

CONTROL DE MADURACIÓN DE LA CARAMBOLA (*Averrhoa carambola L.*) MEDIANTE EL USO DE BIOFILM FORMULADO A PARTIR DE LA RESINA DEL ÁRBOL DE ZAPOTE (*Capparis scabrida H.B.K*)

CONTROL OF MATURATION OF THE CARAMBOLA (*Averrhoa carambola L.*) USING BIOFILM MADE FROM TREE RESIN SAPOTE (*Capparis scabrida HBK*)

Luis Muñoz León¹
Gustavo Gonzales Altamirano²

Fecha de recepción: 09 diciembre 2013

Fecha de aceptación: 16 mayo 2014

Resumen

La carambola es una fruta tropical altamente perecedera y frágil si no se mantiene una cadena de control durante su almacenamiento, esto produce alteraciones estructurales, bioquímicas y microbiológicas; dando como resultado pérdidas postcosecha que superan el 25% del total de la producción, Castilla (2007). Las alteraciones patológicas también incrementan el ritmo de maduración y el deterioro fisiológico del fruto, disminuyendo la calidad comercial. Bernal, (2008).

Se han reportado casos de fracaso en su exportación en estado fresco en el país vecino de Ecuador, debido a su corta vida en anaquel y sensibilidad a daños por frío, Ayuda proyecto (2008).

La falta de procesos y aplicación de tecnología postcosechas modernos, económicos y medioambientales proporciona productos de baja calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional para el consumidor de diferentes partes del mundo; evitando el desarrollo económico y social de los agricultores u otros agentes vinculados a estos, Castilla (2007).

¿Cómo influye la aplicación del biofilm formulado a partir de la resina del árbol de zapote en el control de maduración de la carambola? se evaluó el efecto en la maduración aplicando un biofilm formulado de la resina del árbol de zapote, variables independientes: Concentración del biofilm a partir de la resina del árbol de zapote (80 a 200 g/l) e índice de madurez (madurez fisiológica y organoléptica) y dependientes: color, apariencia general, °brix (%), acidez, índice de respiración (mg.CO₂/kg.hr) y transpiración (gH₂O/día). La metodología

¹ Adscrito Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismos. Egresado. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. Lambayeque. Perú. leonl@crece.uss.edu.pe

² Adscrito Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior. Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismos. Egresado. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. Lambayeque. Perú.galtamiranog@crece.uss.edu.pe

aplicada fue superficie de respuesta, diseño D- óptimo y modelo cuadrático para el análisis de la significancia estadística entre las variables de estudio.

El análisis estadístico de optimización reporta como resultados utilizar carambolas en un estado de madurez organoléptica recubiertas con biofilm a concentración de 200 g/l para lograr un índice de respiración de 4.534 mgCO₂/kh.hr, pérdida de peso por transpiración de 0.931%, °brix de 4.21, acidez de 1.01%, un puntaje de color de 8 y con una puntuación de apariencia general de 3.99 y así lograr un tiempo de vida útil de hasta 21 días a condiciones de refrigeración.

Palabras claves: *Índice respiración, madurez fisiológica, madurez organoléptica, resina, post cosecha, transpiración.*

Abstrac

The carambola is a highly perishable and fragile tropical fruit if a string control is not maintained during storage, this produces structural, biochemical and microbiological changes; Postharvest losses resulting exceeding 25% of the total production, Castilla (2007). The pathological changes also increase the rate of maturation and physiological deterioration of the fruit, reducing the commercial quality. Bernal (2008).

There have been reports of failure in fresh exports to the neighboring country of Ecuador, due to its short shelf life and sensitivity to cold damage, Assistance Project (2008).

Lack of processes and implementation of modern, economic and environmental products postharvest technology provides low physicochemical, sensory and nutritional quality for consumers from around the world; avoiding economic and social development of farmers and other agents linked to, Castilla (2007).

How does the application of biofilm formulated from the sapodilla tree resin in the control of maturation carambola? the effect on maturation was assessed by applying a biofilm formulated resin sapodilla tree, independent variables: Concentration of biofilm from the sapodilla tree resin (80 to 200 g / l) and maturity index (physiological maturity and organoleptic) and dependent: color, overall appearance, ° brix (%), acidity, respiration rate (mg.CO₂/kg.hr) and transpiration (gH₂O/día). The methodology was applied response surface design and D-optimal quadratic model for the analysis of statistical significance between the study variables.

Statistical analysis of results using optimization carambolas reported as in a state coated organoleptic biofilm maturation concentration 200 g / l to achieve a breathing rate of 4.534 mgCO₂/kh.hr, weight loss by transpiration 0.931%, ° 4.21 brix, acidity of 1.01%, a score of 8 color and general appearance score of 3.99 and thus achieve a lifetime of up to 21 days under refrigeration.

Keywords: *Respiration rate, physiological maturity, organoleptic maturity, resin, post harvest, transpiration*

1. Introducción

La carambola es una fruta tropical altamente perecedera y frágil si no se mantiene una cadena de control durante su almacenamiento, esto produce alteraciones estructurales, bioquímicas y microbiológicas; dando como resultado pérdidas postcosecha que superan el 25% del total de la producción, en su mayoría por factores externos como su recolección en un momento inadecuado del proceso de maduración, por excesos de lluvias, sequías y por pérdidas de peso, producto de la evaporación de agua, que dependerá mucho de la temperatura y humedad circulante al fruto (Castilla, 2007). Las alteraciones patológicas también incrementan el ritmo de maduración y el deterioro fisiológico del fruto, disminuyendo la calidad comercial (Bernal & Díaz, Tecnología para el cultivo de la curuba, 2005; Arroyo, 2010).

La falta de procesos y aplicación de tecnología postcosechas modernos, económicos y medioambientales proporciona productos de baja calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional para el consumidor de diferentes partes del mundo; evitando el desarrollo económico y social de los agricultores u otros agentes vinculados a estos (Castillo, 2007).

La investigación e industrialización sobre las propiedades y beneficios del fruto, semilla, cáscara y en especial la resina del árbol de zapote en el Perú es limitado a diferencia de otros países que le dan mayor énfasis a la obtención de subproductos e insumos de exportación.

Además las pocas investigaciones peruanas respecto a las resinas nacionales han originado el bajo aprovechamiento de éstas, llegando a tal punto que muchas especies de árboles nativos estén en proceso de deforestación pudiendo ser aprovechadas mediante la formulación de biofilm y su aplicación en frutas frescas.

Los empaques o envases utilizados para exportación muchas veces requieren del uso de parafinas, aceites, minerales, polietileno oxidado, y plásticos procedentes del petróleo, que suelen degradar muy lentamente en el medio ambiente y que no son en su mayoría reutilizables, promoviendo un incremento de residuos sólidos.

Esto puede ser evitado utilizando biofilm biológicos u orgánicos como el formulado a partir de la resina del árbol de zapote que cumple con las características actuales impuestas por las legislaciones de países del primer mundo, es amigable con el medio ambiente y más aún comestible.

Por tanto, la principal motivación de este proyecto de investigación ha sido controlar la maduración y evaluar los efectos de la aplicación del biofilm formulado a partir de la resina del árbol de zapote en las carambolas, para prolongar la vida útil del fruto y promover un manejo postcosechas rentable,

viable y sociable con el medio ambiente; satisfaciendo totalmente las necesidades del consumidor actual.

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

Carambola

2.2 Equipos

Estufa Eléctrica: *Jisico*

Balanza analítica: *Henkel*.

Respirómetro

Refractómetro: *Giardino*

Bureta: *Giardino*

Vasos de Precipitación: *Giardino*

Pipetas: *Giardino*

PH- metro: *Giardino*

2.3 Metodología

Tabla 1

Operacionalización de las variables de control de la maduración de la carambola (Averrhoa carambola L.) mediante el uso de biofilm formulado a partir de la resina del árbol de zapote (Capparis scabrida H.B.K), Lambayeque – 2013.

	Variables	Dimensiones	Nivel de Estudio	Instrumento
VARIABLE INDEPENDIENTE	Concentración del biofilm a partir de la resina del árbol de zapote.	g/l	80 – 200 g/l	Balanza.
	Índice de madurez.	Estadío.	Fisiológica Organoléptica	Tabla de color.
	Variables	Dimensiones	Nivel de Estudio	Instrumento
VARIABLE DEPENDIENTE	Color.	Puntaje.		Ficha técnica.
	Apariencia general.	Puntaje.		Ficha técnica.
	Brix.	°brix o %		Refractómetro.
	Acidez.	%		Equipo de titulación.
	Respiración.	mg.CO ₂ /kg.hr		Respirómetro.
	Transpiración.	gH ₂ O/día		Balanza.

A) Proceso de obtención del biofilm:

La formulación y obtención del biofilm a partir de la resina del árbol de zapote (*Capparis scabrada H.B.K*) se realizó de forma empírica utilizando un mortero, recipientes, filtro, envases (donde se ejecutará la disolución) y una secadora, que se encuentra detallado en la figura 1

B) Proceso de encerado:

El encerado fue por inmersión de la fruta. El procedimiento ejecutado se detalla en la figura 2.

Se seleccionaron las carambolas de variedad amazónica o ácida del piedemonte amazónico en buen estado y cumplan los requisitos de exportación. Luego fueron lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio a 25 ppm, para finalmente ser secados con aire frío a una temperatura de 23 °C y a una velocidad de 0.5 m/s para su posterior pesado.

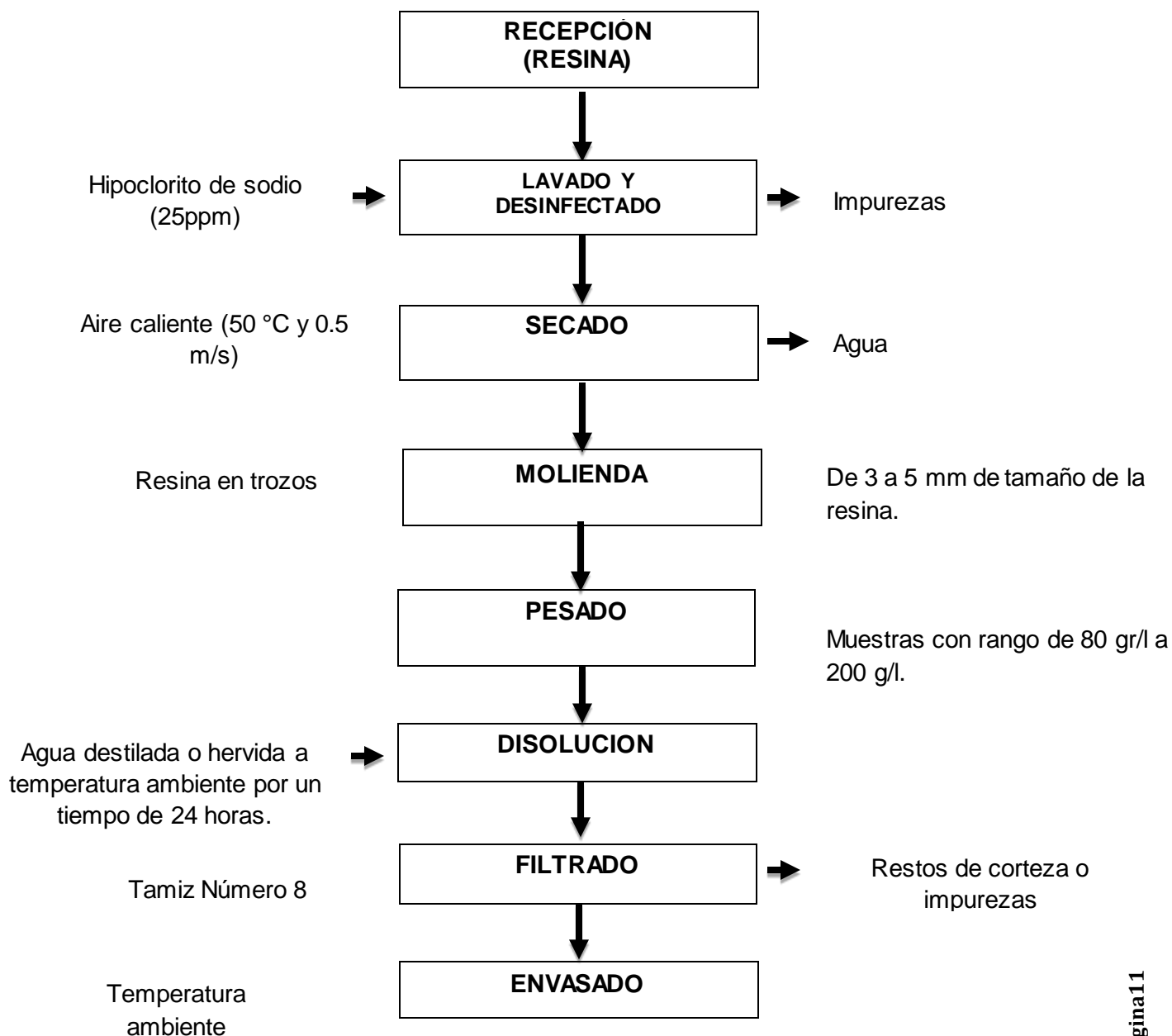


Figura 1: Diagrama de bloques de la obtención del biofilm formulado a partir de la resina del árbol de zapote.

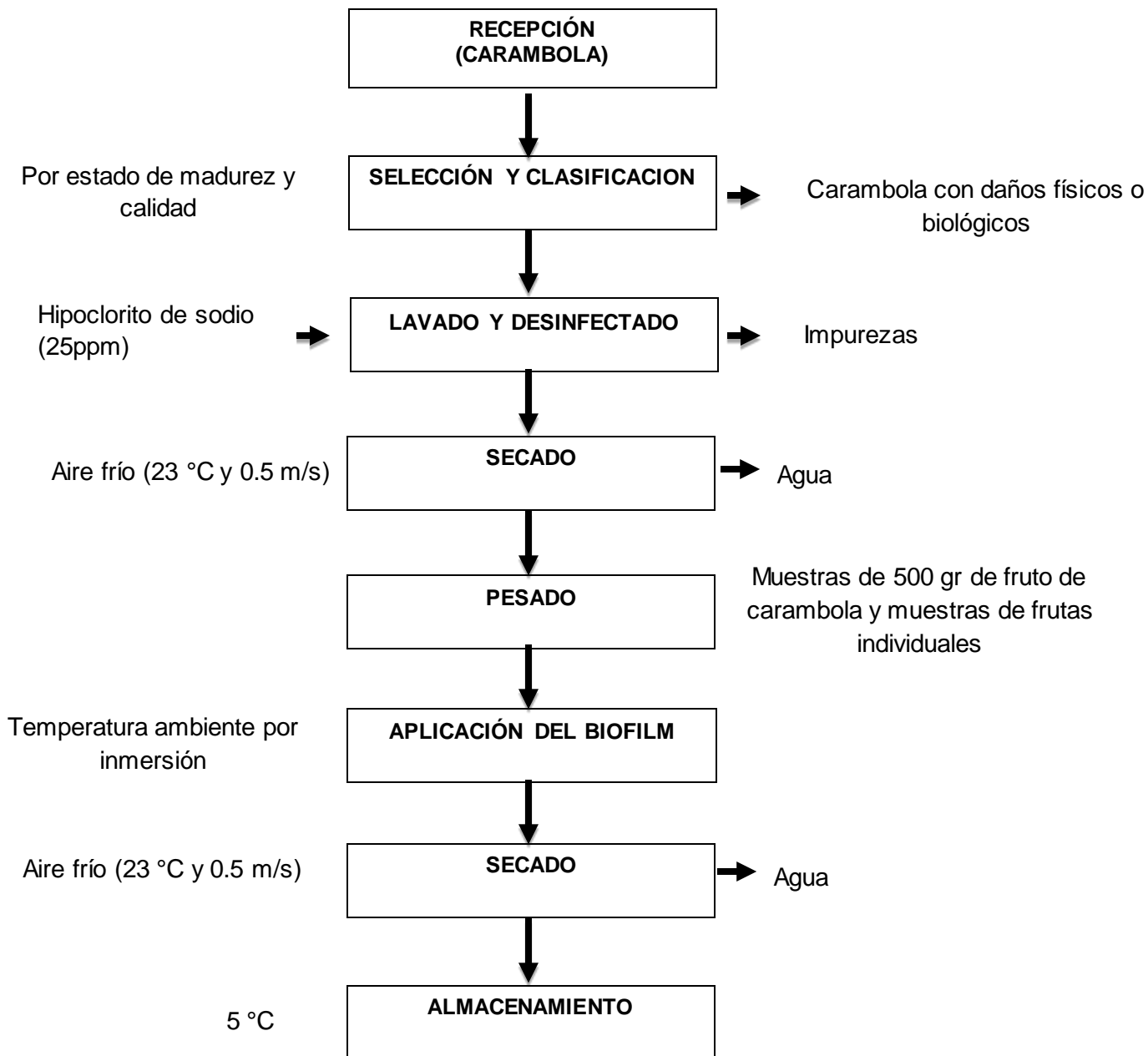


Figura 2: Diagrama de bloques del proceso de aplicación del biofilm formulado a partir de la resina del árbol de zapote sobre la carambola.

C) Plan de análisis estadístico de datos

Las pruebas experimentales fueron obtenidas a partir del software Design-Expert 8.0 Trial Program y Microsoft Excel. En la tabla 2 se muestra el diseño estadístico tipo “Response Surface” (superficie respuesta) con un diseño

de modelo “Quadratic” (cuadrático), desarrollando 19 “runs” (tratamientos experimentales). El “factor” (variables independientes) a utilizarse serán: concentración biofilm que oscila entre 80 gr/l (-) a 200 gr/l (+), tiempo de almacenamiento que oscila entre 0 (-) a 22 (+) días e índice de madurez en estadíos fisiológica y organoléptica. La “response” (variables dependientes y/o variables respuesta) serán: el color y apariencia en unidades adimensionales, brix y acidez en unidades de °Brix y porcentaje y por último la tasa de respiración y transpiración en unidades de mg.CO2/kg.hr y gr/día respectivamente. En el cuadro 3.10 se muestran la matriz decodificada para el desarrollo experimental del presente proyecto todas las muestras serán evaluadas por un tiempo máximo de 22 días a una temperatura de refrigeración de 5 °C.

3. Resultados

Evaluación estadística de la tasa de respiración

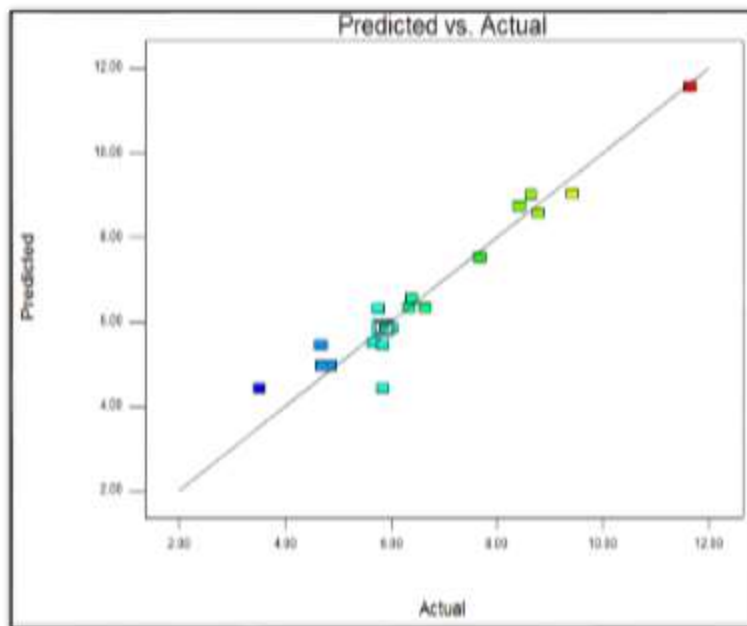


Figura 1: Gráfica de los valores predichos vs los valores actuales de la tasa de respiración.

Fuente: *Desing Expert v 7.0*

En la figura 1 se visualiza como los valores predichos y los actuales se aproximan lo más posible por ello se encuentran en la posición dada; si el valor predicho con el actual fueran iguales los puntos se mostrarían montados uno sobre de otro, los runs 12 con 3, 8 con 4 y 15 con 17 muestran un pequeño montaje entre ellos esto debido a su alta similitud entre su valor predicho y su valor actual.

Con concentraciones de biofilm de 80 g/l al día “uno” obtenemos una tasa de respiración de 11.64 mgCO₂/Kg.h que desciende progresivamente hasta el día “veintidós” con una tasa de respiración de 4.67 mgCO₂/Kg.h (teniendo como diferencial una puntuación de 6.97).

Para concentraciones de biofilm de 200 g/l al día “uno” obtenemos una tasa de respiración de 8.41 mgCO₂/Kg.h que desciende progresivamente hasta el día “veintidós” con una tasa de respiración de 5.84 mgCO₂/Kg.h (teniendo como diferencial una puntuación de 2.57).

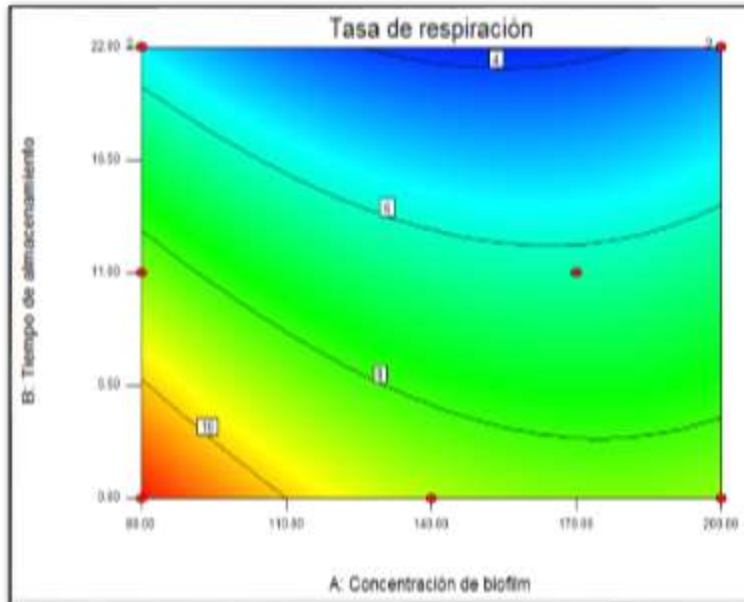


Figura 2: Contorno de la tasa de respiración para muestras con índice de madurez organoléptico.

Fuente: Desing Expert v 7.0

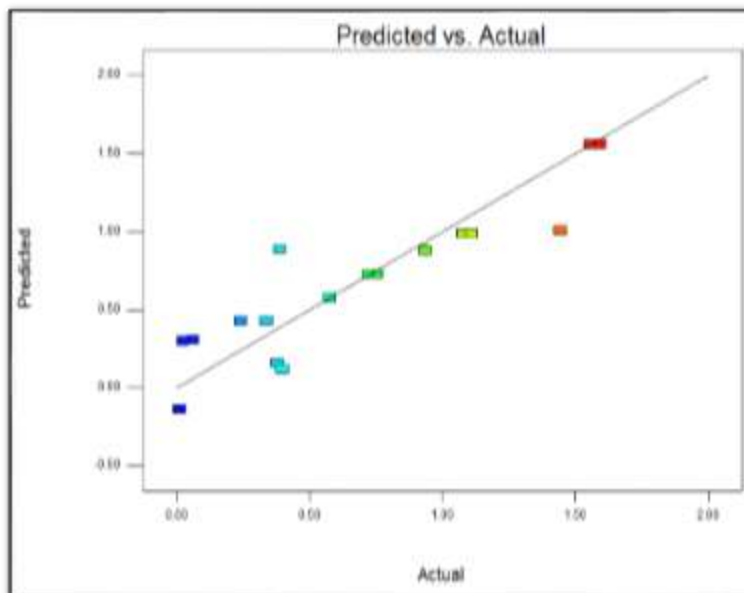


Figura 3: Valores predichos vs los valores actuales de la transpiración.

Fuente: Desing Expert v 7.0

En la figura 3 se visualiza como los valores predichos y los actuales se aproximan lo más posible por ello se encuentran en la posición dada; si el valor predicho con el actual fueran iguales los puntos se mostrarían montados uno sobre de otro, los runs 15 con 17, 4 con 19 y 7 con 13 muestran un pequeño montaje entre ellos esto debido a su alta similitud entre su valor predicho y su valor actual.

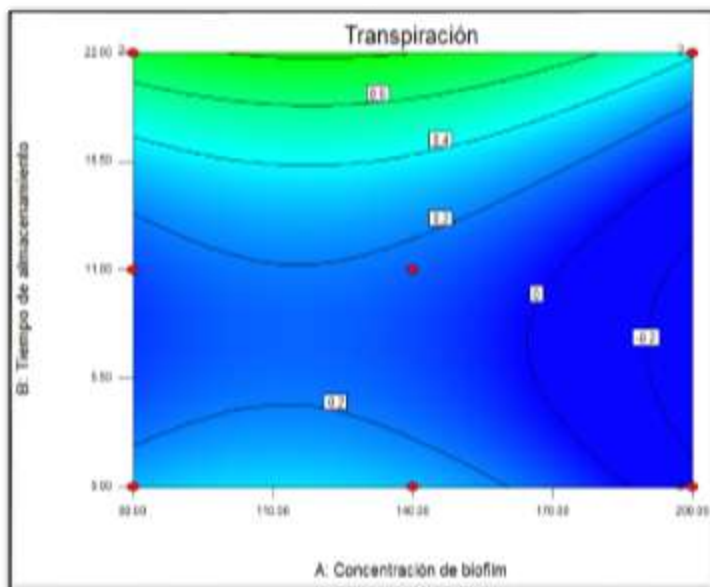


Figura 4: Gráfica de los valores predichos vs los valores actuales de la transpiración.

Fuente: *Desing Expert v 7.0*

Al desear disminuir notoriamente las pérdidas de agua por transpiración, en las figuras 3 y 4 podemos verificar que esto se puede lograr con muestras que tengan biofilm en concentraciones de 140 g/l a 200 g/l por un tiempo de vida de entre 15 y 22 días respectivamente.

Con concentraciones de biofilm de 80 g/l al día “uno” obtenemos una transpiración de 0.024% que asciende progresivamente hasta el día “veintidós” con una transpiración de 0.752% (teniendo como diferencial una puntuación de 0.728).

Para concentraciones de biofilm de 200 g/l al día “uno” obtenemos una transpiración de 0.01% que asciende progresivamente hasta el día “veintidós” con una transpiración de 0.242% (teniendo como diferencial una puntuación de 0.232).

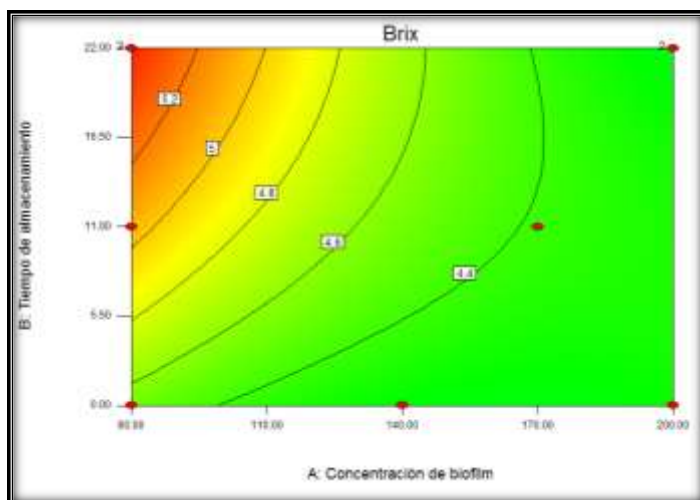


Figura 5: Contorno de los grados brix para muestras con índice de madurez organoléptico.

Fuente: *Desing Expert v 7.0*

En la figura 5 podemos observar que la concentración de azúcares deseables para el consumidor se logra con muestras que tengan biofilm en concentraciones de 170 g/l a 200 g/l por un tiempo de vida de entre 15 y 22 días respectivamente.

Con concentraciones de biofilm de 80 g/l al día “uno” obtenemos un °brix de 4.8 que asciende progresivamente hasta el día “veintidós” con un °brix de 5.5. (Teniendo como diferencial una puntuación de 0.7).

Para concentraciones de biofilm de 200 g/l al día “uno” obtenemos un °brix de 4.2 que desciende progresivamente hasta el día “veintidós” con un °brix 4.5. (Teniendo como diferencial una puntuación de 0.3).

La optimización realizada con el software Design Expert nos indica que debe utilizarse carambolas en un estado de madurez organoléptico recubiertas con un biofilm de 200 g/l de concentración para lograr un tiempo de vida útil de hasta 22 días con una tasa de respiración de 4.534 mgCO₂/kh.hr, una pérdida de peso por transpiración de 0.931%, llegando a un °brix de 4.21, acidez de 1.01%, puntaje de color 8 y apariencia general de 3.99.

4. Discusión

La carambola es uno de los pocos frutos cítricos no climatéricos con mayores problemas de conservación, todas estas dificultades empiezan desde la elección de madurez para ser recolectada, presento una mejor calidad en estado maduro que en estado inmaduro, ya que los sólidos solubles y la acidez no cambian durante el almacenamiento (Martínez, 2011; Arroyo, 2010). Durante la evaluación se comprobó que índices de madurez seleccionados; madurez organoléptica (madura) y madurez fisiológica (inmaduro) mostraron cambios lentos ascendentes con respecto a sus sólidos solubles y casi imperceptible par la acidez siendo notorio este cambio a partir del día 15 hacia delante.

Para prolongar la vida útil de la carambola es necesario de condiciones de almacenamiento bajo refrigeración no menores a los 5 °C, extendiendo su durabilidad post cosecha hasta por lo menos tres semanas siempre que se proteja a los frutos de la deshidratación (Rivera, 2009; PRONATTA, 2000; Flores, 2009). Sin embargo para obtener mejores resultados se ha complementado este proceso con la aplicación de recubrimientos o encerados que reponen las ceras eliminadas durante las etapas de lavado y manipulación de los frutos, aportan brillo al fruto, confiriéndole un aspecto más apetecible en el punto de venta (Contreras, 2010). Es de suma importancia entender que el grosor del recubrimiento puede restringir el intercambio gaseoso durante la respiración de los tejidos, pudiendo causar acumulación de altos niveles de etanol y por ende el desarrollo de malos sabores y olores; como también la excesiva pérdida de peso y de humedad del alimento (Martín, Rojas, & Oms, 2011).

Las pruebas preliminares demuestran que la aplicación de temperaturas por debajo de 5 °C son perjudiciales y al pasar por el proceso de adecuación a temperatura ambiente la fruta empieza a ablandarse, y a mostrar coloraciones verde opaco para muestras en madurez fisiológica y amarillo-naranja opaco para muestras en madurez organoléptica y pequeñas coloraciones marrones en las aristas respectivamente.

Debido a su forma irregular se aplicó un encerado por inmersión para cubrir la fruta en su totalidad con el biofilm, brindándole el brillo característico de las ceras y un aroma dulce propio de la resina del árbol de zapote. Para evitar los problemas ocasionados por el grosor del recubrimiento se hicieron pruebas preliminares que no tan sólo incluyo a la carambola sino que también al tomate, un fruto con las mismas características superficiales teniendo una buena respuesta del biofilm.

El usar dos métodos de conservación postcosecha, en este caso bajas temperaturas de 5°C y un biofilm formulado a partir de la resina del árbol de zapote permitió prolongar la vida de anaquel de la carambola, ya que finalizado los días de evaluación las muestras se mostraban en óptimas condiciones que podrían superar un tiempo de 31 días, y cabe referir que al abrir los conservadores para ejecutar los análisis respectivos las muestras entraban en contacto con el ambiente y los ejecutores generando una descompensación con respecto al calor (Q) reduciendo de esta forma la posibilidad de superar los 21 días que se lograron exitosamente.

La tasa de respiración en frutos es la relación entre el anhídrido carbónico CO₂ u oxígeno O₂ consumido por una unidad de peso en una unidad de tiempo. En el caso del estudio de carambolas es directamente proporcional, es decir, tiene un comportamiento de un fruto NO climatérico de baja tasa de respiración. Durante la fase inicial de su desarrollo inician con (TR) altas de 22.343 mgCO₂/kg-h de los cuales disminuyen progresivamente a 8.70 mgCO₂/kg-h en condiciones ambientales (PRONATTA, 2000). Así mismo, a 5 °C presenta una (TR) entre 5-10 mg CO₂/Kg h. (Contreras, 2010). Durante el estudio se observó que los frutos en estado organoléptico recubiertos con el biofilm a temperaturas de 5°C tiene un mayor descenso de la (TR) en 10.877 a 4.776 mgCO₂/kg-h. A

comparación de las evaluadas en el estado fisiológico presentan un rango de (TR) de 8.515 a 3.596 mgCO₂/kg-h. Estos datos dependerán de la concentración del biofilm los cuales dan una variación según el grosor de la lámina del recubrimiento. Esto comprueba que los rangos pre establecidos para la (TR) de otros estudios validan la investigación, en condiciones de refrigeración 5°C, manteniéndose en el rango de 5-10 mg CO₂/Kg h. (Contreras, 2010). Además el recubrimiento de la resina del árbol de zapote mejora esta condición en frutos de estadio fisiológico, destacando así la tendencia de controlar su maduración de forma eficaz, evitando el marchitamiento y la decoloración de las aristas.

La transpiración está relacionado con las aperturas epidérmicas que representan la principal vía de pérdida de agua a través de la cutícula. Representando alrededor del 5-10 % de la pérdida total (Contreras, 2010) además pérdida está influenciado por factores internos (características morfológicas y anatómicas, la relación entre la superficie y el volumen, daños en la superficie, y el estado de madurez), y externos o ambientales (temperaturas, humedad relativa, movimiento de aire, y la presión atmosférica) (Kader, 1992). Se evaluaron ambos factores tanto internos con relación a los daños en la superficie y estado de madurez; en los externos como la temperatura de almacenamiento 5°C. Presentando en ambos estados de madurez mayores daños en la superficie y respectiva pérdida de agua en carambolas recubiertas con baja concentración de biofilm (80 g/L). De igual manera carambolas recubiertas con mayor concentración de biofilm (140 y 170g/l) mantienen una baja transpiración, sin embargo a partir del día N° 11 las diferencias son mínimas en ambos estados en evaluación. Finalmente las recubiertas con concentración de biofilm (200g/l), transpira menos, mantiene la firmeza y es menos susceptible a daños físicos como el marchitamiento o ablandamiento producido por las corrientes frías de 5°C

La calidad del fruto dependerá entonces de una menor transpiración o pérdida de agua, lo que hará que sus factores internos y externos se minimicen como el marchitamiento de las aristas, ablandamiento del fruto y su decoloración, todo ello son características ideales una comercialización exitosa que dependerá de la concentración del biofilm de la resina del árbol del zapote.

La concentración de sólidos solubles disueltos en la pulpa de las frutas y verduras. En este caso la carambola, dependiendo de su variedad la cual se estudie, presenta grados °brix entre 5 – 13 (Peter, 2008).

Los resultados, nos muestran que los parámetros de concentración en las carambolas recubiertas con el biofilm mantiene constante sus sólidos solubles durante el tiempo de almacenamiento (21 días), en comparación a las muestras sin el recubrimiento los cuales incrementaron su grados brix de 4.8 a 5.2 a partir del día 14. En general, se puede decir que los recubrimientos, según su concentración, redujeron a los sólidos solubles explícitamente los brix de la carambola durante el periodo de almacenamiento.

Haciendo una comparación con otras investigaciones se puede determinar que las carambolas recubiertas con el biofilm en un estadio

organoléptico mantienen el rango de grados °brix entre 5 – 13 (Peter, 2008) asemejándose a las evaluadas sin protección.

La acidez es un parámetro postcosecha importante porque mantiene sus características organolépticas estables durante su almacenamiento y/o comercialización, en el caso de carambolas no recubiertas esta disminuye. Se considera como predominante al ácido cítrico con porcentajes de 0.01 y 0.05 mg/100 g de fruta comestible (PRONATTA, 2000); ó 0.72% respectivamente. En la carambola amazónica (Perú y Colombia) la vitamina C oscila entre 0.048% y 1.061%, y para el caso de frutos ya maduros el contenido promedio de vitamina C es de 12.82 mg/100g de fruto comestible (PRONATTA, 2000).

Para objeto de estudio, el % de acidez en las carambolas recubiertas con el biofilm alcanza valores dentro del rango de las investigaciones antes mencionadas; con ligeros cambios durante el periodo de almacenamiento a 5 °C.

Se ha tomado en cuenta evaluar la parte central del fruto, debido a que en esta zona se encuentra predominando el ácido cítrico; mas no en las aristas ya que se encuentra degradado por las acciones mecánicas como transporte, apilamiento, manipulación de los frutos alcanzando valores entre 0.768% a 1%

El índice de color es un indicador que experimentan los cítricos en este caso las carambolas, a medida que la degradación de las clorofilas de la piel pasa de ser una coloración verde a un color amarillo y naranja. Predominando este último inalterado durante la senescencia (Navarro, 2007). Dependiendo de la variedad y el índice de color inicial los recubrimientos se pueden aplicar para conservar el color o permitir su cambio (Navarro, 2007).

En el estudio, se recolectaron carambolas con un índice de color verde lustroso al naranja. Dado el interés, se determinó un tono orientado al naranja considerable en los estándares de exportación (Alvarez, 2012).

Por lo dicho, la evolución del índice de color de las carambolas de la variedad piedemonte amazónica recubiertos con el biofilm de la resina zapote a condiciones de refrigeración durante el tiempo de evaluación varían mínimamente su color por lo que la tendencia del recubrimiento es eficaz al aplicarlo en carambolas con tonalidad amarillo lustroso y naranja. Sin alteraciones fisicoquímicas y/o producción de mohos durante el periodo de conservación.

La apariencia es un parámetro de cosecha muy importante, debido a que durante el almacenamiento y comercialización se producen cadenas de deterioro como el ablandamiento de la fruta, pérdida de agua, marchitamiento de las aristas de la carambola y entre otras en donde se pierde la calidad (Álvarez, 2012).

En las evaluaciones realizadas, se puede apreciar que la apariencia de la carambola está en relación con la firmeza del fruto y la pérdida de peso del

mismo. Es así, que para la investigación se ha valorado con una escala hedónica con puntajes del 1 al 5 con criterios de pésimo, malo, bueno, regular y muy bueno.

En general, una adecuada temperatura de almacenamiento y con el uso de recubrimientos, en el caso para la investigación de biofilm de la resina del zapote, ralentiza los procesos de senescencia dando como resultado una buena apariencia general. Como se puede apreciar en el día 19, el fruto a concentración de 200g/l disminuyó su valoración y permaneció constante hasta el día 21. Por otro lado en los experimentos en estadio organoléptico de igual concentración disminuye en un grado en el día 15 y permanece constante hasta el día 21.

5. Conclusiones.

Se realizó la obtención de un biofilm a partir de la resina del árbol de zapote (*Capparis scabrida H.B.K*); su uso permitió reducir notoriamente las pérdidas postcosecha que incurren en la conservación de la carambola y mantener las propiedades funcionales que le garantizan la aceptabilidad en el mercado exterior.

Se reportó por primera vez el uso de la resina del árbol de zapote (*Capparis scabrida H.B.K*) como insumo principal para el desarrollo de una tecnología postcosecha de alta efectividad y fácil adecuación ante distintos frutos donde pueda ser utilizada.

Se obtuvo un prototipo de recubrimiento comestible polisacárido que cumple con las normativas que garantizan su funcionamiento como tecnología postcosecha. El diseño de la formulación del recubrimiento permitió superar los problemas críticos que atraviesa la carambola para su conservación a largo tiempo, como la alta pérdida de peso por transpiración, pérdida de firmeza, aparición de aristas negras y aportar protección contra la presencia de hongos pudridores.

La formulación del recubrimiento comestible se evaluó en dos líneas comerciales de tratamiento postcosecha de cítricos sobre carambola amazónica, en conjunto con cuatro fórmulas con respecto a la concentración, el estudio permitió la simulación en condiciones de almacenamiento de comercialización directa en conservación (5 °C) para exportación. En cada simulación se evaluaron parámetros de calidad externa e interna estableciendo como rangos respuesta los obtenidos por estudios anteriores basados en la aceptabilidad de la carambola en el exterior. La formulación de recubrimiento comestible demostró tener capacidad para conservar los frutos, no afecta la vida útil de los frutos, retardó la pérdida de peso, retardo la coloración marrón en las aristas y no produjo perturbaciones significativas con relación a la tasa de respiración.

Se controló la maduración de las carambolas observándose en estado de madurez fisiológica a temperatura ambiente; el incremento en niveles de CO₂ y etanol es más notorio en aquellas sin recubrimiento comestible y las que están

recubiertas con concentraciones de biofilm de 80 g/l a diferencia de las de 140 g/l que presentan un incremento pasivo; y las de 200 g/l que presentan un incremento imperceptible. Las formulaciones de 200 g/l permitieron mantener las condiciones nutricionales de la carambola e incrementar su tiempo de vida útil por 17 días. Bajo condiciones de frigoconservación (5 °C) las muestras con recubrimientos a concentración de 80 g/l, 140 g/l y 200 g/l respectivamente permitieron mantener las condiciones nutricionales de la carambola e incrementar su tiempo de vida útil por 21 días, no obstante las de mejores condiciones finales fue la de 200 g/l las cuales podrían extender su vida útil por un periodo mayor a 31 días. Para carambolas en estado de madurez organoléptico sucede algo casi parecido, el incremento en niveles de CO₂ y etanol es más notorio en muestras sin recubrimiento comestible y las que están recubiertas con concentraciones de biofilm de 80 g/l a diferencia de las de 140 g/l y 170 g/l que presentan un incremento pasivo; y las de 200 g/l que presentan un incremento imperceptible. Las formulaciones de 170 g/l y 200 g/l permitieron mantener las condiciones nutricionales de la carambola e incrementar su tiempo de vida útil por 15 días. En condiciones de frigoconservación (5 °C) las muestras con recubrimientos a concentración de 80 g/l, 140 g/l, 170 g/l y 200 g/l permitieron mantener las condiciones nutricionales de la carambola e incrementar su tiempo de vida útil por 21 días, sin embargo las de mejores condiciones finales fueron las de 170 g/l y 200 g/l las cuales podrían extender su vida útil por un periodo mayor y/o igual a 31 días.

La optimización realizada en base a los estudios de evaluación estadística presentados anteriormente permiten afirmar que teniendo en cuenta las exigencias establecidas por los consumidores exteriores y que la evaluación del biofilm fue por un tiempo de 21 días, la solución o resultado que el software Design Expert nos proporciona es utilizar carambolas en un estado de madurez organoléptico recubiertas con un biofilm a concentración de 200 g/l obteniendo un resultado en tasa de respiración de 4.534 mgCO₂/kh.hr, una pérdida de peso por transpiración de 0.931%, un °Bx de 4.21, una acidez de 1.01%, un puntaje de color de 8 y con una puntuación de apariencia general de 3.99.

Referencias

- Alvarez, R. (2012). *Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad poscosecha*. (Tesis doctoral, Universidad de Antioquía). Recuperado el 08 de Abril de 2013, de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1618/1/TESIS%20DOCTORAL%20RAFAEL%20ALVAREZ.pdf>
- Arroyo, D. (2010). *Estudio del uso combinado de radiación UV-C y empaque al vacío para aumentar la vida poscosecha de la carambola (Averrhoa carambola L.) mínimamente procesada*. (Tesis para obtención de título, Universidad Tecnológica Equinoccial). Recuperado el 05 de Abril de 2013, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5418/1/41724_1.pdf
- Ayuda proyecto. 2008. La carambola. Boletín económico financiero N°53. Recuperado el 08 de Abril de 2013, de <http://www.ayudaproyecto.com/boletin/53.htm>
- Bernal, J. y Díaz, C. 2008. Tecnología para el cultivo del aguacate. Antioquia: CORPOICA. Recuperado el 06 de Abril de 2013, de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb//webbac/documentos/tecnologacultivoaguacate.pdf>
- Castilla, N. 2007. Invernaderos de Plástico. Tecnologías y manejo. Madrid: Editorial Aedos, s.a. Recuperado el 06 de Abril de 2013, de <http://www.google.com.pe/search?hl=es&tbo=p&tbn=bks&q=isbn:8484763218>
- Contreras, A. (2010). *Efecto de tratamientos poscosecha novedosos en la calidad físicoquímica, sensorial y nutricional de los cítricos*. (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia). Recuperado el 04 de Abril de 2013, de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8986/tesisUPV3420.pdf>
- Flores, K. (2009). *Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano*. (Tesis doctoral, Universidad de Córdoba). Recuperado el 08 de Abril de 2013, de <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/2070/9788478019427.pdf?sequence=1>
- Martínez, B. (2011). Análisis bromatológico de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) y determinación de su capacidad antioxidante. (Tesis para obtención de título, Universidad Veracruzana). Recuperado el 05 de Abril de 2013, de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29654/1/MtzNavarro.pdf>
- Navarro, M. (2007). Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. (Tesis doctoral, Universidad Politécnica de

Valencia). Recuperado el 04 de Abril de 2013, de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1923/tesisUPV2699.pdf>