verde, J, y Morales, J. (2009). Evaluation of the inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* stored papaya fruit and their possible application in coatings. *Postharvest Biology and Technology*, Vol.57, P.p.132- 137.
- Brasil, I., Gomes, C., Puerta, A., Castell, M., y Moreira, R. 2012. Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *Food Sci. Technol.* Vol.47, Num.1, p.p 39 - 45.

- Cabrera, A., Sotelo, L., y Quintanilla, M.,(2016) Efecto de la amplitud y pulsación en ultrasonido de sonda a baja frecuencia sobre emulsiones aceite/agua. Vol. 83, Núm. 199, p. 63-68.
- Catania, C., Avangnina, S.,(2007). Análisis sensorial. Curso superior de degustación de vinos. EEA Mendoza. Argentina.
- Cerqueira, M., Bourbon, A., Pinheiro, A., Martins, J., Souza, B., Teixeira, J., Vicente, A.,(2011) Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. Trends in Food Science & Technology. Vol. 22, Num.12, P.p 662-671
- Cevallos-Casals A, Byrne H, Cisneros-Zevallos L, y Okie W. (2005). Total phenolic and anthocyanin content in red-fleshed peaches and plums. International society for horticultural Science. V International Peach Symposium.
- Corrales, A., Maldonado, M., Urango, L., Franco, M., Rojana, B.,(2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. Rev Chil Nutr Vol. 41, Nº3.
- Corbo, M., Speranza, B., Campaniello, D., Amato, D. y Sinigaglia, M.,(2010). Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies. Technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology.
- Delgado, J.,(2011). Aplicación del Ultrasonido en la Industria de los Alimentos. Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Vol. 6.
- Dias, V., Mall, S., Beléia, A. and Grossmann, M. (2007). Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch films properties. Journal of Food Engineering, Vol.78, Num. 1, p.p 941-946.
- Dominguez, M., Jimenez, M. (2012). Las propiedades mecánicas y producen películas más flexibles. Temas selectos de ingeniería de alimentos. vol.6, num.2, p.p 110-121
- Dufour, D., Gibert, O., Giraldo, A., Sánchez, T., Reynes, M., Pain, J., González, A., Fernández, A. and Díaz, A. 2009. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 2. Thermal and functional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa sp.*). J. Agric. Food Chem, Vol.57, Num.17:P.p.7870 - 7876.
- Dussa, S., Torres, C., Hleap, J.,(2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y de Diferentes Empaques durante el Almacenamiento Refrigerado de Mango Tommy Atkins Mínimamente Procesado. Vol. 25, Núm. 4, p.p.123-130.
- Estrada, E., Padilla, F., Marquez, C. (2015). Efecto de recubrimientos protectores sobre la calidad del mango (*mangifera indica l.*) en poscosecha. en poscosecha. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación, Vol. 18, Num. 1, Pp. 181-188.
- Eum, H., Hwang, D., Linke, M., Lee, S. y Zude, M.,(2009). Influence of edible coating on quality of plum (*prunus salicina lindl.cv.'sapphire'*). European food research and rechnology, 229(3). 427.
- Figuerola, J., Salcedo, J., Aguas, Y., Olivero, R., Narvez, G.,(2011). Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulacion. Revista Colombiana de ciencias. Anim. 3(2).

- Fishman, M., Coffin, D., Onwulata, C., y Konstance, R. (2004). Extrusion of pectin and glycerol with various combinations of orange albedo and starch. *Carbohydrate Polymer*, vol.57,pp.401-413
- Firuzi,O., Mladenka,P., Petrucci,R., Marrosu, G., and Saso,L. (2004). Hypochlorite scavenging activity of flavonoids . *Journal of pharmacy and pharmacology*. 56: 801–807
- Galvis,J., Arjona,H., Fischer,G., Landwehr,T., Martinez,R.,(2002). Influencia de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la conservación del fruto de mango (manifera indica l.)variedad van dyke . *Agronomía colombiana*. Vol. 19, Num. 1-2. P.p 23-25
- Garcia, M.A., Ventosa, M., Diaz, R. y Casariego,A.(2011). Efecto de cobertura de alginato de sodio enriquecidas con Aloe vera en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Ciencia y tecnología de la alimentación*, Vol. 21, num.(3),pp. 62-67.
- Giraldo,G. 2006. El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *revista de la facultad de química farmacéutica issn 0121-400*. Vol. 13, Num. 2. p.p 21-25.
- Gil, M., Aguayo, E., y Kader, A,. (2006). Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *J. Agric. Food Chem*. Vol. 54: p.p 4284-4296.
- Gonzales, D., Ordeñez, L.,Vanegas, P., y Vasquez,H.,(2013).Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta Agronómica*, Vol. 63, Núm. 1, pp. 1-9.
- Gonzalez,R. Altamar.Y,Castro.I.(2016). Obtención de Biopelículas conteniendo Extracto Acuoso de *Eucalyptus camaldulensis* y su Incidencia en la Vida Útil Microbiológica de Rodajas de *Carica papaya* L. *Información Tecnológica* Vol. 27, Num. 2, 61-66.
- Hanani, M., Halimahton, M., y Zaibunnisa, A. (2012). Effect of chitosan-palm stearin edible coating on the post harvest life of star fruits (*Averrhoa carambola* L.) stored at room temperatura. *International Food Research Journal*, Vol.19, Num.4. p.p 1433-1438
- Horvitz, S.,Chanaguano, D.,Arozarena,I.,(2017). Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, Vol 226, Num.19, pp. 293-301.
- Ibañez, F., Barcina.Y., (2001). *Analisis sensorial de alimentos*. Springer. Barcelona. España.
- Ibarz,A.Pagan,J.(2003). Almacenamiento en atmósferas controladas de frutas y hortalizas. *Ilustrada*.P.p 67.
- Jia, P., Xue, Y., Duan, X., y Shao, S.(2011).Effect of cinnamaldehyde on biofilm formation and sarA expression by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Letters of Applied Microbiology*; vol.53, pp. 409–416.
- Khalifa,I. ,Barakat,H.,El-mansy.H.,Soliman.A.(2016)Effect of chitosan–olive oil processing residuescoatings on keeping quality of cold-storagestrawberry (*fragaria ananassa*. var. festival). *Journal of Food Quality*, Vol.39.

- Kuan-Hung, L., Shu-Yin, Y., Min-Yi, L., Ming-Chih, S., Kai-Ts'ung, Y., Shih-Ying, H., (2007). Major chemotypes and antioxidative activity of the leaf essential oils of *Cinnamomum osmophloeum* Kaneh from a clonal orchard. *Food Chemistry*; Vol.105: p.p133–139.
- Lee, S., y Kader, A., (2000) Preharvest and Postharvest Factors Influencing Vitamin C Content of Horticultural Crops. *Postharvest Biology and Technology*, Vol.20, P.p.207-220.
- Llanos, M. (1999). Evaluación de los parámetros físico y químicos del fruto de melocotonero (variedad cofretes): influencia de la fertilización y orientación. Universidad de castilla la mancha. España.
- Lin, D y Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, Vol.6, num.3, pp. 60-61.
- López, D., Cuatin, L., Andrade, L., y Osorio, M., (2015). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agroindustria y Ciencia de los Alimentos*. Vol. 6, Num 65, p 326-333
- Maida, I., Nostro, A., Pesavento, G., Barnabei, M., Calonico, C., et al. (2014) Exploring the Anti-Burkholderiacepacia Complex Activity of Essential Oils: A Preliminary Analysis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol.2014, pp.10.
- Marquez, C., Cartagena, J., Perez, M., (2009). Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). *VITAE, Revista de la facultad de química farmacéutica*. Vol. 16, Núm. 3, p.p 304-310.
- Marshall L. y Coffin D. 1999. Mechanical, microstructural and solubility properties of pectin/poly (vinylalcohol) blends. *Carbohydrate Polymer*, Vol.35, pp.195-203.
- Meza, A. 2006. Desarrollo de películas o recubrimientos comestibles con potencial para el recubrimiento de frutas frescas. Proyecto de especialización en biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa 76p.
- Mitcham, J., McDonald, R., (1994) Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol.117, Num. 6, p.p 912-924.
- Morante, J., Agnieszka, A., Martínez, R., Carranza, M., Saltos, R. y Nieto, E. (2014). Distribución, localización e inhibidores de las polifenol oxidasas en frutos y vegetales usados como alimento. *Ciencia y Tecnología. UTEQ. Quevedo-Ecuador*. Vol.7, Num.1, P.p 23-31
- Morais, P., Filgueras, H., Pinho, J., Alves, R. y Assis, J. (2003). Vida útil de mangos cv. Tommy atkins recolectados en el estadio de maduración comercial. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, Vol. 5, Num.1, p.p 26-32
- Morales, R., Martines, M., y Pilosof, A., (2019) Casein glycomacropeptide and polysorbate interactions allow the design of smart gelled emulsions. *Food Hydrocolloids*. Vol. 93, P.P 198-205.

- Morillas, J., y Delgado, J. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutrición clínica y dieta hospitalaria*. Vol.32, Num.2, p.p 8-20.
- Muñoz, J., Alfaro, M., Zapata, I., (2007). Avances en la formulación de emulsiones. *Revista grasas y aceites*, Vol. 58, Num. 1, p.p 64-73.
- Nielsen, C. K., Kjems, J., Mygind, T., Snabe, T., y Meyer, R. L. (2016). Effects of Tween 80 on Growth and Biofilm Formation in Laboratory Media. *Frontiers in microbiology*, 7, 1878. doi:10.3389/fmicb.2016.01878.
- Núñez, M., Brecht, J., Morais, A., y Sargent, S. (1999) Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *J. Food Sci.*, Vol.63: p.p 1033-1036.
- Otey, F., y Westhoff, R. Biodegradable film compositions prepared from starch and copolymers of ethylene and acrylic acid. US4133784. U.S. PTO. 1999.
- Quintero, C., Giraldo, G., Lucas A., y Vasco, J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 11, No. 1
- Palafox, H., Yahia, A., Islas, P., Gutierrez, M., Robles, A., González, A. (2012) Effect of ripeness stage of mango fruit (*Mangifera indica* L., cv. Ataulfo) on physiological parameters and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*. Vol. 135, Pag 7-13
- Parra, A.; Hernandez, J. Camacho, J. 2006. estudio de algunas propiedades físicas y fisiológicas precosecha de la pera variedad triunfo de viena. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, v. 28, n. 1, p. 55-59
- Parry, R. T. (1996). *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*. A. Madrid Vicente Ediciones. Madrid. España. pp 254.
- Pérez, T., Aristizábal, T., Restrepo, F. (2016). Conservación de mango tommy atkins mínimamente procesado mediante la aplicación de un recubrimiento de aloe vera (*aloe barbandensis miller*). *Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias*. Vol. 23, núm.1.
- Politeo, O., Juki, M. and Milo, M. (2006) Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils of Twelve Spice Plants. *Croatia Chemica Acta*, Vol.79, P.p 545-552
- Ramos, M., Bautista, S., Barrera, L., Bosquez, E., Alia, I., y Estrada, M. (2010). Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. *Revista mexicana de fitopatología/44*. Volumen 28, número 1.
- Rangel, D. Siller, J. Diaz, J. Valdez, B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad de mango. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27 (2): p.p 201 – 209
- Rattanapanone, N., Lee, Y., Wu, T., y Watada, A., (2001). Quality and Microbial Changes of Fresh-cut Mango Cubes Held in Controlled Atmosphere. *HORTSCIENCE*. Vol.36, Num. 6 p.p. 1091–1095.

- Romero, N., Sanchez, P., Rodriguez, J., Saucedo, C., (2006). Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. *Agricultura técnica en Mexico*, Vol.32, Num.1, p.p 5-15.
- Ronquillo, E. 2007. Evaluación del potencial antimicrobiano de películas comestibles con aceites esenciales in vitro e in situ. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Iztapalapa, D. F., México. 46 p
- Rojas, J., Peñuela, A., Gómez, C., Aristizabal, G., Chaparro, M. y López, A. (2004). Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. CENICAFE.
- Ruelas, X., Córdova, A., Reboloso, O., Aguilera, A., Montañez, J., Fuentes, L., García, M.. (2016). Influencia de la calidad microbiológica y sensorial de un biorecubrimiento funcional a base de goma guar y aceite de oliva sobre la vida de anaquel de guayaba. Saltillo. Mexico. seguridad alimentaria. p.p. 48
- Sergent, E. 1999. El cultivo de mango (*Mangifera indica* L.). Botánica, Manejo y comercialización. Universidad central de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- Shiping, T., Yong, X., Aili, J., Qinqin, G., (2002). Physiological and quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres in storage. Vol. 24, Vol. 3, Pp. 335-340
- Siller, J., Rangel, D., Baez, M., Araiza, E. y Ireta, A. (2009). Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Fitotec. Mex*, Vol.32, Num.1, p.p 45-52.
- Soong, Y., y Barlow, P., (2004). Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. *Food Science and Technology Programme, National University of Singapore*, Vol.88, P.p. 411-417
- Soliva, R., Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelf life of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*. Vol.14. p.p 341-353.
- Tester, R., Karkalas, J. y Qi, X. (2004) Starch Structure and Digestibility Enzyme-Substrate Relationship. *World's Poultry Science Journal*, Vol. 60, p.p.186-195.
- Torres, R., Montes, E., Pérez, O., y Andrade, R. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información Tecnológica*. Vol.24, Num.3, p.p 51-56.
- Trujillo, Y., Perez, J., Duran, O. (2011). Empleo de recubrimientos comestibles con base en almidón de papa y yuca en la conservación del mango cv. Zapote. *Limentech ciencia y tecnología alimentaria*. Vol. 10, No. 1, p.p 5-17
- Ulloa, J.A. (2007). Frutas auto estabilizadas en el envase por la tecnología de obstáculos. Nayarit, México, Universidad autónoma de Nayarit.
- Watada, E., Abe, K., y Yamauchi, N., (2012). Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technol.*, Vol.44: Num.116, 118, P.p. 120-122

Yadav,U., Pushparaj,A., Anchal, Verma, Y.(2018). Effect of Carom Seed Oil on the Antimicrobial, Physicochemical and Mechanical Properties of Starch Based Edible Film. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB). Vol.3, Num.4.

Zamudio, P., Bello, L., Vargas, A., Hernández, J., y Romero, C. (2007). Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. Agrociencia, vol. 41, núm. 8, pp. 837-844. Texcoco, México.