



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS CORDOBA

PROGRAMA EN
INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

**ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DE CHAYOTE DE
EXPORTACIÓN (*Sechium edule*) CON CUATRO RECUBRIMIENTOS
COMERCIALES.**

JORGE ANTONIO GUTIERREZ TORRES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE: MAESTRO EN CIENCIAS

AMATLAN, VERACRUZ

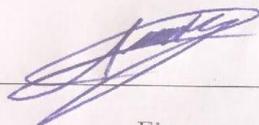
AGOSTO, 2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

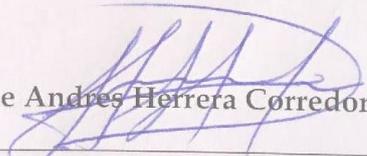
En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Jorge Antonio Gutiérrez Torres, Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del profesor Jose Andres Herrera Corredor, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Estimación de la vida útil sensorial de chayote (*Sechium edule*) con cuatro recubrimientos comerciales.

Y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Profesor Consejero(a) o Director(a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Amatlán de los Reyes, Veracruz a 17 de Julio de 2018



Firma



Jose Andres Herrera Corredor

Vo.Bo. del Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: Estimación de la Vida Útil Sensorial de chayote de exportación (*Sechium edule*) con cuatro recubrimientos comerciales realizada por el alumno: Jorge Antonio Gutiérrez Torres, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS

POSTGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR.

ASESOR:

DRA. ROSALIA NUÑEZ PASTRANA.

ASESOR:

DR. OTTO RAÚL LEYVA OVALLE.

ASESOR:

DR. HIPÓLITO ORTIZ LAUREL.

ASESOR:

DRA. ADRIANA CONTRERAS OLIVA

ASESOR:

M.C. MIRNA LÓPEZ ESPÍNDOLA

Amatlán de los Reyes, Veracruz. Agosto de 2018

ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DE CHAYOTE DE EXPORTACIÓN (*Sechium edule*) CON CUATRO RECUBRIMIENTOS COMERCIALES

Jorge Antonio Gutiérrez Torres, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

RESUMEN

Se estimó la vida útil sensorial de chayote (*Sechium edule*) verde liso de exportación de la región de Coscomatepec, Veracruz, mediante el análisis de supervivencia bajo los modelos de Kaplan.Meier, Regresión de Cox, Weibull, Exponencial, Logist, LogLog, Log Normal y Gauss definiendo 5 tratamientos por cada tipo de recubrimiento comestible comercial: Sustituto de Goma Guar, Goma Laca, Goma Guar, Hortiwax y el testigo, en 2 temperaturas de almacenamiento: refrigeración (8 °C) y ambiente (27 °C). Evaluando también la estabilidad de variables fisicoquímicas como tamaño, peso, SST, color, firmeza, pH, acidez, humedad y Aw y 2 estudios de preferencia a la semana 2 y 4 de evaluación. Los resultados registraron que el chayote tiene una vida útil sensorial de 4 semanas en condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (27 °C) a excepción de Hortiwax. En condiciones de almacenamiento en refrigeración (8 °C) se tuvo una vida útil sensorial de 8 semanas con los tratamientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Guar y Goma Laca de la empresa “Cytecsa”, siendo este último el que mayor probabilidad de supervivencia y mejor preferencia tiene entre los consumidores. Las variables fisicoquímicas más afectadas en el estudio de estabilidad fueron: peso, color y firmeza.

Palabras clave: vida útil sensorial, recubrimientos comestibles, estabilidad, chayote.

SENSORY SHELF LIFE ESTIMATION OF CHAYOTE EXPORT (*Sechium edule*) WITH FOUR COMMERCIAL COATINGS.

Jorge Antonio Gutiérrez Torres, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

ABSTRACT

The sensory shelf-life of chayote (*Sechium edule*) green smooth export of the Coscomatepec, Veracruz, was estimated by means of survival analysis under the Kaplan.Meier, Cox Regression, Weibull, Exponential, Logist, Log Log, Normal Log and Gauss defining 5 treatments for each type of commercial edible coating: Guar Gum Substitute, Lacquer Gum, Guar Gum, Hortiwax and the control, in 2 storage temperatures: cooling (8 °C) and ambient (27 °C). Also evaluating the stability of physicochemical variables (Size, Weight, SST, color, Firmness, pH, Acidity, Humidity and Aw) and 2 studies of preference at week 2 and 4 of evaluation. The results showed that chayote has a sensory shelf life of 4 weeks under storage conditions at room temperature (27 °C) with the exception of Hortiwax. (8 °C) a sensory useful life of 8 weeks was maintained with the treatments of Gum Guar, Guar Gum and Lacquer Gum of the company "Cytecsa", the latter being the greater probability of survival and better preference among consumers. The most affected physicochemical variables in the stability study were: Weight, color and Firmness.

Key words: sensory shelf-life, edible coatings, stability, chayote.

DEDICATORIA

A dios por darme la oportunidad de estar hoy aquí vivo y respirando, por haberme enseñado que la vida puede golpearte muy duro, más sin embargo tienes que seguir adelante con la frente en alto y asumiendo las responsabilidades que ello conlleva.

A mis padres Aristeo y Alicia, con todo mi amor y cariño, pues a ellos les debo todo lo que hoy soy, porque confiaron plenamente en mí y me enseñaron a dar la cara y asumir compromisos cuando los hay, por su entrega total y apoyo incondicional ante cualquier adversidad y vaya que fueron bastantes.

A mi hermana Amairani, por su apoyo también en tiempos de adversidad, por su amor y más aún en esta nueva etapa como madre de un hermoso angelito.

A mis abuelos Javier, Juan, Lucrecia y Martha, por compartir esa gran sabiduría y que aunque ellas se adelantaron durante mi proceso de formación de maestría, me guiaron correctamente en su momento, inculcando valores que fueron transmitidos directamente y a través de mis padres.

A mis amigos y compañeros del programa de Innovación Agroalimentaria Sustentable y Turismo y Paisaje Rural del Campus Córdoba, por todos aquellos momentos de convivencia y apoyo durante mi estancia en la maestría, soy muy afortunado por haberlos conocido.

A mi consejo particular, por su apoyo invaluable, orientación y paciencia durante mi formación.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la aportación económica y financiamiento para que este proyecto se llevara a cabo y sume a las grandes aportaciones de la comunidad científica del país.

Al **Colegio de Postgraduados Campus Córdoba** por su aportación intelectual y formación durante este proyecto, enseñándome que la investigación científica es pilar para un mejor desarrollo.

A la **Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba** por el apoyo brindado en la fase experimental de este proyecto.

Dr. José Andrés Herrera Corredor por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, por sus enseñanzas, su comprensión, su apoyo incondicional y paciencia.

A mi consejo particular, **Dra. Rosalía Núñez Pastrana, Dr. Otto Raúl Leyva Ovalle, Dr. Hipólito Ortiz Laurel, Dra. Adriana Contreras Oliva, y M.C. Mirna López Espíndola** por su apoyo y orientación en este proyecto, sin duda alguna sus aportaciones fueron parte esencial.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Justificación	3
2. Problema de investigación	3
3. Hipótesis	4
4. Objetivos	4
CAPITULO I. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
1.1. Producción de hortalizas	4
1.2. Recubrimientos comestibles	5
1.3. Producción de chayote	7
1.4. Importancia económica y social	9
1.5. Importancia alimenticia y medicinal	11
1.6. Uso potencial del fruto de chayote	13
1.7. Tecnología Postcosecha	15
1.8. Vida útil sensorial	16
1.9. Censura a la derecha	18
1.10. Censura a la izquierda	19
1.11. Censura en intervalos	20
1.12. LITERATURA CITADA	21
CAPITULO II. ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICOQUIMICA DE CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>) DE EXPORTACIÓN CON CUATRO RECUBRIMIENTOS COMERCIALES EN CONDICIONES TEMPERATURA AMBIENTE Y REFRIGERACIÓN	27
2.1. Introducción	29
2.2. Materiales y Métodos	31
2.3. Resultados y Discusion	34
2.4. Conclusiones	45
2.5. Literatura Citada	45
CAPITULO III. DETERMINACIÓN DE LA VIDA UTIL SENSORIAL DE CHAYOTE (<i>Sechium edule</i>) DE EXPORTACIÓN CON CUATRO RECUBRIMIENTOS COMERCIALES ALMACENADO A TEMPERATURA AMBIENTE Y REFRIGERACIÓN	48
3.1. Introduccion	49
3.2. Materiales y Métodos	52
3.3. Resultados y Discusión	54
3.4. Estudio de Preferencia semana 2	57
3.5. Estudio de preferencia semana 4	63

3.6. Conclusiones	67
3.7. Literatura Citada	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	71
1. CONCLUSIONES	71
2. RECOMENDACIONES	71

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Indicadores de producción de chayote (<i>Sechium edule</i>) en México.....	10
Cuadro 2. Empleos equivalentes generados en la producción de chayote (<i>Sechium edule</i>) en México.....	11
Cuadro 3. Composición nutritiva de 100 g de órganos de chayote (Engels, 1983).	12
Cuadro 4. Efectos farmacológicos del chayote (Cadena Iñiguez y Arévalo Galarza, 2011).....	13
Cuadro 5. AIC de los diferentes modelos paramétricos de análisis de supervivencia aplicado a los 5 tratamientos.	54
Cuadro 6. Resultados del ANOVA y prueba de Tukey de los 9 tratamientos en la semana 2 de Evaluación	59
Cuadro 7. Resultados de la Regresión Logística Binomial aplicada a los 9 tratamientos de la semana 2 de evaluación.....	62
Cuadro 8. Resultados del ANOVA y prueba de Tukey de los 4 tratamientos en la semana 4 de Evaluación.	64
Cuadro 9. Resultados de la Regresión Logística Binomial aplicada a los 4 tratamientos de la semana 4 de evaluación.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de estabilidad de Solidos Solubles Totales (SST) promedio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	35
Figura 2. Gráfico de estabilidad de Solidos Solubles Totales (SST) promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	36
Figura 3. Gráfico de estabilidad de color (a*) promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	37
Figura 5. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en Epicarpio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	38
Figura 4. Gráfico de estabilidad de color (a*) promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	37
Figura 6. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en Mesocarpio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	38
Figura 7. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en Epicarpio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo. .	39
Figura 8. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en el Mesocarpio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	39
Figura 9. Gráfico Pérdida de peso representado en porcentaje acumulado de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	40
Figura 10. Gráfico de estabilidad de Pérdida de peso promedio expresada en porcentaje de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	41
Figura 11. Gráfico de estabilidad de pH promedio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	42
Figura 12. Gráfico de estabilidad de pH promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	42
Figura 13. Gráfico de estabilidad de Humedad promedio expresada en porcentaje de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	43
Figura 14. Gráfico de estabilidad de Humedad promedio expresada en porcentaje de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	43
Figura 15. Gráfico de estabilidad de acidez promedio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.	44
Figura 16. Gráfico de estabilidad de acidez promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.	45

Figura 17. Curva de supervivencia de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente.	55
Figura 18. Curva de supervivencia de los 5 tratamientos almacenados en refrigeración (8°C).....	56
Figura 19. Curva de supervivencia de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración con el modelo de ajuste Log Log.....	57
Figura 20. Mapa de atributos del Análisis de Componentes Principales (PCA) de los 9 tratamientos en la semana 4 de evaluación.	61
Figura 21. Análisis clúster de los 9 tratamientos en la semana 2 de evaluación.....	62
Figura 22. Mapa de atributos del Análisis de Componentes Principales (PCA) de los 4 tratamientos en la semana 4 de evaluación.	66
Figura 23. Análisis clúster de los 4 tratamientos en la semana 4 de evaluación.....	66

INTRODUCCIÓN GENERAL

El chayote (*Sechium edule*) es un producto no tradicional de exportación donde el fruto en madurez hortícola o fisiológicamente maduro es el órgano principal de consumo; se utiliza principalmente como alimento humano (frutos, tallos y hojas tiernas), consumidos como verdura, ya sea solo hervidos o formando parte de numerosos guisos.

Los principales países productores de chayote además de México, son Costa Rica, Guatemala, Brasil, Estados Unidos de América, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia; en nuestro país son seis los estados que tienen una producción importante para el mercado: Chiapas, Michoacán, Estado de México, Nayarit, Jalisco y Veracruz, este último es el principal productor nacional con una superficie aproximada de 2,500 ha anuales que aportan el 87 % del volumen total y reporta producción durante todo el año, ya que ha ampliado el corredor de cultivo en tres regiones agroclimáticas, con la zona de mayor producción ubicada en los municipios de Coscomatepec, Huatusco, Ixhuatlan del Café, Chocaman, Tilapan, Orizaba, Rafael Delgado, Amatlan de los Reyes, Cuichapa e Ixtaczoquitlan (Cadena *et al.*, 2010).

Uno de los principales problemas es la vida útil sensorial que se tiene, que oscila en los 25 días a una temperatura de 8 °C, tiempo en el cual las empacadoras tienen que mover su producto a sus diferentes puntos de venta, esto aunado a la cantidad de desecho por bolsa utilizada en cada unidad.

El incremento en la producción se ha visto favorecida por la exportación de este producto principalmente a Estados Unidos donde la población hispana representa un mercado considerable debido a su poder adquisitivo, tal como lo marca el ingreso medio de la familia hispana, según la Oficina del Censo de EE.UU. es de US\$ 34.339. El poder de compra total de los hispanos ha aumentado a un ritmo significativo. En 1990, El

Centro Selig afirmó que el poder de compra fue de US\$212 mil millones, años más tarde las cifras de 2007 fueron de US\$863,1 mil millones. Las cifras para 2010 indican que la población hispana actualmente tiene un poder adquisitivo de aproximadamente US\$ 1.000 millones y se proyecta que alcance más de US\$ 1,3 miles de millones en 2015. (ProChile, 2011) Sin embargo, para la expansión de la exportación de chayote a países más alejados como los europeos se requieren asegurar la calidad del producto por un mayor tiempo.

El principal problema que enfrentan estos productores es la vida útil sensorial que se tiene, que oscila en los 25 días a una temperatura de 8°C, tiempo en el cual las empacadoras tienen que mover su producto a sus diferentes puntos de venta, esto aunado a la cantidad de desecho por bolsa utilizada en cada unidad.

La determinación de la vida útil ha sido factor importante para poder establecer la cadena de transporte y mercado más adecuada, punto importante en productos perecederos como lo es el chayote, el cual al ser transportado a diferentes puntos de la república mexicana y mayoritariamente al extranjero, se necesita determinar el tiempo máximo para que llegue en las mejores condiciones al consumidor final.

Uno de los métodos que se utiliza para estimar la vida útil sensorial de los alimentos es el método de análisis supervivencia que se basa en la opinión del consumidor para estimar la vida útil sensorial. Este método se basa fundamentalmente en conocer la actitud del consumidor hacia el producto, haciendo un test sensorial sobre si consumiría o no el producto. Para ello, solo se requiere disponer de muestras almacenadas a lo largo del tiempo y muestras recién fabricadas de un mismo producto.

Además existen algunas tecnologías postcosecha que son accesibles para las empresas empacadoras. Dentro de tales tecnologías, el uso de recubrimientos comestibles junto con un almacenamiento en condiciones de refrigeración es una alternativa viable sobre

todo por el hecho de que ya están disponibles en el mercado. En este sentido, la evaluación de la vida útil sensorial del chayote utilizando recubrimientos comerciales permitirá evaluar que tanto puede extenderse su almacenamiento y ver que variables fisicoquímicas pueden verse afectadas a lo largo de este tiempo.

1. Justificación

El presente estudio deberá tener relevancia en el área postcosecha al establecer modelos que permitan medir la vida útil de chayote bajo condiciones como temperatura, humedad y tiempo, así como el análisis de recubrimientos comestibles comerciales que le proporcionen una mayor vida de anaquel en la cual el producto pueda moverse en el mercado sin que se afecten considerablemente sus propiedades sensoriales y nutricionales y de esta manera poder contribuir con los productores exportadores de chayote a tener un producto de calidad que perdure a través del tiempo durante su transporte con características sensoriales aceptables.

2. Problema de investigación

La determinación de la vida útil o vida de anaquel es un factor importante para poder establecer la cadena de transporte y mercado más adecuada, ya que esta nos permitirá determinar el tiempo óptimo de transporte para que el chayote llegue de calidad aceptable al consumidor final, punto importante en productos perecederos como el chayote el cual al ser transportado a diferentes puntos de la república mexicana y mayoritariamente al extranjero, como lo es Estados Unidos y Canadá (SIAP, 2014), necesita determinar el tiempo máximo para que llegue en las mejores condiciones, para ello el estudio de vida útil sensorial en este cultivo es de gran importancia sobre todo para la zona centro de las altas montañas en el Estado de Veracruz, donde se ubica gran

parte del mercado de exportación, concentrando municipios como Coscomatepec, Ixtaczoquitlan y Orizaba.

3. Hipótesis

La estimación de la vida útil sensorial a través del análisis sensorial y pruebas fisicoquímicas hechas a los diferentes tratamientos aplicando herramientas estadísticas, permitirá conocer el tiempo óptimo para que el chayote llegue con las características sensoriales y fisicoquímicas que influyen en una buena calidad por parte de los consumidores.

4. Objetivos

Estudiar la estabilidad del chayote en condiciones de temperatura ambiente y frío.

Examinar 4 recubrimientos comestibles comerciales en chayote: Goma Laca, Goma Guar, Sustituto de Goma Guar (SMG) y Cera a base de aceite de palma de la marca Hortiwax.

Identificar el modelo que más se ajuste en la estimación de la vida útil sensorial de chayote

CAPITULO I. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

1.1. Producción de hortalizas.

Entre el periodo 1994-2014 el volumen de producción de frutas y hortalizas se duplicó y su valor creció a tasas promedio anuales reales de 2.1 y 1.9 % mientras que el valor total de la producción agrícola nacional creció a una tasa promedio anual real de 0.9 % (El economista 2015). El subsector hortícola de México aporta 16% del valor de la

producción con solo el 2.7% de la superficie agrícola y 2.1% de la producción total (Velia, 2012).

El chayote (*Sechium edule*) es una cucurbitácea originaria de México y Centroamérica, es una especie neotropical (Newstrom, 1991) estudiada desde el punto de vista taxonómico, ecológico, nutricional, agronómico, fisiológico, químico y genético (Lira-Saade y Caballero, 2002; Modgil *et al.*, 2004; Cadena-Iñiguez, 2005), en la cual su fruto se comercializa como hortaliza.

1.2. Recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles (RC) son definidos como sustancias que se aplican en el exterior de los alimentos de manera que el producto final sea apto para el consumo. Los RC se han usado durante siglos en la industria alimentaria con el objetivo principal de evitar la pérdida de humedad.

Los RC deben disminuir los daños mecánicos, físicos y químicos que genera el medio ambiente al producto (Falguera *et al.*, 2011).

La composición de los RC es muy variada, los materiales principales utilizados para elaborarlos son proteínas, polisacáridos y lípidos, que poseen características propias que benefician en diferentes aspectos a determinados alimentos. (Velázquez, 2014) el uso de los RC en combinación con otras barreras, métodos de procesamiento, buenas prácticas de higiene y condiciones de almacenamiento adecuadas, puede contribuir a mejorar la calidad e inocuidad en los alimentos frescos, mínimamente procesados y los procesados. (Velázquez, 2014).

Los biopolímeros utilizados para los recubrimientos de frutas, al ser consumidos deben ser inocuos evitando causar riesgos a la salud del consumidor. Dependiendo de las

sustancias que lo forman, los recubrimientos comestibles presentan ciertas propiedades mecánicas y de barrera al agua, oxígeno y dióxido de carbono.

Los polisacáridos derivados de celulosa, pectinas, derivados de almidón, alginatos, carragenina, quitosano y gomas, son capaces de construir una matriz estructural, permitiendo obtener recubrimientos comestibles transparentes y homogéneos, sin embargo están limitados por su solubilidad en agua y pobre barrera contra la humedad y propiedades mecánicas moderadas (Eum *et al.*, 2009).

Las gomas son polisacáridos de alto peso molecular, poseen propiedades coloidales, se dispersan en agua fría o caliente produciendo soluciones o mezclas con alta viscosidad. Las Gomas obtenidas a partir de exudados de plantas (arábiga, tragacanto y karaya), de semillas de plantas (garrofin y guar), así como por fermentación microbiana (xantana y gelana) han sido utilizadas como material para elaborar han sido utilizadas para elaborar recubrimientos mezclándolas con almidón (Flores, Costa, Yamashita, Gerschenson y Grossmann, 2010; Soares, Lima, Oliveira, Pires y Soldi, 2005; Veiga-Santos, Oliveirab, Ceredac, Alvesd y Scamparini, 2005).

Un RC debe cumplir con exigencias de calidad, seguridad y rendimiento, Uno de los principales propósitos es mejorar la apariencia del producto, brindando brillo y a veces color, que debe mantenerse a través de los procesos de transporte, manejo y comercialización. Para que la aplicación sea exitosa en el producto, el recubrimiento debe secar rápidamente, no debe producir espuma y se debe remover fácilmente de los equipos.

Para frutas con superficies irregulares, el método más adecuado es el de inmersión, debido a que se requiere un recubrimiento uniforme (Baldwin *et al.*, 1997). La fruta debe ser lavada y secada previamente, luego se sumerge directamente en la formulación

de recubrimiento, posteriormente se deja drenar el material sobrante y se procede al secado, este método es muy aplicado en RC con cera en frutas enteras, garantizando un impregnado completo para formar una película membranosas delgada sobre la superficie de la fruta (Djioua *et al.*, 2010). En frutas con superficies lisas y uniformes, el método más utilizado es el de aspersión, ya que se obtienen recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión. La solución se aplica presurizada, mediante la regulación de la presión, para conseguir diferentes tamaños de gota. La aplicación de recubrimiento se realiza con aspersores de alta presión que permiten emplear menos material de recubrimiento. Otros métodos son la aplicación mecánica o manual con brochas (Bosquez *et al.*, 2000).

Una vez aplicado, no debe agrietarse, decolorarse o caerse durante la manipulación. No debe reaccionar de manera adversa con los alimentos ni poner en riesgo la calidad sensorial del producto, pero debe restringir el paso de gases como oxígeno y dióxido de carbono. Durante el almacenamiento de los productos, el recubrimiento no debe fermentar, coagular, separarse, desarrollar sabores desagradables entre otras anomalías (Baldwin *et al.*, 2012).

El uso de los RC en alimentos y especialmente en productos altamente perecederos está condicionado por parámetros tales como el costo, la disponibilidad, la funcionalidad, las propiedades mecánicas como flexibilidad y tensión, las propiedades ópticas como brillo y opacidad, la barrera que proporcionan contra el flujo de gases, la aceptabilidad sensorial y resistencia estructural contra agua y microorganismos. (Velázquez, 2014)

1.3. Producción de chayote.

Una de las especies neotropicales de suma importancia en México es el chayote (*Sechium edule*). Esta es una especie originaria de Mesoamérica, la mayor evidencia de

su origen es la existencia de chayotes silvestres en la región centro y sur de México y en Centroamérica. Presenta en México una amplia diversidad biológica especialmente en los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (Lira-Saade, 1996; Ortega-Paczka *et al.*, 1998). En la región central de Veracruz se han encontrado frutos de diferente forma, tamaño, color, sabor y textura. Así mismo la diversidad se refleja en la forma y venación de las hojas, color del peciolo, guías y tamaño de la flor (Cadena-Iñiguez, 2005). Actualmente el chayote se distribuye en los cinco continentes, puesto que en los últimos 20 años esta especie ha prosperado de hortaliza de traspatio a producto no tradicional de exportación (Flores, 1989, Cadena-Iñiguez *et al.*, 2001).

Cadena *et al* (2008) estudiaron la variación morfológica y anatómica de frutos y hojas de chayote en el estado de Veracruz y encontraron que las clasificaciones fenotípicas (de acuerdo con las características físicas del chayote) están relacionadas con cambios anatómicos y morfológicos dirigidos a mejorar la especialización adaptativa de los diferentes tipos de chayote y en co-evolucion con el hombre se han desarrollados los chayotes verdes y amarillos. Con base en estos trabajos, el Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM) reconoce 12 variantes biológicas.

Actualmente la variante de mayor demanda es el “verde liso” (*virens levis*). En México el 80% del consumo de chayote se basa en los tipos “verde liso” y en segundo lugar el “verde espinoso” perteneciente al grupo varietal *nigrum spinosum*, el cual se encuentra más distribuido y su consumo se centra hacia las zonas templadas y de valles altos (regiones con altura superior a los 2000 m). De acuerdo con Cadena-Iñiguez y Arévalo Galarza (2011) la descripción de las características de los frutos de las dos variedades domesticadas de chayote más consumida es la siguiente:

Sechium edule variante biológica *virens levis*: el tamaño del fruto va de 9.30 a 18.30 cm de longitud, de 6.0 a 11.40 cm de ancho y de 5.40 a 9.60 cm de grosor; de forma

piriforme verde claro (pantone 373c) con cinco costillas no muy marcadas y hendiduras basales no muy profundas. Pedúnculo verde claro con muy poca pubescencia. Mesocarpio verde claro con sabor neutro y fibra medianamente adherida al mesocarpio.

Sechium edule variante biológica *nigrum spinosum*: fruto piriforme de verde claro a oscuro (panto 350c, 364c, 370u, 377u y 1205c), con dimensiones de 5.8 a 17.1 cm de longitud, de 5.0 a 12.2 cm de ancho y 3.6 a 9.7 cm de grosor, con alta densidad de espinas y cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal no muy marcada. Pubescencia muy baja en el pedúnculo. Mesocarpio verde claro a verde oscuro sabor neutro a medianamente dulce (6.43 °Brix) con fibra muy adherida al mesocarpio.

1.4. Importancia económica y social.

En la actualidad, la comercialización de chayote a gran escala tanto nacional como internacional recae el verde liso, donde los principales países productores de chayote además de México, son Costa Rica, Guatemala, Brasil, Estados Unidos, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia. México ocupa el primer lugar en producción y exportación de chayote verde liso a nivel mundial con el 53 % del mercado, seguido de Costa Rica (World Trade Atlas). Otros países productores como Guatemala, Brasil, Puerto Rico, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia canalizan la mayor parte de su producción para autoconsumo (Cadena *et al*, 2001; Brenes- Hine, 2002).

En la República Mexicana, la producción importante se agrupa en los estados de Veracruz, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Yucatán En el cuadro 1 se muestra al estado de Veracruz como el de mayor superficie sembrada y que aporta anualmente más del 85% de la producción nacional (SIACON 2013).

Veracruz produce todo el año, ya que ha ampliado el corredor de cultivo en tres regiones agroclimáticas, con la zona de mayor producción ubicada en los municipios de

Coscomatepec, Huatusco, Ixhuatlan del Café, Chocaman, Tilapan, Orizaba, Rafael Delgado, Amatlan de los Reyes, Cuichapa e Ixtaczoquitlan (Cadena *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Indicadores de producción de chayote (*Sechium edule*) en México.

Estados	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Volumen de Producción (Ton)	Valor de la Producción (Pesos)	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural (Pesos/Ton)
Jalisco	12	12	132	741,840	11	5,620
Michoacán	250	250	19,633	45,605,827	79	2,323
Puebla	36	36	71	240,066	2	3,386
San Luis Potosí	65	65	1,560	3,840,002	24	2,462
Veracruz	1,976	1,976	133,803	361,929,114	68	2,705
Yucatán	10	10	239	941,773	24	3,938
Total	2,348	2,348	155,438	413,298,622	208	20,433

Por su alta productividad por unidad de superficie, valor en el mercado y la generación de empleos el valor comercial de chayote, principalmente del tipo verde liso es sobresaliente. Por su alta productividad por unidad de superficie, valor en el mercado y la generación de empleos el valor comercial de chayote, principalmente del tipo verde liso es sobresaliente.

En términos sociales el chayote, en especial la variedad conocida popularmente como verde liso, representa para México una importante fuente de empleo local en el medio rural. Cuadro 2 Se ha registrado que una superficie de 30 hectáreas produce de 2700 a 3900 toneladas de fruta, y su periodo de cosecha se extiende a 6 meses, cortando cada tercer día.

Cuadro 2. Empleos equivalentes generados en la producción de chayote (*Sechium edule*) en México.

Estados	Superficie Cultivada (Ha)	Producción Total (Ton)	Jornales (Año)	Empleos equivalente
B. California	18	153	17,016	227
Guanajuato	37	N/R	34,978	466
Jalisco	847	27,527	800,720	10,676
México	69	2,208	65,230	870
Michoacán	112	180	105,880	1,412
S. Luis Potosí	60	4,020	56,722	756
Chiapas	37	1,739	34,978	466
Nayarit	33	2,970	31,197	416
Veracruz	2,500	246,000	2,363,400	31,512
Total	3,713	284,797	3,510,122	46,802

1.5. Importancia alimenticia y medicinal

El consumo de frutos como el chayote en la dieta humana es de vital importancia por el aporte de vitaminas, minerales, fibra, agua y otros nutrientes, además de la satisfacción de consumir un producto de características sensoriales tan variadas y agradables (Camacho, 2002). El chayote es un ingrediente común en la gastronomía mexicana, y actualmente su consumo tiene gran demanda debido a sus propiedades nutrimentales, que lo hacen ser una hortaliza que se incluye en la mayor parte de dietas por ser un alimento alto en fibra, bajo en calorías y no contiene colesterol (Cuadro 3); el fruto y semilla contienen aminoácidos, entre los cuales se encuentran: lisina, histidina, arginina, ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína, valina, isoleucina, serina, alanina y tirosina (Flores, 1989; Gamboa, 2005). La fruta es la parte de la planta que más se consume, su alto contenido de agua la convierte en una fruta poco nutritiva, pero muy dietética, aun así es una fuente de minerales y vitaminas. En el fruto, los macronutrientes y micronutrientes disminuyen conforme este crece. No obstante, cerca de la germinación estos nutrientes y el almidón aumentan. La sacarosa es alta en los primeros estadios del

crecimiento del fruto y disminuye con el aumento de su tamaño. En cambio la raíz tuberosa tiene un gran valor alimenticio por su alto contenido de carbohidratos (Gamboa, 2005).

Cuadro 3. Composición nutritiva de 100 g de órganos de chayote (Engels, 1983).

Compuesto	Fruto	Brotes	Raíz
Agua (%)	98.8	89.7	79.7
Carbohidratos (g)	7.7	2.7	17.8
Proteína (g)	0.9	4	2
Lípidos (g)	0.2	0.4	0.2
Calcio (mg)	12	58	7
Fosforo (mg)	30	108	34
Hierro (mg)	0.6	2.5	0.8
Vitamina A (UI)	5	615	---
Tiamina (mg)	0.03	0.08	0.5
Rivoflavina (mg)	0.04	0.18	0.03
Niacina (mg)	0.4	1.1	0.9
Ácido Ascórbico (mg)	20	16	10
Valor energético (cal)	30	60	79

El uso principal del chayote es el alimentario (Lira-Saade, 1996), centrándose en el fruto que se consume generalmente hervidos con sal o azúcar, agregándose a diferentes guisos, caldos y sopas; también se comen fritos, asados, cocidos al vapor o en horno a semejanza de las papas. El fruto también es utilizado por la industria para la elaboración de alimentos infantiles, salsas y pastas. Los tallos duros y fibrosos, son la única parte de la planta que no se consume (Cadena Iñiguez y Arévalo Galarza, 2011). Diversas investigaciones científicas que se han realizado en torno *Sechium edule* han revelado

actividad diurética (Jensen y Lai, 1986), antiinflamatoria e hipotensora, incluso como coadyuvante en la eliminación de cálculos renales. El chayote se utiliza como complemento en el tratamiento de arterioesclerosis e hipertensión, alivia la inflamación intestinal y cutánea, además de favorecer la cauterización de úlceras (Diré *et al.*, 2003) entre otros (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efectos farmacológicos del chayote (Cadena Iñiguez y Arévalo Galarza, 2011).

Tipo de extracto	Efecto	Fuente
Extracto metanolico	Antiinflamatorio cardiotonico	Salama <i>et al.</i> , 1986
B-sitosterol- β -D-glucopiranosido	Antiinflamatorio	Salama, <i>et al.</i> , 1987
Proteína “sechiumina” de extracto acuoso de semilla	Inactivación ribosomal Agente quimioterapéutico	Wu <i>et al.</i> , 1996
Extractos metanolico y acuoso	Antioxidante	Ordoñez <i>et al.</i> , 2006
Extractos crudos de ocho tipos biológicos	Anti proliferativo sobre l-929 y p-368	Cadena- Iñiguez <i>et al.</i> , 2005, 2007; 2013

1.6. Uso potencial del fruto de chayote.

Los alimentos contienen también sustancias fisiológicamente activas que cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función benéfica y contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas y, por lo tanto, son necesarias para una vida saludable (Caragay, 1992). Por ejemplo, Block *et al.* (1992) llevaron a cabo una revisión de estudios epidemiológicos, en la que demostraron que el riesgo de cáncer en personas que consumían dietas ricas en frutas y verduras es solo el 50% de riesgo de personas que consumen poco de estos alimentos. En la actualidad continua la búsqueda de alimentos que proporcionen un beneficio adicional a la dieta humana, que contengan

moléculas que sirvan a la salud, y a este respecto, Steinmetz y Potter (1991) identificaron más de una decena de clases de compuestos químicos de plantas biológicamente activas, ahora conocidos como fitoquímicos. En este sentido se han hecho estudios fisiológicos, fisicoquímicos, nutrimentales y fitoquímicos en chayote (*Sehium edule*), que indican una potencial aplicación de este fruto sobre la industria alimenticia, en específico en el área de frutas procesadas con un enfoque de alimento que provee sustancias nutritivas y benéficas a la salud. Por ejemplo, una técnica de transformación aplicable a las frutas en la industria alimentaria es la preparación de jugos o néctares, con una serie de ventajas como la posibilidad de combinar aromas y sabores, más la suma de componentes nutrimentalmente diferentes (Akira *et al.*, 2004). En este caso la industria de jugos y néctares, en México, se ha mostrado en los últimos años como uno de los sectores económicos más dinámicos y más importantes dentro del segmento de conservas.

El primer aspecto en tomar en cuenta en este tipo de alimentos son sus propiedades físicas y químicas que le confieren características adecuadas para la aceptación por parte de los consumidores, esto es, la calidad, la cual es un concepto que viene determinado por un conjunto de atributos que hacen referencia en parte a la presentación, composición y pureza, tratamiento tecnológico y conservación que hacen del alimento apetecible al consumidor, y por otra parte al aspecto sanitario y valor nutritivo del alimento. En este caso se refiere a la función primaria, es decir, nutrimental, y como función secundaria, relacionada con la estimulación del agrado o rechazo del alimento “función organoléptica” (Cóccaro, 2010). En seguida el aspecto fitoquímico, que viene ampliamente relacionado con el aspecto funcional de los alimentos, este es de importancia para determinar la presencia, la cantidad y en ocasiones la acción de compuestos biológicamente activos de los alimentos, lo cual proporciona la certeza al

consumidor de que lo que consume tiene compuestos necesarios para su dieta, además de otros que coadyuvan en la prevención de enfermedades.

1.7. Tecnología Postcosecha.

Durante el manejo postcosecha de chayote (*Sechium edule*) existen diversos problemas, que deterioran la calidad del fruto, como son; la deshidratación del fruto, los daños por roce y golpe, así como el daño por hongos principalmente: formación de ampollas por *Colletotrichum gloesporoides*, antracnosis producida por *Colletotrichum orbiculare*, formación de moho purpura-rojizo por *Fusarium oxysporum*, formación de moho blanco por *Phytophthora capsici* y pudrición acida ocasionada por *Geotrichum sp.* (Cadena *et al*, 2010)

Una opción ha sido su conservación en frío pero existen 3 desordenes fisiológicos asociados al almacenamiento a bajas temperaturas:

- a) A 2.5 °C se observa un bronceado en toda la superficie del fruto.
- b) Entre 5 y 7.5°C, se observan manchas pardas en la epidermis del fruto.
- c) De 7.5 a 10°C, se observa un bronceado interno en el parénquima

Sin embargo el almacenamiento a temperaturas cercanas a 10°C permite conservar el fruto por espacio de 25 a 30 días. (Alvarado *et al*; 1989), aunque se deben agregar aspectos como tipo de empaque y transporte para determinar con mayor precisión la vida de anaquel.

En el ámbito comercial, el cultivo de chayote evoluciono de hortaliza de traspatio a producto de exportación con amplia demanda en Estados Unidos y Canadá, lo que le ha ubicado dentro de las hortalizas no tradicionales de mayor importancia que exporta México (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2001). La importancia social está relacionada con la

mano de obra que demanda, puesto que en una huerta comercial de 4 ha se emplean de 30 a 35 personas (80% mujeres) por un periodo de 6 a 9 meses. Además, debido a que el fruto se puede dañar fácilmente, su cosecha y empaque requieren mano de obra adicional (GISeM, 2008).

1.8. Vida útil sensorial.

Un estudio de vida útil consiste en realizar una serie de controles preestablecidos en el tiempo, con una frecuencia establecida, hasta alcanzar el deterioro elegido como limitante o hasta alcanzar los límites prefijados.

Los puntos clave al diseñar un ensayo de vida útil son el tiempo durante el cual se va a realizar el estudio siguiendo una determinada frecuencia de muestreo y los controles que se van a llevar a cabo sobre el producto hasta que presente un deterioro importante. Generalmente se cuenta con poca información previa, por lo que se deben programar controles simultáneos de calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial.

Los factores que afectan la percepción de calidad por parte del consumidor son tanto intrínsecos del producto, como extrínsecos (Cardello, 1998). Los factores intrínsecos están relacionados con las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas. Estas variables, por su propia naturaleza, controlan las características sensoriales del producto, que a su vez son las variables que determinan la aceptabilidad y la percepción de calidad que tiene el consumidor. Aunque los factores intrínsecos son determinantes de la calidad, muchos otros factores extrínsecos contribuyen a la misma. Estos factores cubren aspectos asociados a las expectativas, influencias culturales y sociales. Sobre estos contribuyen el precio, la conveniencia y la marca.

Existen varios libros publicados en los últimos años sobre el tema de vida útil de alimentos. Labuza (1982) presenta en los tres primeros capítulos de su libro los distintos

tipos de rotulado en relación con la vida útil, los mecanismos básicos de deterioro, conceptos de cinética y las ecuaciones que vinculan la vida útil con la temperatura. Muchos de los datos publicados por este autor tienen como base en su determinación las propiedades sensoriales y son valiosos, pudiendo servir como punto de partida en la determinación de la Vida Útil Sensorial (VUS). Pero debe considerarse que muchas veces la información obtenida de datos publicados, o de productos similares que se comercializan en otros mercados, llevan a un error. Las condiciones ambientales, sanitarias y climáticas varían de un país a otro, además de la variabilidad que aportan las diferentes materias primas empleadas, el proceso al que es sometido el alimento, las barreras que brinda el tipo de envase elegido y finalmente las condiciones en que será almacenado y distribuido hasta llegar a manos del consumidor. Aquí nuevamente sufrirá cambios por las diferentes formas en que este tenga de manipularlo o guardarlo, hasta terminar de consumirlo. Es muy posible que una galleta almacenada durante cuatro meses difiera sensorialmente de una galleta recién elaborada, pero puede que esta diferencia sea tolerada por el consumidor sin llevar al rechazo del producto. Todo esto nos lleva a identificar que hay un déficit del enfoque sobre los aspectos sensoriales que percibe el consumidor. Un estudio de vida útil sensorial se apoya principalmente de un análisis de supervivencia.

Generalmente, el análisis de supervivencia es una colección de procedimientos estadísticos para el análisis de datos para los cuales la variable de interés de interés es el tiempo hasta que ocurre un evento (Kleinbaum, 1996). El problema de analizar los datos de tiempo a evento surge en una serie de campos aplicados, como la medicina, la biología, la salud pública, la epidemiología, la ingeniería, la economía y la demografía (Klein y Moeschberger, 1997). A continuación se presentan una serie de ejemplos de cómo se considera el tiempo de un evento de interés (Gómez y Langohr, 2002):

- En un ensayo clínico de una determinada medicina, el tiempo cero es cuando los pacientes son asignados al azar a los tratamientos. El tiempo hasta el evento es el tiempo hasta que la remisión del cáncer o un indicador clínico cae por debajo de cierto nivel (por ejemplo, el recuento viral disminuye por debajo de 500).
- En pruebas de durabilidad industrial, es de interés saber, por ejemplo, cuánto dura un neumático de coche. En este caso, en lugar de "tiempo hasta evento", se utilizan "kilómetros a evento". Es decir, en vez de registrar el tiempo en que el neumático está en la carretera, se registra la distancia en kilómetros recorridos por el coche hasta que se desgasta el neumático.
- En un estudio de vida útil, el tiempo transcurrido hasta el evento se mediría desde el momento en que el producto dejó la planta de fabricación hasta que fue rechazado por un consumidor (Hough *et al.*, 2003).

Los datos del tiempo hasta el evento se presentan de diferentes maneras, lo que crea problemas especiales en el análisis de dichos datos. Una característica frecuentemente presente en los datos de tiempo a evento se conoce como censura, la cual, en términos generales, ocurre cuando algunos tiempos de vida se sabe han ocurrido sólo dentro de ciertos intervalos. Existen tres categorías básicas de censura: datos censurados a la derecha, a la izquierda y en intervalos.

1.9. Censura a la derecha

Los sujetos son seguidos hasta que ocurre el evento de interés. Si el evento de interés no se produce durante el período que el sujeto está bajo estudio, esta observación es censurada. Este tipo de censura puede ocurrir si:

Al final del estudio:

- Un paciente con cáncer sigue vivo.
- Un neumático no se ha gastado.
- Un consumidor todavía acepta la muestra almacenada durante el tiempo máximo.

En medio de un estudio:

- Un paciente se mueve y no deja ninguna dirección de reenvío.
- Un neumático estalla por razones extrañas.
- Un consumidor ya no quiere probar las muestras almacenadas por períodos sucesivos.

En todos estos casos, el evento no se ha producido hasta cierto tiempo, y esta información se utiliza en el modelado de los datos.

1.10. Censura a la izquierda.

La censura a la izquierda ocurre si el sujeto ya ha sufrido el evento de interés antes de que comience el estudio. A continuación, se presentan dos ejemplos de datos censurados a la izquierda:

- En un estudio sobre la persistencia del aroma de un enjuague de ropa, las toallas de mano de tamaño estándar se lavan usando el enjuague, se secan en secadora y se guardan en un armario. En diferentes momentos después de la aplicación, los encuestados perciben un olor con el aroma de la ropa enjuagada y luego se les pregunta si pueden detectar definitivamente el aroma en la toalla. Supongamos que la primera prueba es de 24 horas después de la aplicación. Si un encuestado no puede detectar el aroma en esta primera prueba, sus datos quedan censurados. Para este encuestado, el aroma desapareció entre $\text{Tiempo} = 0$ (aplicación) y $\text{Tiempo} = 24$ horas (primera prueba).

- En un estudio de vida útil sensorial sobre mayonesa, no sería necesario pedir a los consumidores que probaran las muestras después de menos de 2 meses de almacenamiento a 25 ° C. Si un consumidor rechazó una muestra con 2 meses de almacenamiento porque el consumidor era particularmente sensible al sabor oxidado, esos datos quedan censurados. Es decir, todo lo que se sabe es que el tiempo de rechazo para este consumidor estaba en algún lugar entre Tiempo = 0 y Tiempo = 2 meses.

1.11. Censura en intervalos.

La censura de intervalos ocurre cuando todo lo que se sabe es que el evento de interés ocurrió dentro de un intervalo de tiempo. El siguiente es un ejemplo de datos censurados por intervalos:

- En pruebas SSL, es probable que ocurra la censura por intervalos. En un estudio sobre Vida Útil Sensorial de galletas tipo cracker, el tiempo máximo de almacenamiento a 20 ° C y 60% de humedad relativa se consideró de 12 meses. Para saber el tiempo de almacenamiento exacto en el que un consumidor rechazará las galletas, las muestras tendrían que tomarse sobre una base diaria o continua. Obviamente, esto no es posible. Durante el período de 12 meses, supongamos que se eligieron los siguientes tiempos de almacenamiento: 0, 3, 6, 8, 10 y 12 meses. Si un consumidor aceptó la muestra con 6 meses de almacenamiento y rechazó la muestra con 8 meses de almacenamiento, lo que se sabe es que el tiempo de rechazo del consumidor fue entre 6 y 8 meses de almacenamiento. Estos datos son, por tanto, censurados por intervalos.

En realidad, tanto los datos censurados a la derecha como los censurados a la izquierda pueden considerarse casos especiales de censura por intervalos. Para un estudio de Vida Útil Sensorial, con datos censurados a la derecha, el intervalo es entre la última vez que

el consumidor aceptó la muestra y el infinito, y con los datos censurados a la izquierda el intervalo está entre el tiempo = 0 y el primer tiempo de almacenamiento.

1.12. LITERATURA CITADA

Akira, F.M. da Silveira, R. Cardoso y D. Ferreira. 2004. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. *Sci Agric.* 61. 1-9.

Alvarado, S., Sáenz, M.V. Valverde, E., 1989. Evaluación de tratamientos postcosecha para la preservación de frutos de chayote (*Sechium edule*). *Agronomía Costarricense* 13, 35-43.

Aung-LH.; Harris-CM.; Rij-RE.; Brown-JW. 1996. Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* SW. *Journal Horticultural Science* 71(2): 297-304.

Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Hagenmaier, R.D. y Baker, R.E. 1997. Use of lipids in coatings for food products. *Food technology.* 51. 56-64.

Baldwin, E., Hagenmaier, R. y Bai, J. 2012. *Edible Coatings and films to improve food quality.* Boca Raton: CRC Press.

Block, G. Patterson, B., and Subar, A. 1992. "Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence". *Nutr. Cancer* 18. 1-29.

Bosquez, M. E., Vernon, J.J., Pérez, L. y Guerrero, L. 2000. Películas y cubiertas comestibles para conservación en fresco de frutas y hortalizas. *Industria alimentaria.* 22. 14-36.

Brenes-Hine, A. 2002. Proyecto: Conservación de germoplasma de chayote [*Sechium edule*] y tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] como una base de apoyo

para el mejoramiento genético y la producción de semillas. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 18 p.

Cadena, I. J.; Ruíz, P. L. M.; Trejo, L. C.; Sánchez, G. P.; Aguirre, M. J. F. 2001. Intercambio de gases y relaciones hídricas del chayote (*Sechium edule* Sw.). Revista Chapingo Serie Horticultura 7: 21-35

Cadena, I. J.; Ruiz-Posadas, L. M.; Aguirre-Medina, J. F.; Sánchez-García, P. 2005. Estudio de los síntomas asociados a la pérdida de color del chayote (*Sechium edule*) en Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 309-316.

Cadena, I. J.; Avendaño-Arrazate, C. H.; Soto-Hernández, M.; Ruiz-Posadas, L. M.; Aguirre-Medina, J. F.; Arévalo-Galarza, L. 2008. Intraspecific variation of *Sechium edule* in the state of Veracruz, Mexico. Genetic Resources and Crop Evolution. 55: 835-847.

Cadena-Iñiguez J. 2005. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule*). Tesis Doctoral, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 164 p

Cadena-Iñiguez J.; Arévalo-Galarza L.; Ruiz-Posadas L.; Aguirre-Medina J.; Soto-Hernández, M.; Luna-Cavazos, M.; Zavaleta-Mancera H. 2006. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* fruit during postharvest. Postharvest Biology and Technology 40(2): 170-176.

Cadena-Iñiguez J.; Arévalo-Galarza, M.L.; Avendaño-Arrazate, C.H.; Ruíz-Posadas, L.M.; Soto-Hernández, M.; Santiago-Osorio, E.; Acosta-Ramos, M.; Aguirre-Medina, J.F.; Cisneros-Solano, V.; Ochoa-Martínez, D.L. 2007. Production, genetics and postharvest management and pharmacological characteristics of

- Sechium edule* (Review). Fresh Produce Journal (Global Science Books) 1(1):41-53.
- Camacho, G. 2002. Transformación y conservación de frutas. Universidad Nacional de Colombia. p. 250.
- Caragay, A.B. 1992. Cancer-preventive foods and ingredients. Food Technology. 46. 65-68.
- Cardello, A.V. 1998. Perception of food quality. En Food storage stability. I. A. Taub y R.P. Singh (eds.), Boca Raton (Florida): CRC Press.
- Cóccaro Graciela C. 2010. Informe. Desarrollo de Nuevos Productos. Alimentos Funcionales y Novel Food, alternativas para el diseño de alimentos y su marco legal. pp. 5-12.
- Diré G.; Lima, E.; Gomez, M.; Bernardo-Filho, M. 2003. The effects of a chayote *Sechium edule* extracts (decoct and macerated) on the labelling of blood elements with technetium-99m and on the biodistribution of the radiopharmaceutical sodium pertechnetate in mice: an in vitro and in vivo analysis. Pakistan Journal of Nutrition 2, 221-227.
- Djioua, T. Charles, F. Freire, M, Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M. y Sallanon, H. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica L*). International Journal of Food Science and Technology. 45. 849-855.
- Engels, J.M.M. 1983. Variation in *Sechium edule* in Central America. Journal american society horticultural science 108- 706-710.

- 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 Technology*, 229. 427-234.
- Falguera, V., Quintero, J.P., Jimenes, A., Muñoz, J.A. e Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Tencology*. 22. 292-303.
- Flores, S.K., Costa, D., Yamashita, F., Gerschenson, L. N., y Grossmann, M.V. Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusión. *Materials Science and Engineering*. 30. 196-202.
- Flores M., E. 1989. El Chayote, *Sechium edule* Swartz (*Cucurbitaceae*). *Revista Biología Tropical* 37:1-54.
- Gamboa, W. 2005. Producción agroecológica, una opción para el desarrollo del chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 166-168 pp.
- Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México (GISeM). 2008. Colecta, caracterización y conservación de *Sechium spp.* Informe en extenso Sistema Nacional de Recursos Filogenéticos- SAGARPA. México, DF. pp.102.
- Hough, G., Langohr, K., Gómez, G., Curia, A. 2003. Survival analysis applied to sensory shelf-life of foods. *Journal of Food Science* 68, 359-362.
- Jensen, L.P.; Lai, A.R. 1986. Chayote (*Sechium edule*) causing hypokalemia in pregnancy. *American Journal Obstetryce Gynecology*. 5: 1048-1049.

- Kleinbaum, D. G. 1996. Survival analysis, a self-learning text. Nueva York: Springer-Verlag.
- Labuza, T.P. 1982. Shelf-life dating of foods. Westport (Connecticut): Food & Nutrition Press.
- Lira-Saade, R. 1996. Chayote *Sechium edule* (Jacq.)Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Report No. 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp. 57-58.
- Orea C.D.; Engleman E.M. 1983. Anatomía de la Testa de *Sechium edule*. Revista Chapingo 39: 27-30.
- Ortega-Paczka, R; Martínez-Alfaro, MA; Rincon-Enriquez, G.1998. Principales cultivos de México y sus regiones mundiales de mayor diversidad. XVII Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Acapulco, México. p. 321.
- Quintero, C.J.P., Pascual, F.V. y Muñoz, H.A.J. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga. 5. 93-118.
- Rojas-Graú. M. A., Oms-Oliu, G. Soliva-Fortuny, R. y Martin-Belloso, O. 2009. The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables a review. International Journal of Food Science and Technology. 4. 875-889.
- Soares, R.M., Lima, A.M.F., Oliveira, R.V.B., Pires, A.T.N. y Soldi, V. 2005. Thermal degradation of biodegradable edible films base gom xanthan and starches from different sources. Polymer Degradation and stability. 90. 449-454.

Steinmetz, K. A. y Potter, J. D. 1991. Vegetables, fruits and cáncer. I. Mechanisms. *Cancer Causes Control* 2: 325-357.

Vasavada, P. C. (1994). Shelf life evaluation of foods. C. D. Man, & A. A. Jones (Eds.). Glasgow: Blackie Academic & Professional.

Veiga-Santos, P., Oliveirab, L. M., Ceredac, M.P., Alvesd, A.J. y Scamparini, A.R.P. 2005. Mechanical properties, hidrophilicity and wáter activity of starch-gum films: Effect of additives and deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*. 19. 341-349.

**CAPITULO II. ESTUDIO DE ESTABILIDAD FISICOQUIMICA DE CHAYOTE
(*Sechium edule*) DE EXPORTACIÓN CON CUATRO RECUBRIMIENTOS
COMERCIALES EN CONDICIONES TEMPERATURA AMBIENTE Y
REFRIGERACIÓN**

Jorge Antonio Gutiérrez-Torres¹, Rosalía Núñez-Pastrana², Otto Raúl Leyva-Ovalle², Hipólito Ortiz-Laurel¹, Adriana Contreras-Oliva¹, Mirna López-Espíndola¹, José Andrés Herrera-Corredor^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Postgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México, C.P. 94946 ²Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba. Camino Peñuela-Amatlán s/n, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C.P. 94945

* Autor de correspondencia: Dr. José Andrés Herrera Corredor
e-mail: jandreshc@colpos.mx
Teléfono: 52 (271) 716-6000

RESUMEN

Se realizó un estudio de estabilidad de chayote (*Sechium edule*) verde liso de exportación en condiciones de almacenamiento de refrigeración (8°C) y ambiente (27°C) con las variables fisicoquímicas de tamaño, peso, sólidos solubles totales (SST), color, firmeza, humedad, pH, acidez y actividad de agua (Aw) durante 8 semanas. Los resultados registraron una estabilidad en las variables de tamaño, SST, humedad en las dos temperaturas de almacenamiento, un mayor porcentaje de pérdida de peso en temperatura ambiente, una disminución del pH y aumento de la acidez en ambas temperaturas y un cambio de color de verde a amarillo, así como un aumento en la firmeza tanto en el epicarpio como en el mesocarpio. El recubrimiento con mayor inestabilidad fue Hortiwax, ya que su vida de anaquel fue solo de 2 semanas en condiciones de frío. El tratamiento con mejor estabilidad fue Goma Laca, seguido de Goma Guar, tratamientos que alcanzaron hasta 8 semanas de vida útil y en los cuales las

variables en cuestión fueron más significativas. Las variables de color, firmeza y peso con las que mayor importancia tienen y las que más control necesitan tener para una buena apariencia del producto y que este no afecte en su decisión de compra.

Palabras clave: Recubrimientos comestibles, estabilidad, chayote, exportación.

ABSTRACT

A study of stability of smooth green export chayote (*Sechium edule*) was carried out in conditions of storage of refrigeration (8°C) and environment (27°C) with the physicochemical variables of size, weight, total soluble solids (SST), color, firmness, humidity, pH, acidity and water activity (Aw) for 8 weeks. The results showed stability in the variables of size, SST, humidity at the two storage temperatures, a higher percentage of weight loss at room temperature, a decrease in pH and increase in acidity at both temperatures and a change in color of green to yellow, as well as an increase in firmness in both the epicarp and the mesocarp. The coating with greater instability was Hortiwax, since its shelf life was only 2 weeks in cold conditions. The treatment with better stability was Goma Laca, followed by Guar Gum, treatments that reached up to 8 weeks of useful life and in which the variables in question were more significant. The variables of color, firmness and weight with which they have greater importance and those that need more control for a good appearance of the product and that this does not affect their purchase decision.

Key words: Edible coverings, stability, chayote, export.

2.1. Introducción

Las frutas y verduras son una fuente importante e indispensable de vitaminas y minerales para el ser humano. Su cultivo a gran escala constituye un sector importante de la economía de muchos países como lo es México y Costa Rica, principales países exportadores de este cultivo que generan gran cantidad de empleos en su proceso de producción. (World Trade Atlas). La preferencia en los mercados de Norteamérica, como producto procedente de México, (sobre todo en la costa oeste de los Estados Unidos de América), ubican al chayote verde liso en la cuarta posición después del aguacate, jitomate y café (Bancomext, 2004), por lo que se requieren mejores procesos de conservación para lograr prolongar su vida de almacenamiento, y que de esta forma perdure la calidad del producto al consumidor final. El agua contenida en las frutas y verduras representa más del 80 % de su peso, lo cual es un factor determinante para su pronta descomposición microbiana. Se estima que en los países en vías de desarrollo, alrededor del 30 a 40 % (Hernandez *et al.*, 2010) de las frutas y verduras cultivadas se llega a perder debido a la falta de un adecuado manejo, transporte y almacenamiento; estas pérdidas se traducen en una pérdida física, nutricional y por lo tanto económica.

La vida útil del chayote es limitada por su carácter perecedero y por los cambios físicos, químicos y fisiológicos que con frecuencia ocurren (Artés y Allende, 2005). Los principales síntomas de deterioro incluyen cambios en textura, el color, pérdida de nutrientes y rápido desarrollo microbiano (Nguyen-the y Carlin, 1994). La reducción de las pérdidas en el procesamiento requiere de la adopción de nuevas tecnologías que permitan brindar una mayor estabilidad de las características sensoriales y nutritivas durante el tiempo de almacenamiento (Regaert *et al.*, 2004). Con el fin de obtener productos agrícolas sanos, con un alto nivel nutritivo y calidad organoléptica adecuada, se han generado alternativas que permitan mejorar el aprovechamiento de los vegetales,

con la menor incidencia de daños, a nivel de los mercados de productos frescos (Flores, 2000). Para esto se han propuesto tecnologías orientadas a conocer las técnicas de acondicionamiento poscosecha de los vegetales mínimamente procesados, las buenas prácticas agrícolas (BPA) y las buenas prácticas de manufactura en poscosecha (BPMP) con el fin de garantizar la reducción de las pérdidas durante el proceso productivo (Aguayo *et al.*, 2001; Teullado *et al.*, 2005). En respuesta a la demanda de este tipo de alimentos, se han desarrollado técnicas para el procesamiento mínimo que involucran un conjunto de operaciones unitarias que permitan extender la vida útil de los vegetales, sin alterar las características nutritivas y sensoriales (Cano, 2001). Se han identificado y estudiado diferentes técnicas para extender la vida útil de estos vegetales; refrigeración, desinfección, absorción de etileno, irradiación, recubrimientos comestibles, inmersión en baños químicos, atmosferas modificadas y controladas, tratamientos térmicos leves y radiación ultravioleta (UV-C), siendo las más destacadas el uso de recubrimientos comestibles, por su practicidad y resultados favorables en diversos estudios. Las películas y los recubrimientos comestibles son elaborados con biopolímeros naturales de alto peso molecular que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloídes, proteínas, polisacáridos los cuales, debido a su naturaleza hidrofílica, son muy sensibles al agua. Los otros componentes mayoritarios en la formulación lo constituyen lípidos, plastificantes, emulsificantes, agentes tensoactivos, agentes de liberación controlada de compuestos, antioxidantes, entre otros, por lo que se trata de formulaciones multi-componentes.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la estabilidad del chayote almacenado a temperatura ambiente y frío, utilizando cuatro recubrimientos comestibles

comerciales, con el fin de identificar las variables fisicoquímicas resultan más afectadas con el paso del tiempo de acuerdo a cada tipo de recubrimiento.

2.2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba en el laboratorio de Frutas y Hortalizas.

El material biológico (*Sechium edule*) fue colectado de la región de Coscomatepec, Veracruz.

Los recubrimientos utilizados se obtuvieron:

Sustituto de Goma Guar: CT-50-SMG

Goma Laca: CT-50-TG

GomaGuar: CT-50-CAA

Y el producto “Hortiwax del fabricante El vergel de occidente S.A. de C.V.” proporcionado por el dueño de la empacadora “Agro del moral”.

Preparación de las muestras

Los recubrimientos se prepararon de acuerdo a las indicaciones del proveedor a una concentración de 2.5% disueltas en agua, para lo cual se empleó una balanza digital Ohaus Scout-Pro, se utilizó agua destilada a temperatura ambiente ($27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) y la mezcla se realizó empleando una licuadora de uso doméstico por un tiempo de 3 minutos, añadiendo primero la cantidad total de agua con la mitad del recubrimiento en polvo por un minuto y medio y posteriormente la otra mitad a manera de completar los 3 minutos. Se codificó cada uno de los chayotes de acuerdo a la temperatura que correspondía, “A” para temperatura ambiente y “F” para frío, numerándolos del 1 al 200

para cada grupo de temperatura. Quedando 5 tratamientos: Hortiwax (HWX), Sustituto de Goma Guar (SMG), Goma Laca (TG), Goma Guar (CAA), y el Testigo (TGO).

Se aplicó cada uno de los recubrimientos sobre la superficie del chayote con una brocha de forma aleatoria, llevando un control del código que correspondía a cada recubrimiento. Se secaron a temperatura ambiente ($27\text{ °C} \pm 2.6\text{ °C}$) y se almacenaron de acuerdo a la temperatura que correspondía de forma aleatoria, las temperaturas registradas para este estudio fueron de $27\text{ °C} \pm 2.6\text{ °C}$ para ambiente y $8\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. Las variables a medir en este estudio de estabilidad fueron:

Pérdida de peso

Para ello se tomó cada fruto de chayote y se pesó en una balanza digital Ohaus Scout-Pro. Se registró el dato en gramos. La pérdida de peso se calculó de acuerdo a Aguilar-Mendez *et al* 2011. Se realizaron 5 repeticiones

Tamaño

El tamaño fue determinado con un vernier digital Truper, tomando como referencia el eje ecuatorial. Se midió el largo, ancho y grosor en milímetros. Se realizaron 5 repeticiones.

Color

El color se determinó con un colorímetro Konica-Minolta de acuerdo siguiendo la metodología de McGuire (1992). Las mediciones fueron reportadas en el sistema CIE $*L^*a^*b$. Para estos valores se calculó el matiz y el ángulo cromático, cada fruto fue medido en tres regiones considerando el total del fruto. Se realizaron 5 repeticiones.

Firmeza

La firmeza fue determinada a través de la resistencia a la penetración utilizando un texturómetro Shimadzu EZ-S de 500 N, mediante un punzón de 4 mm de diámetro, para ello cada fruto se cortó a la mitad para tener una superficie de apoyo uniforme, posteriormente se cortó una placa de 4 cm de largo por 4 cm de ancho por 2.5 cm de grosor para la medición en epicarpio y de 4 cm de largo por 4 cm de ancho por 1.5 cm de grosor para mesocarpio. Esta metodología es de elaboración propia contemplando el tamaño de la muestra disponible y el mecanismo del equipo. Se realizaron 5 repeticiones.

Sólidos Solubles Totales

Se empleó el método AOAC 932.12. Método del refractómetro. Se utilizó un refractómetro Atago Automatic colocando 2 a 3 gotas sobre el prisma con ayuda de una pipeta Pasteur. Se realizaron 5 repeticiones.

pH

La determinación se realizó con un potenciómetro Orion 3 Star siguiendo la norma NMX-F-317-S-1978, sumergiendo el electrodo en la muestra. Se realizaron 5 repeticiones.

Acidez titulable

La determinación se hizo de acuerdo a la norma mexicana NMX-F-102-S-1978. Se tomó 10 ml de muestra en 100 ml de agua destilada, se adicionaron 2 gotas de fenolftaleína como indicador, e Hidróxido de sodio (NaOH) 0.01 N. Los resultados se

expresan en miliequivalentes de ácido ascórbico, ya que es el ácido orgánico predominante.

Humedad

Se realizaron perfiles de humedad a 120 y 100 °C tomando mediciones cada media hora durante 24 horas. Se determinó que el tiempo y temperatura óptima de 2 horas a 100°C, tiempo en el cual se tiene una humedad constante sin llegar a que se caramelizara. Posteriormente se hizo el cálculo de acuerdo a la norma NMX-F-083-1986. Se realizaron 5 repeticiones.

Análisis Estadístico

Se realizaron 5 repeticiones por cada variable de la cuales se calculó el promedio y la desviación estándar para evaluar la estabilidad en función del tiempo.

2.3. Resultados y Discusion

En cuanto a las variables Fisicoquímicas en lo que respecta al recubrimiento de Hortiwax, este solo se reportó hasta la semana 2, ya que fue el tiempo máximo en el que se pudo mantener el producto en condiciones de medición, en cuanto al tamaño podemos mencionar que se mantuvo estable sin un cambio notorio de principio a fin en lo largo, ancho y grosor. En cuanto a los Solidos Solubles Totales podemos observar en la Figura 1 que a través del tiempo en temperatura en frio se tiene una tendencia a la baja debido a la degradación de azucres teniendo valores en un rango de 4.0 a 4.5 en promedio para los recubrimientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Laca, Goma Guar y el testigo y valores promedio de 4.5 y 5.0 para el recubrimiento de Hortiwax, caso contrario ocurrió en con los valores obtenidos en los almacenados a temperatura ambiente (Figura 2) donde la tendencia fue a la alta en las primeras semanas y después

se estabilizó. Valores similares fueron reportados por Riviello-Flores 2015, donde para chayote *Sechium edule* variedad *virens levis* de la misma región de colecta obtuvo en promedio 4.3 de Solidos Solubles Totales bajo el mismo método de estudio.

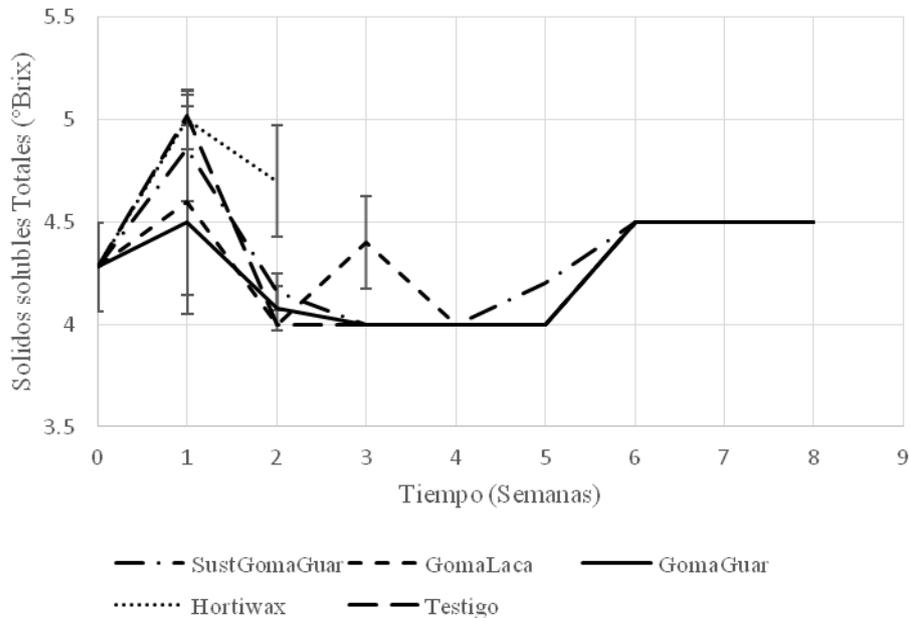


Figura 1. Gráfico de estabilidad de Solidos Solubles Totales promedio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.

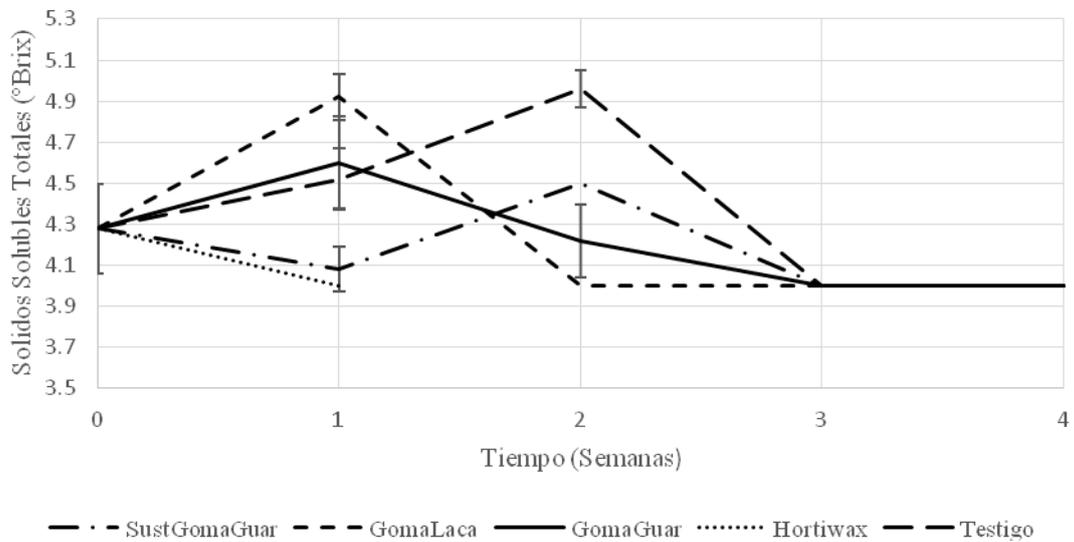


Figura 2. Gráfico de estabilidad de Solidos Solubles Totales (SST) promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

Color

En cuanto al color se tomó como referencia solo el valor de a^* debido a que no hubo efecto en L^* ni en el valor de b^* , el valor de a^* nos indica que tan verde se encuentra el producto, entre más valor negativo más verde se encuentra. Se observó una tendencia a disminuir su valor negativo con el paso del tiempo siendo más notorio a temperatura ambiente donde inclusive el recubrimiento de Goma Guar difiere de los demás al tener un valor mas negativo(Figuras 3 y 4), lo que nos indica una disminución de la coloración verde, debido a la madurez del producto, esto para los recubrimientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Laca, Goma Guar y Testigo; el recubrimiento de Hortiwax tuvo una diferencia notable debido a su misma naturaleza y no a una madurez con el paso del tiempo. Un ejemplo comparable lo hizo Riviello 2015 y Vignoni *et al.*, 2006 quienes también reportan un descenso del color verde intenso, atribuyéndolo al descenso considerable de clorofila b.

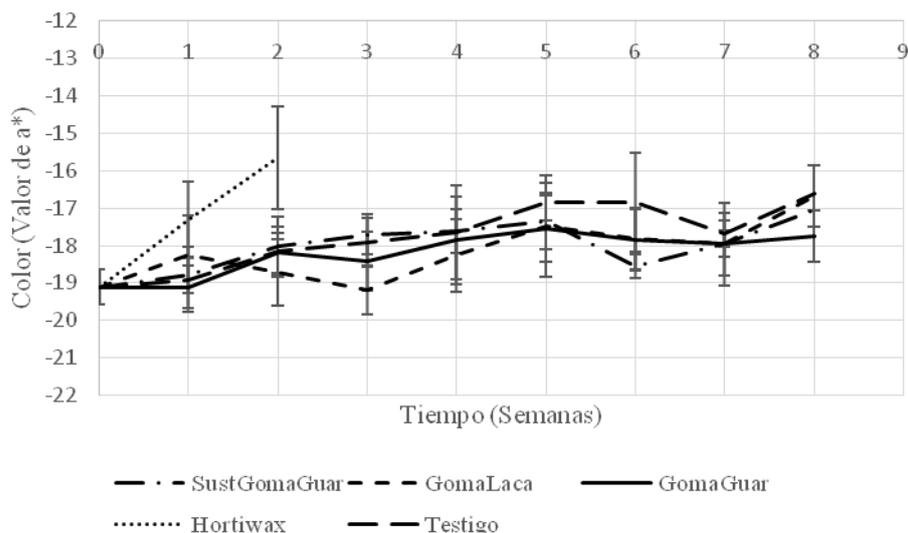


Figura 3. Gráfico de estabilidad de color (a*) promedio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.

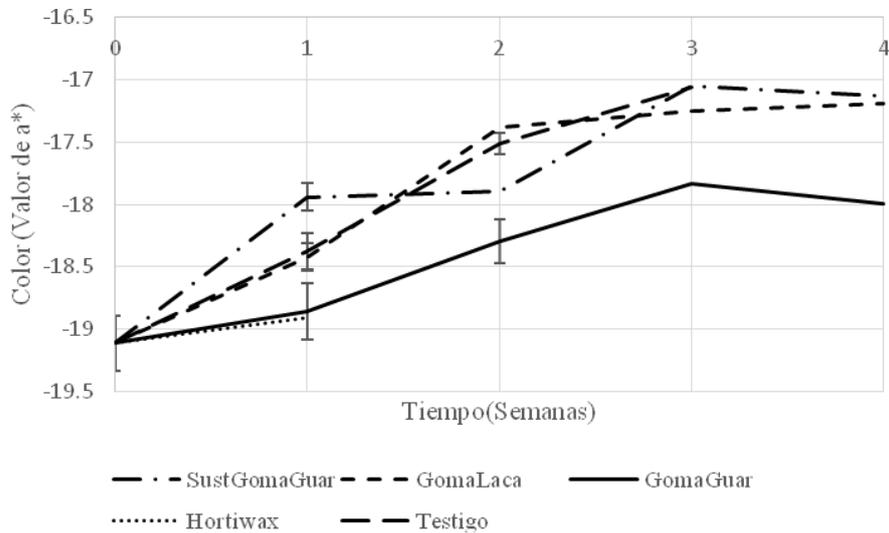


Figura 4. Gráfico de estabilidad de color (a*) promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

Firmeza

En las Figuras 5 y 6 podemos observar como hay un incremento en la Firmeza al paso del tiempo tanto en epicarpio como en mesocarpio, teniendo valores promedio entre 13 y 19 Newton (N), donde el testigo tiene los valores más altos, debido a que es el que pierde más turgencia por no tener un recubrimiento que lo proteja. Valores similares fueron reportados por Cadeña-Iñiguez 2011 donde para chayote *Virens levis* reporta valores promedio de 17.2 N en madurez hortícola, el cual va disminuyendo debido a que con el paso del tiempo hay un mayor contenido de fibra y pérdida de turgencia, así como presencia de almidón y germinación de la semilla dentro de la fruta que hace que al chayote se le nombre coloquialmente “camotudo” debido a su mayor dureza.

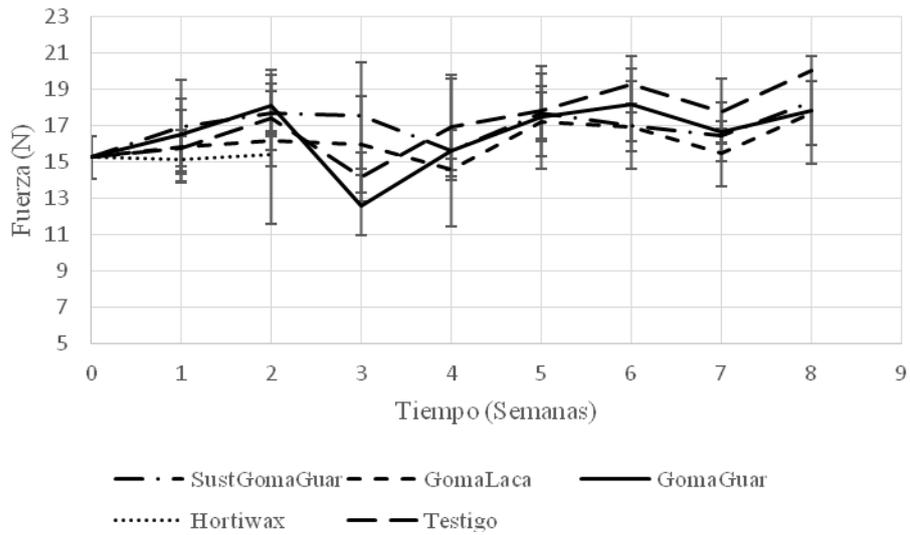


Figura 5. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en Epicarpio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.

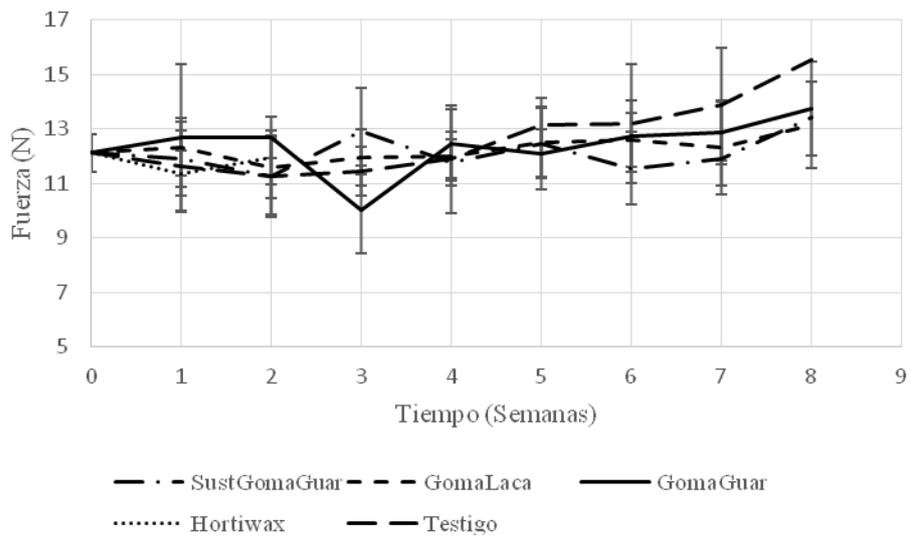


Figura 6. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en Mesocarpio de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.

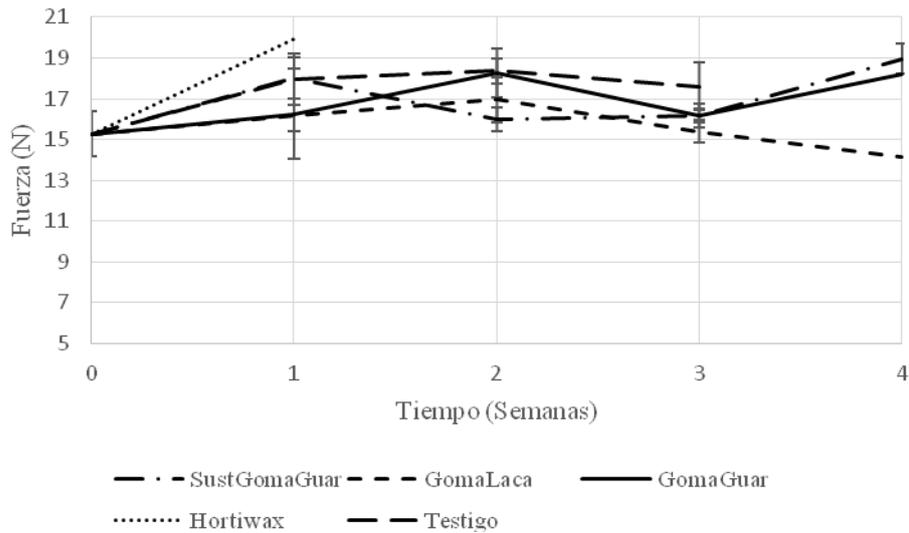


Figura 7. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en Epicarpio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

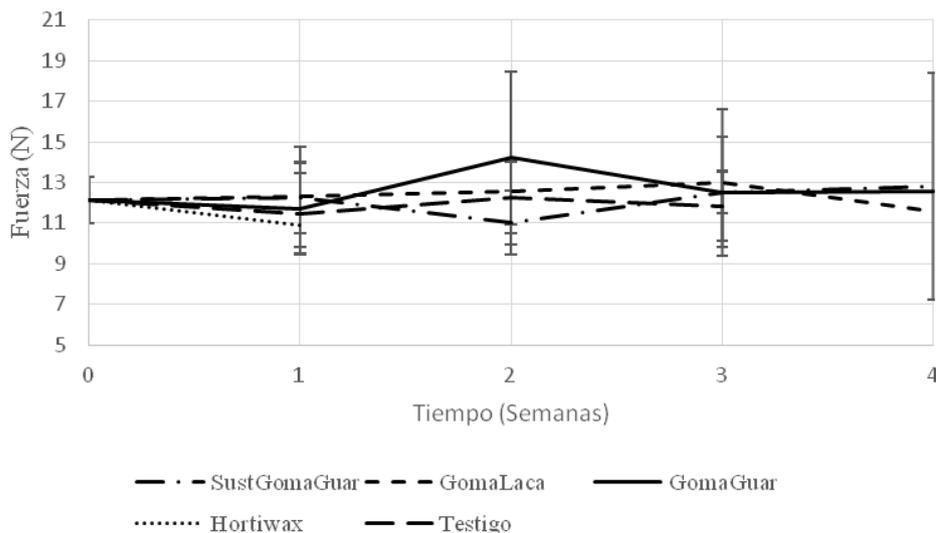


Figura 8. Gráfico de estabilidad de Firmeza promedio medida en el Mesocarpio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

Pérdida de peso

La pérdida de peso acumulada se puede observar en las Figura 9 y 10, donde el recubrimiento que mayor peso perdió fue Goma Guar y el que menos perdió fue el sustituto de Goma Guar, también se pudo observar una mayor pérdida de peso durante la primera semana, después de este periodo la pérdida de peso fue proporcional al paso

del tiempo. Cadena-Iñiguez 2011 reporta una pérdida de peso promedio de 7% para chayote *Virens levis* mexicano en un periodo de 8 días a una temperatura de 20°C, valor que se obtiene en promedio después de la primera semana, esto nos indica que a mayor temperatura se tiene una mayor pérdida de peso, como lo fue el caso de los chayotes almacenados a temperatura ambiente, quienes tuvieron un porcentaje similar en tan solo la mitad de tiempo (4 semanas) a los almacenados en frío.

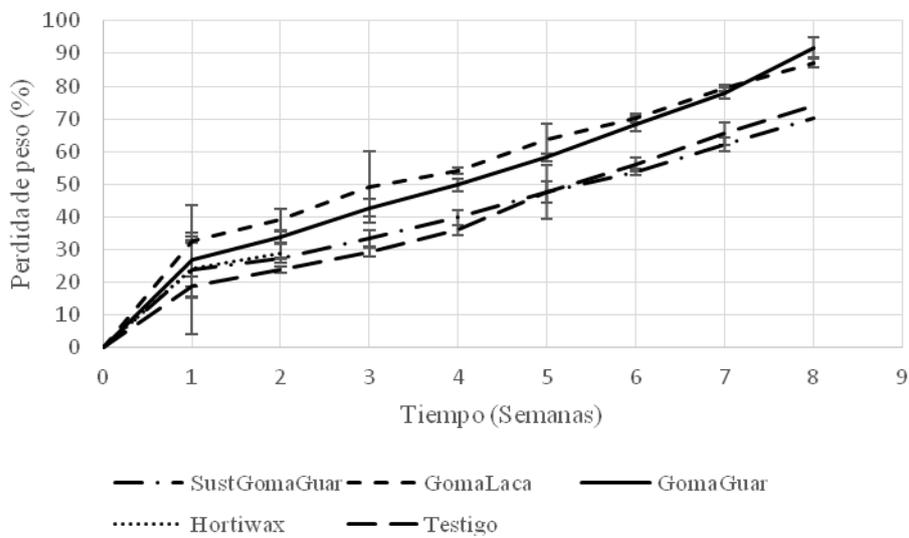


Figura 9. Gráfico Pérdida de peso representado en porcentaje acumulado de los 5 tratamientos almacenados en frío a través del tiempo.

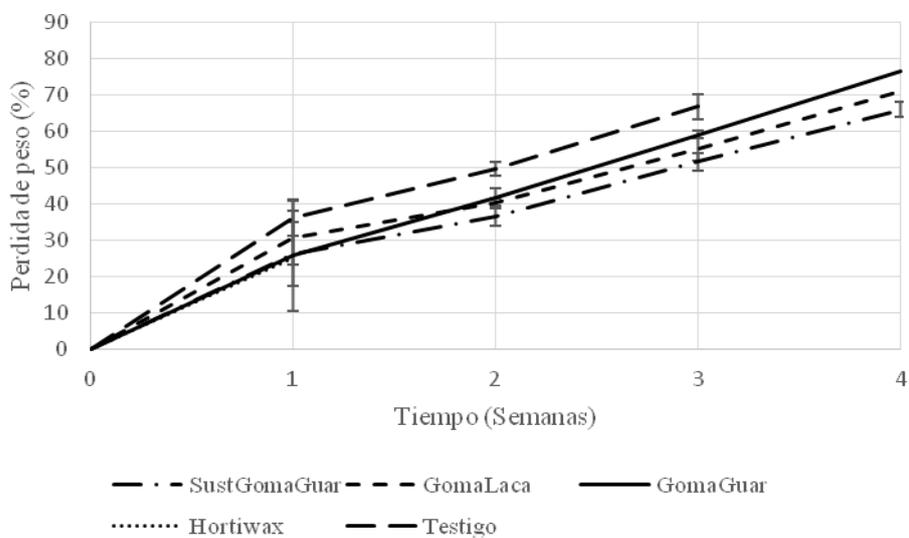


Figura 10. Gráfico de estabilidad de Pérdida de peso promedio expresada en porcentaje de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

En cuanto a pH los 4 recubrimientos junto al testigo tuvieron un comportamiento similar, la tendencia fue a la baja, es decir el medio se acidifico, dato que lo podemos confirmar en la Figura 11 donde la tendencia fue a la inversa del pH, es decir la concentración de ácido aumento, esto puede deberse al metabolismo propio del fruto como parte de su maduración hortícola, donde las células por medio del ciclo de Krebs sintetizan algunos ácidos orgánicos para obtención de energía y lograr así la sobrevivencia del fruto. Cadena-Iñiguez *et al*, 2011 menciona que las cucurbitacinas, metabolitos de gran importancia en el chayote, biosintetizan Acido mevalonico a través de la ruta de la acetilCoA, esto convierte a las cucurbitacinas como precursores de diferentes metabolitos que la planta sintetizara de acuerdo a los requerimientos que la misma vaya necesitando. Teniendo esta breve explicación se confirma que con el paso del tiempo el chayote biosintetizara compuestos y metabolitos con el único fin de regular su funcionamiento ante su proceso de maduración. Otro estudio hecho en savia de xilema de hoja (Cadena-Iñiguez *et al* 2001) menciona que los cambios en el pH están relacionados con la apertura o cierre de estomas, teniendo un pH bajo con la apertura de estomas, debido a los cambios en las concentraciones de calcio y potasio, teniendo un mayor cierre de estomas durante el día debido a las altas temperaturas.

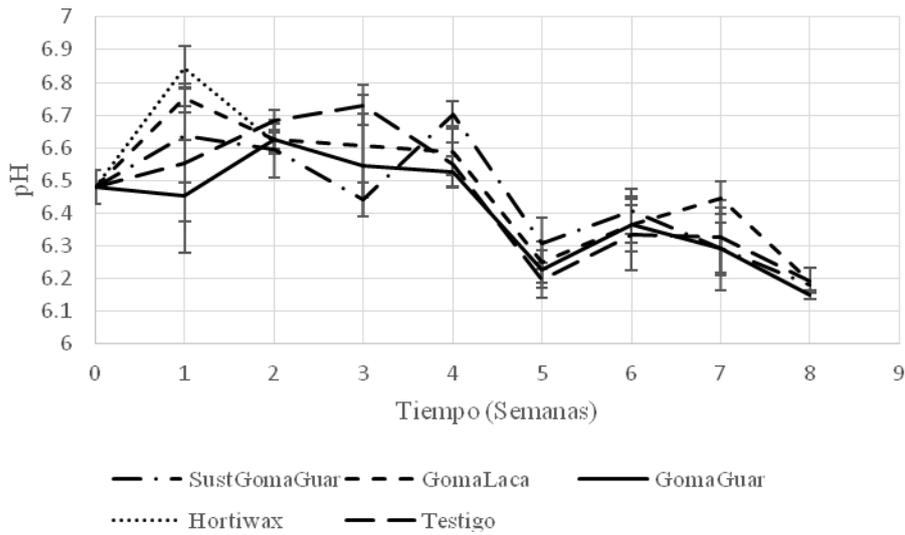


Figura 11. Gráfico de estabilidad de pH promedio de los 5 tratamientos almacenados en frío a través del tiempo.

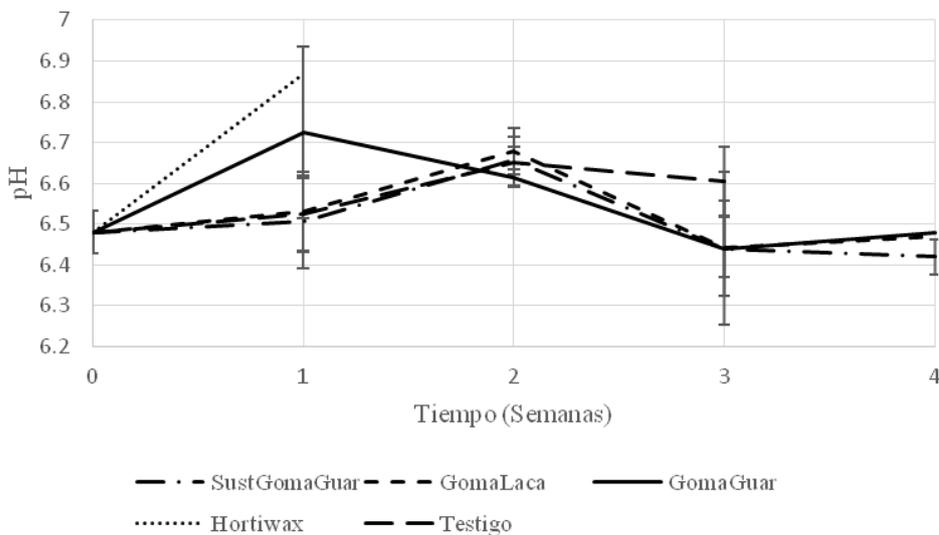


Figura 12. Gráfico de estabilidad de pH promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

El % de Humedad permaneció estable en los tratamientos almacenados en frío (Figura 13), salvo en la semana 6 donde se registró un pequeño descenso, esto pudo deberse a una pequeña variación en la temperatura, algo que se pudo observar en los tratamientos almacenados a temperatura ambiente (Figura 14) donde se registró una tendencia ligeramente a la baja, debido a la alta temperatura.

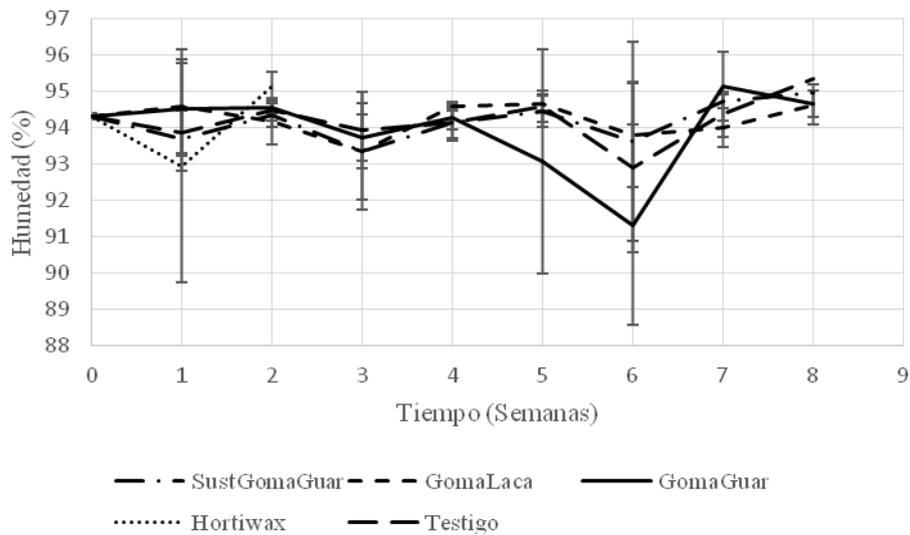


Figura 13. Gráfico de estabilidad de Humedad promedio expresada en porcentaje de los 5 tratamientos almacenados en frio a través del tiempo.

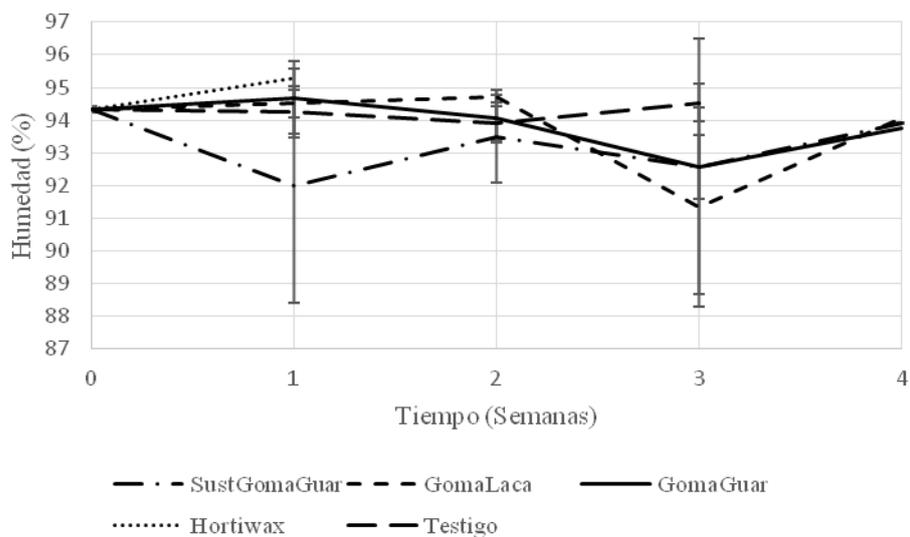


Figura 14. Gráfico de estabilidad de Humedad promedio expresada en porcentaje de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

Acidez

La acidez tuvo una tendencia a la alta (Figuras 15 y 16) tanto en los tratamientos almacenados en frio como los almacenados en temperatura ambiente, esto confirma los resultados de pH que son inversos a los resultados de acidez, ya que el pH entre menor valor tenga, es más ácido. Estos resultados tal y como se explicó con el pH se debe

principalmente a la síntesis de ácidos orgánicos y metabolitos durante el metabolismo celular, así como una posible relación con la apertura de estomas debido a las temperaturas registradas en los medios que ocasionan un desajuste en las concentraciones de calcio y potasio que hacen que el medio tenga una ligera acidez.

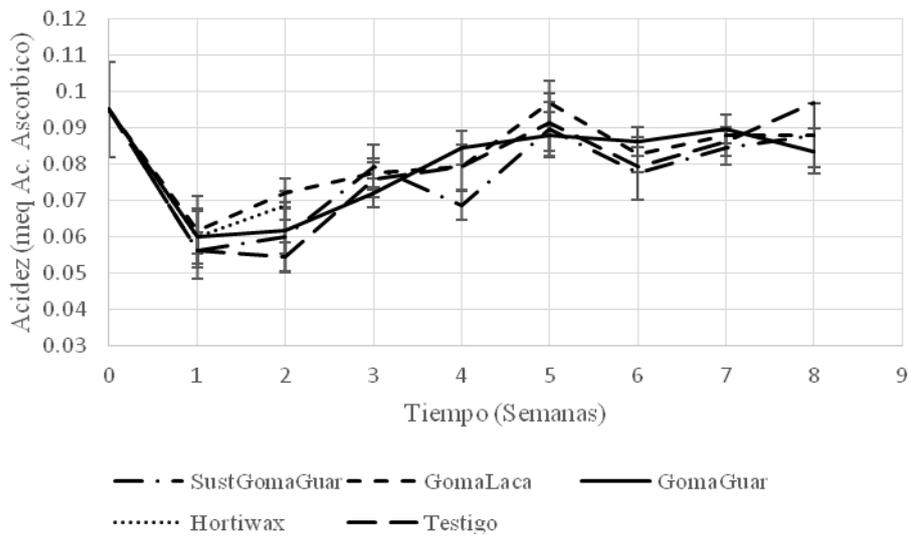


Figura 15. Gráfico de estabilidad de acidez promedio de los 5 tratamientos almacenados en frío a través del tiempo.

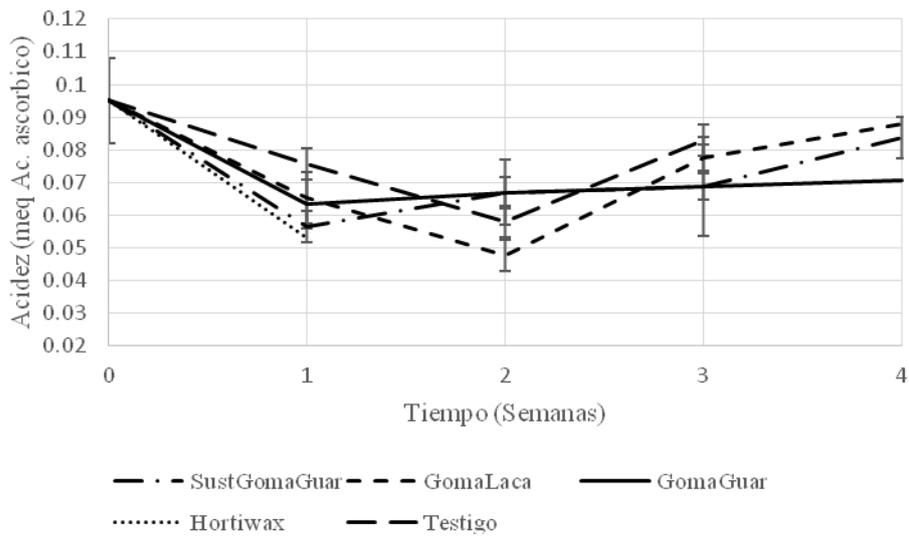


Figura 16. Gráfico de estabilidad de acidez promedio de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente a través del tiempo.

2.4. Conclusiones

La estabilidad del chayote varia en su condición de almacenamiento, siendo más estable en condiciones de frío (8°C), temperatura que logra mantener en rangos menores algunas variables fisicoquímicas, salvo el color, la firmeza, la pérdida de peso, y principalmente el pH y la acidez, variables que resultan afectadas al transcurso del tiempo. En cuanto a los tratamientos, se pudo observar una clara inestabilidad del tratamiento Hortiwax, ya que tanto en condiciones de almacenamiento en frío y temperatura ambiente solo logro tener 2 y 1 semana respectivamente. Por lo que su uso se limitaría a aquel producto que tenga que ser distribuido en una distancia corta. El tratamiento que mejor estabilidad logro fue Goma Laca, seguido de Goma Guar, tratamientos que alcanzaron hasta 8 semanas de vida útil. Por ultimo cabe destacar que en temperatura ambiente los tratamientos estuvieron estables hasta la semana 4, tiempo de vida útil, mitad del tiempo que se consigue en almacenamiento en frío.

2.5. Literatura Citada

Aguayo, E.; Escalona, V.; y Artés, H. 2001. Industrialización del Melón procesado fresco. Revista Horticultura 155. 48-60.

Aguilar-Mendez, M.A. 2012. Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboimetilcelolosa para la preservación de frutos de guayaba. Superficies y vacío. 25. 1-7.

- Alvarado S., Vinicio S.M., y Valverde E. 1988. Evaluación de Tratamientos Poscosecha para la Preservación de los frutos de Chayote (*Sechium edule*). Agronomía Costarricense, 35-43.
- AOAC. Official Method 932.12 Solids (Soluble) in Fruits and Fruits Products.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience. 27. 1254-1255.
- Artés, F.; y Allende, A. 2005. Minimal fresh processing of vegetables, fruits and juices. DA-WEN, Sun. Emerging technologies for food processing. San Diego, California: Elsevier Academic Press. P. 677 - 716.
- Cadena, I. J.; Ruiz-Posadas, L. M.; Aguirre-Medina, J. F.; Sánchez-García, P. 2005. Estudio de los síntomas asociados a la pérdida de color del chayote (*Sechium edule*) en Veracruz, México. Revista Chapingo Serie Horticultura 11(2): 309-316.
- Cano, M. 2001. Preparación de alimentos vegetales procesados en fresco. Disponible en:
http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2001_E_50_67BIS.pdf
- Everitt B.S, Horthorn T. 2006. A Handbook of Statistical Analyses Using R. Chapman and Hall/CRC. 304 pp.
- Flores, A. 2000. Manejo poscosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y Recomendaciones. Editorial Unellez. San Carlos - Cojedes. 320 pp.

- Hernandez, J., Quinto, P., Flores, F., Acosta, R. y Aguilar, J. 2010. Cinética del secado de productos agrícolas. Memorias de XII Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y Sistemas. México Distrito Federal.
- Nguyen-the, C. y Carlin, F. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Science des Aliments* 34(4):371 – 401.
- NMX-F-083-1986. Determinación de Humedad en productos alimenticios. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-102-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- Ragaert, P.; Verbeke, W.; Devlieghere, F.; y Debevere, J. 2004. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Qual. Prefer.* 15(3):259 - 270.
- Riviello-Flores M.L. 2015. Evaluación de compuestos de importancia funcional en jugo de dos genotipos *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Tesis Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable. Colegio de Postgraduados Campus Córdoba.
- Santos, M. I.; Cavaco, A.; Gouveia, J.; Novais, M. R.; Nogueira, P. J.; Pedroso, L.; y Ferreira, M. S. 2012. Evaluation of minimally processed salads commercialized in Portugal. *Food Control* 23(1):275 – 281.
- Teullado, LI.; Gonzalez, J.; y Morant, B. 2005. Actualidad en fruta de IV Gama. *Rev. Hortic.* 188:41 - 52.

**CAPITULO III. DETERMINACIÓN DE LA VIDA UTIL SENSORIAL DE
CHAYOTE (*Sechium edule*) DE EXPORTACIÓN CON CUATRO
RECUBRIMIENTOS COMERCIALES ALMACENADO A TEMPERATURA
AMBIENTE Y REFRIGERACIÓN**

Jorge Antonio Gutiérrez-Torres¹, Rosalía Núñez-Pastrana², Otto Raúl Leyva-Ovalle²,
Hipólito Ortiz-Laurel¹, Adriana Contreras-Oliva¹, Mirna López-Espíndola¹, José Andrés
Herrera-Corredor^{1*}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Postgrado en Innovación
Agroalimentaria Sustentable. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de
los Reyes, Veracruz. México, C.P. 94946 ²Universidad Veracruzana, Facultad de
Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba. Camino Peñuela-
Amatlán s/n, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C.P. 94945

* Autor de correspondencia: Dr. José Andrés Herrera Corredor
e-mail: jandreshc@colpos.mx
Teléfono: 52 (271) 716-6000

RESUMEN

Se estimó la vida útil sensorial de chayote (*Sechium edule*) verde liso de exportación de la región de Coscomatepec, Veracruz, mediante el análisis de supervivencia bajo los modelos de Kaplan.Meier, Regresión de Cox, Weibull, Exponencial, Logist, LogLog, Log Normal y Gauss con 4 recubrimientos comestibles comerciales: Sustituto de Goma Guar, Goma Laca, Goma Guar y Hortiwax, en 2 temperaturas de almacenamiento: refrigeración (8°C) y ambiente (27°C). Los resultados registraron que el chayote tiene una vida útil sensorial de 4 semanas almacenado a temperatura ambiente (27°C) a excepción de Hortiwax. En condiciones de almacenamiento en refrigeración (8°C) se tuvo una vida útil sensorial de 8 semanas con los tratamientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Guar y Goma Laca de la empresa “Cyteca”, siendo este último el que mayor probabilidad de supervivencia y mejor preferencia tiene entre los consumidores.

Palabras clave: Vida Útil Sensorial, chayote, recubrimiento comestible, exportación.

ABSTRACT

It was estimated the sensory shelf-life of chayote (*Sechium edule*) smooth green export of Coscomatepec region, Veracruz, by means of survival analysis under the Kaplan.Meier, Cox Regression, Weibull, Exponential, Logist, LogLog, Log Normal and Gauss with 4 commercial edible coatings: Guar Gum Substitute, Lacquer Gum, Guar Gum and Hortiwax, in 2 storage temperatures: cooling (8 ° C) and ambient (27 ° C). The results recorded that chayote has a sensory shelf life of 4 weeks stored at room temperature (27 ° C) with the exception of Hortiwax. Under refrigerated storage conditions (8 ° C), a sensory shelf life of 8 weeks was obtained with the treatments of Gum Guar, Guar Gum and Lacquer Gum of the company "Cyteca", the latter being the one that is most likely to survive and better preference among consumers.

Key words: Sensory Useful Life, chayote, edible coating, export.

3.1. Introduccion

En el manejo de hortalizas existen diferentes términos que identifican el estado donde el fruto ha alcanzado su máxima calidad estética y sensorial que lo hacen apto para el consumo humano inmediato; con relación a las diferentes variedades de chayote, esta cualidad se alcanza entre los 12 y 21 días después de antesis. El fruto registra en su composición un alto contenido de humedad en estado fresco y una alta transpiración lo que provoca marchitamiento y reducción de su vida de anaquel. Aunado a lo anterior posee una semilla de testa suave no lignificada (Orea y Engleman, 1983) que favorece su fusión con el pericarpio y provoca viviparismo durante la madurez hortícola, reduciendo su calidad y el valor comercial de los frutos (Aung-LH *et al.*, 1996), que se

traduce en pérdidas físicas y económicas para todos los eslabones de la cadena productiva.

La vida útil de un alimento se define como el tiempo finito después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, y sufrirá un cambio en su perfil microbiológico. Entre los factores que pueden afectar la duración de la vida útil de un alimento se encuentran el tipo de materia prima, la formulación de producto, el proceso aplicado, las condiciones sanitarias del proceso, envasado, almacenamiento, distribución y prácticas de los consumidores. Los componentes que normalmente se ven afectados al deteriorarse los alimentos son: humedad, proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales. La frecuencia de estas alteraciones se incrementa en la medida que el manejo de la fruta no es el adecuado. (Alfárez, *et al.*, 2003).

Los efectos negativos que pueden ocurrir a los alimentos pueden ser: pérdida de vitaminas, modificación de las proteínas, grasas y carbohidratos, crecimiento microbiano y producción de toxinas. La modificación de alguno de estos efectos se considera el fin de la vida útil de un alimento. Las modificaciones pueden evaluarse mediante pruebas fisicoquímicas, microbiológicas, instrumentales o sensoriales. Para tal fin, la elección de los métodos de prueba es muy importante. Para seleccionar alguna técnica es necesario conocer la razón del análisis, para cuando se requieren los resultados, con que equipos se cuenta en el laboratorio, cual es el costo del análisis, cual es la composición del alimento a evaluar y cuál es la normatividad con la que el tipo de alimento debe cumplir.

La evaluación sensorial comprende un grupo de técnicas que mide las respuestas de humanos a los alimentos y minimiza potencialmente los efectos de sesgo de identidad y otra información que influye la percepción del consumidor.

A pesar de los avances de la ciencia y la tecnología de los alimentos, los productos alimenticios tienen una vida útil finita. Por lo tanto existen indicadores de que la vida útil de un producto ha llegado a su fin. Entre estos pueden hallarse los siguientes: elevado número de microorganismos, oxidación de grasas y aceites, migración de humedad, pérdida de vitaminas y nutrientes, cambios de textura debidos a actividades enzimáticas, degradación de proteínas, pérdida de sabor y color, disminución o aumento de la viscosidad. Cuando se relaciona el conocimiento que se tiene acerca de los alimentos: sus características, procesos implicados en su elaboración, los microorganismos que pueden desarrollarse en él, las reacciones químicas que pueden desencadenarse debido a los componentes que este contiene, las condiciones en que será almacenado y la forma de transportarse hasta que llegue a los consumidores, es posible predecir el deterioro que sufrirá el alimento, por lo que es posible garantizar que la calidad de los productos es correcta y reproducible. La importancia de los modelos para estimar la vida útil radica en el hecho que proporcionan vías objetivas para medir la calidad y determinar los límites de uso del alimento siempre y cuando se fundamenten en el conocimiento de los mecanismos de deterioro, así como en un análisis sistemático de los resultados (Salinas *et al.*, 2007). Los métodos probabilísticos de estimación de la vida útil de los frutos se utilizan principalmente en estudios de evaluaciones sensoriales, consistentes en considerar la vida útil o vida de anaquel como un variable aleatoria y describir su comportamiento mediante un modelo estadístico (Ocampo, 2003).

Es por ello que el presente trabajo tiene la finalidad de evaluar la vida útil sensorial del chayote almacenado en frío y temperatura ambiente con cuatro recubrimientos comestibles comerciales con el fin de establecer el mejor recubrimiento de acuerdo a la percepción de los consumidores.

3.2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados Campus Córdoba en el laboratorio de Frutas y Hortalizas.

El material biológico (*Sechium edule*) fue colectado de la empacadora “Agro del moral”, ubicada en el municipio de Coscomatepec, Veracruz.

Los recubrimientos aplicados son propiedad de la empresa “Cytecsa” bajo los siguientes números de registro:

Sustituto de Goma Guar: CT-50-SMG

Goma Laca: CT-50-TG

GomaGuar: CT-50-CAA

Y el producto “Hortiwax” proporcionado por el dueño de la empacadora “Agro del moral”.

Para el estudio de vida útil sensorial se llevó un registro diario de manera visual de aquellos chayotes con presencia de hongos o que tuvieran viviparismo tanto en temperatura ambiente como en frío a manera de tener un control estricto por cada tipo de tratamiento y contabilizando el número de semanas de supervivencia. Quedando como status: 1 sale del estudio por germinación, 2 sale del estudio por muestreo aún sigue bien y 3 sale del estudio por hongos u otras causas. El análisis se llevó a cabo mediante el software estadístico R versión 3.2.2. Comparando diversos modelos paramétricos y no paramétricos como Kaplan.Meier, Regresion de Cox, Weibull, Exponencial, Logist, LogLog, Log Normal y Gauss.

Se llevaron a cabo dos estudios de preferencia de chayote para evaluar la aceptación o rechazo de los diferentes recubrimientos, estos estudios se llevaron a cabo en la segunda

y cuarta semana de estudio, en los cuales participaron consumidores de chayote del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Para ello se codificó aleatoriamente cada uno de los chayotes de acuerdo al tipo de recubrimiento y condiciones de almacenamiento, quedando para el primer estudio de la siguiente manera:

HORTIWAX-F: Cera de la marca HORTIWAX almacenado en frío.

GOMLACA-A: Goma Laca almacenado a temperatura ambiente.

TESTIGO-F: Testigo sin recubrimiento almacenado en frío.

TESTIGO-A: Testigo sin recubrimiento almacenado a temperatura ambiente.

GOMGUAR-F: Goma Guar almacenado en frío.

GOMGUAR-A: Goma Guar almacenado a temperatura ambiente.

GOMLACA-F: Goma Laca almacenado en frío.

SUSTGOMGUAR-F: Sustituto Goma Guar almacenado en frío.

SUSTGOMGUAR-A: Sustituto Goma Guar almacenado a temperatura ambiente.

Y para el segundo estudio la codificación quedó de la siguiente manera:

TESTIGO-F: Testigo sin recubrimiento almacenado en frío.

SUSTGOMGUAR-F: Sustituto de Goma Guar almacenado en frío.

GOMGUAR-F: Goma Guar almacenado en frío.

GOMLACA-F: Goma Laca almacenado en frío.

A cada consumidor se le pidió que hiciera una evaluación visual de cada chayote y anotara en la boleta su respuesta a cada atributo de acuerdo a las instrucciones. Para las diferencias significativas entre los atributos sensoriales de los chayotes se utilizó una prueba de diferencia de medias ANOVA y Tukey donde la hipótesis fue:

H₀: El consumidor no detecta diferencia de los atributos sensoriales entre los diferentes chayotes.

Para los datos demográficos se realizó un análisis de frecuencias, posteriormente se utilizaron técnicas multivariadas para la interpretación de los datos como lo fue el Análisis Canónico Discriminante, Análisis de Componente Principales y el Análisis de clúster, para la aceptabilidad y si comprarían el producto se realizó una regresión logística binomial para conocer el efecto de los atributos que impactan en la aceptabilidad.

Ambos estudios fueron analizados mediante el software estadístico R versión 3.2.2.

3.3. Resultados y Discusión

El valor de AIC arrojado de los diferentes modelos paramétricos permite conocer qué modelo se ajusta más a los datos, teniendo en este caso al modelo LogLog y Logistic como los modelos que más se ajustan, resultado que se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. AIC de los diferentes modelos paramétricos de análisis de supervivencia aplicado a los 5 tratamientos.

Modelo	AIC
Weibull	169.6203
Exponencial	449.6269
LogLogistic	151.6212
LogLog	141.6067
LogNormal	180.4942
Gauss	172.2982

En la Figura 17 se puede observar la probabilidad de supervivencia a temperatura ambiente, donde claramente se ve que el tratamiento de Hortiwax cae súbitamente en la primera semana, debido principalmente a la presencia de hongos. Los tratamientos Sustituto de Goma Guar, Goma Laca y Goma Guar tienen un tiempo de vida útil de 4

semanas, y el Testigo un tiempo de vida útil de 3 semanas, después de este tiempo se tiene una gran presencia de viviparismo, motivo de rechazo al momento de compra.

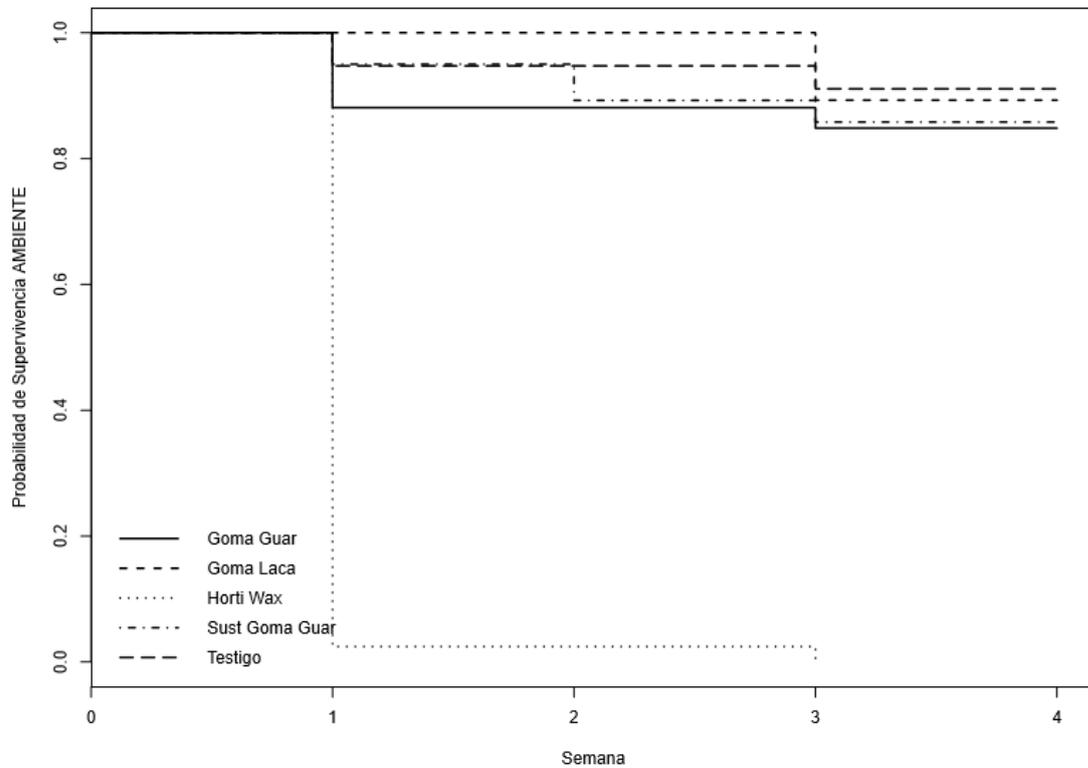


Figura 17. Curva de supervivencia de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente.

En la Figura 18, se puede apreciar la probabilidad de supervivencia en condiciones de frío (Refrigeración), donde el tratamiento de Hortiwax vuelve a repetir su comportamiento, solo que esta vez tiene una vida útil de 2 semanas, tiempo en el cual cae súbitamente por presencia de hongos, los demás tratamientos (Sustituto de Goma Guar, Goma Laca, Goma Guar y el Testigo) tienen un tiempo de vida útil de 8 semanas, teniendo una mayor probabilidad de supervivencia el tratamiento de Goma Laca. Cabe destacar que en estas condiciones no se presenta viviparismo, y el principal motivo de baja es la presencia de hongos, que bien se pudo deber a las condiciones del equipo de almacenamiento o alteración en la temperatura de almacenamiento.

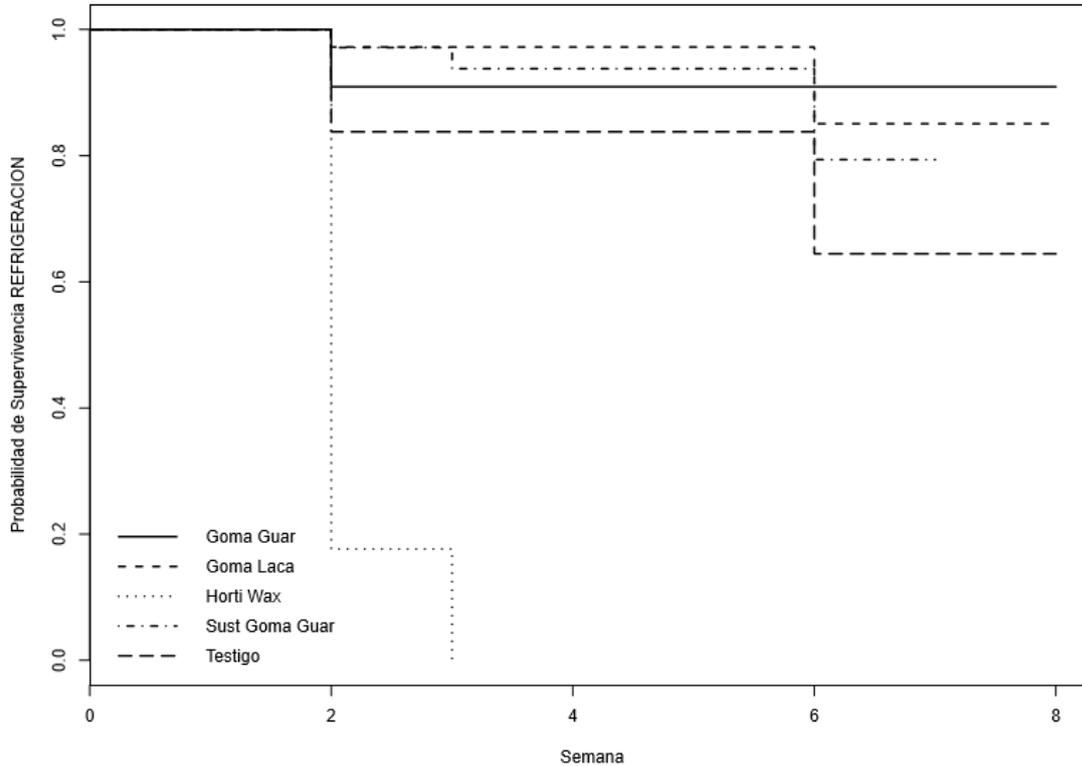


Figura 18. Curva de supervivencia de los 5 tratamientos almacenados en refrigeración (8°C).

En la Figura 19 se puede apreciar el comportamiento de la curva de supervivencia comparando las 2 temperaturas de almacenamiento (Refrigeración de 8 °C y temperatura ambiente) donde a temperatura ambiente se reduce prácticamente al 50 % la probabilidad de supervivencia. Cadena-Iñiguez *et al.*, 2006 realizó un estudio similar sobre el almacenamiento y manejo postcosecha de frutos de chayote utilizando cera comercial Brimex20^{MR}, cera de carnauba, película comestible y 1- Metilciclopropeno (1-MCP) a temperaturas de 7, 10 y 12 °C, donde el tratamiento que mejor éxito obtuvo fue el de Cera Brimex20^{MR} mas 300nL L-1 de 1-MCP con solo 20% de frutos con viviparismo, esto debido al sellado que se hace con la cera y a la acción inhibidora del 1-MCP , siendo esta ultima la hormona que se relaciona con la inducción de la germinación, obteniendo una vida de anaquel de 28 días en promedio.

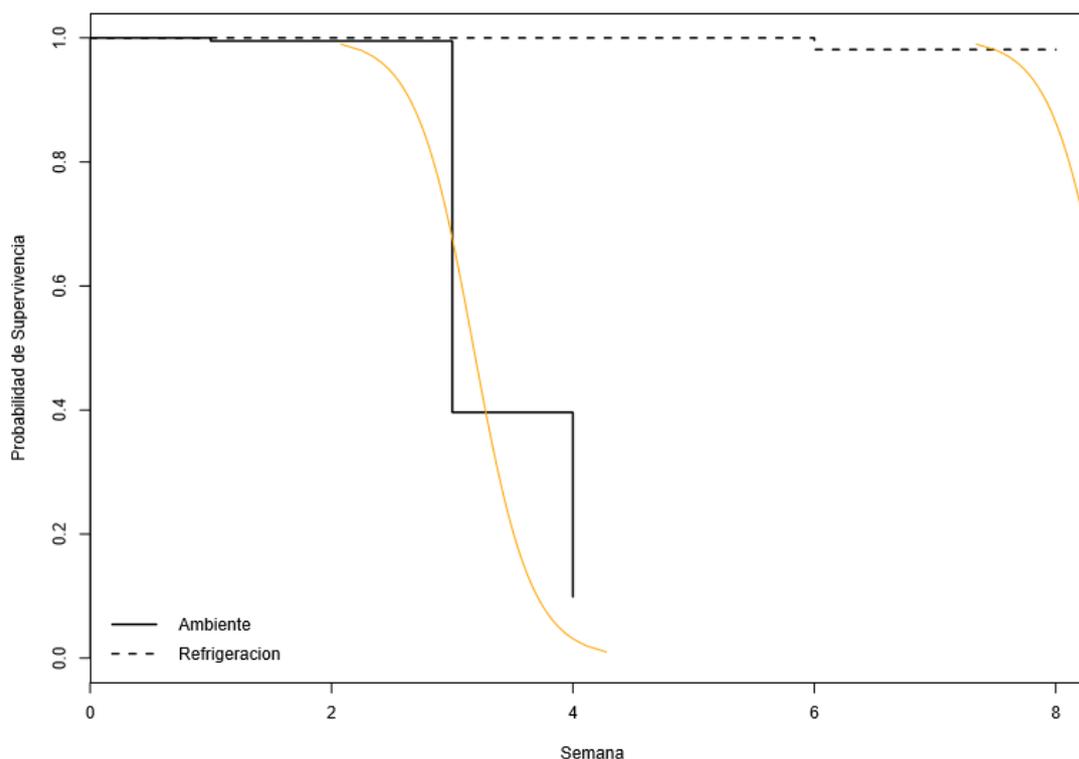


Figura 19. Curva de supervivencia de los 5 tratamientos almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración con el modelo de ajuste Log Log.

3.4. Estudio de Preferencia semana 2

La mayoría de los consumidores se encuentra en un rango de edad de 25 a 34 años de edad (33%), seguido de un 29% con edad de 18 a 24 años, de 35 a 44 años de edad con un 29 %, de 45 a 54 años con un 14% y el resto (5%) con más de 55 años. En cuanto al género 33% correspondieron al género femenino y 67% al masculino. La frecuencia de consumo en su mayoría lo tiene una vez a la semana (34%), seguido de un 31% que lo consumen una vez al mes, un 30 % que lo consumen eventualmente y el resto (5%) que lo consume diario, lo que nos indica que los consumidores participantes están familiarizados con el producto (chayote). La procedencia de los consumidores en su mayoría pertenecen al Estado de Veracruz, dentro de los cuales el 32% corresponden al

municipio de Amatlán de los Reyes, 16% al municipio de Córdoba, 7% al municipio de Fortín, y el resto (45%) a Huatusco, Orizaba, Tomatlan, contando inclusive con algunos consumidores del Estado de México y Campeche.

De acuerdo al ANOVA realizado se encontró diferencia en los atributos: apariencia ($P=6.66 \times 10^{-16}$), color ($P=1.66 \times 10^{-11}$), brillo ($P=3.93 \times 10^{-12}$), defectos ($P=4.22 \times 10^{-15}$), frescura ($P=1.71 \times 10^{-15}$) y Gusto General ($P=1.97 \times 10^{-12}$), por lo tanto se puede inferir que estadísticamente los chayotes evaluados son diferentes en todos sus atributos. Para determinar que chayote es diferente a los demás o cuales son semejantes, se realizó una prueba de diferencia de medias Tukey, obteniendo los siguientes resultados para cada atributo.

Cuadro 6. Resultados del ANOVA y prueba de Tukey de los 9 tratamientos en la semana 2 de Evaluación

Tratamiento	Apariencia	Color	Brillo	Defectos	Frescura	Gusto General
HORTIWAX-FRIO	6.62±1.82a	6.64±1.79a	5.79±2.14ab	6.07±2.28a	6.43±2.07a	6.50±2.06a
GOMLACA-AMBIENTE	6.48±1.57a	6.43±1.71a	6.64±1.64a	5.79±2.02ab	6.48±1.77a	6.67±1.63a
TESTIGO-FRIO	5.12±1.53bc	5.14±1.79bcd	4.50±1.64cde	4.60±1.55bc	4.76±1.79cd	5.17±1.67bc
TESTIGO-AMBIENTE	4.19±1.95c	4.31±1.87d	4.05±1.67e	3.71±1.78cd	4.05±1.72d	4.26± 1.96c
GOMGUAR-FRIO	5.76±1.61ab	6.21±1.52ab	5.81±1.76ab	5.40±1.84ab	6.07±1.60ab	6.02±1.57ab
GOMGUAR-AMBIENTE	5.10±1.82bc	5.48±1.92abcd	5.31±1.94bcd	4.62±1.61bc	5.00±1.74bcd	5.24±1.87bc
GOMLACA-FRIO	5.52±1.66ab	5.57±1.68abc	5.71±1.73abc	5.05±1.78ab	5.60±1.73abc	6.02±1.62ab
SUSTGOMGUAR-FRIO	6.24±1.83ab	5.93±1.96ab	6.10±1.94ab	5.69±1.83ab	6.14±1.97ab	6.17±2.02ab
SUSTGOMGUAR-AMBIENTE	3.98±1.75c	4.38±1.89cd	4.43±1.81de	3.19±1.66d	4.07±1.64d	4.43± 1.76c

Valores promedio ± desviación estándar. Las medias con la misma letra en la misma columna, no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia)

Gráficamente se puede observar cómo se comportan los datos de cada uno de los atributos, notando que los chayotes del tratamiento HORTIWAX-F y GOMLACA-A difieren del resto, los cuales corresponden al recubrimiento de cera de la marca HORTIWAX almacenado en frío y Goma Laca almacenado a temperatura ambiente respectivamente, además son los que mejor puntuación obtuvieron en la escala hedónica de cada uno de los atributos

Para el atributo de Índice de madurez el 58% de los consumidores percibieron una madurez adecuada, seguido de un 25% que especifican que los chayotes estaban muy maduros y un 17% que indica que los chayotes se encontraban muy tiernos.

Al preguntar a los consumidores si percibían algo extraño en los chayotes, el 54% respondió que no, describiendo principalmente un color verde extraño en uno de ellos, algo inusual pero agradable, seguido de la presencia de una película plástica en su superficie y poca presencia de daños, sin embargo era aceptable para su consumo.

Siguiendo con el Análisis de Componentes Principales en la Figura 20 se puede confirmar nuevamente que los atributos de apariencia, Número de defectos y frescura tienen mayor peso en el componente principal 1, que es el que explica la mayor varianza de los datos en el estudio.

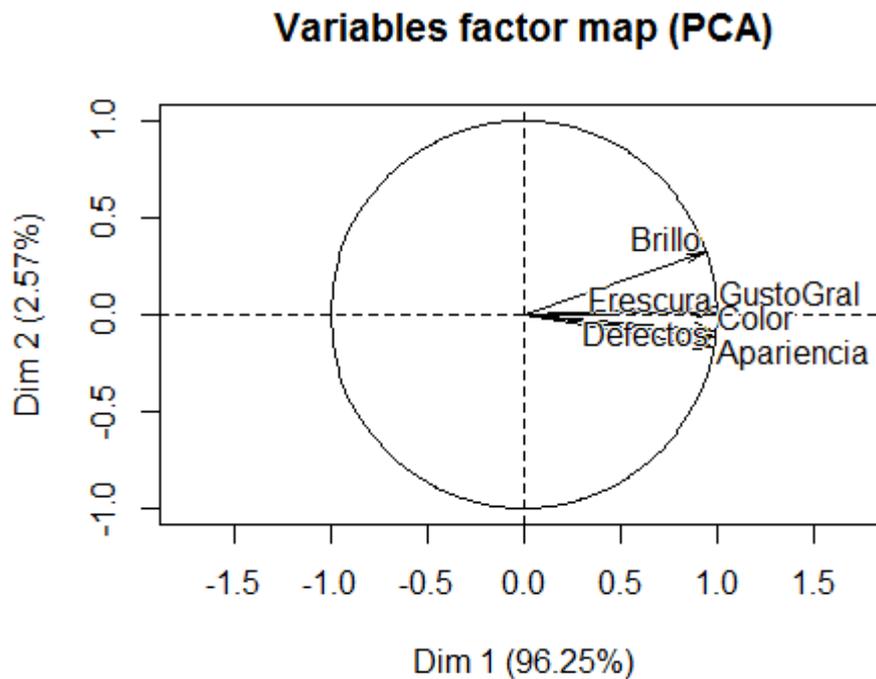


Figura 20. Mapa de atributos del Análisis de Componentes Principales (PCA) de los 9 tratamientos en la semana 4 de evaluación.

En la figura 21 se puede observar el Análisis de clúster aplicado a los 9 tratamientos de la semana 2 de evaluación, donde se puede observar 4 grupos, encontrando que el tratamiento HORTIWAX-F Y GOMLACA-A pertenecen al primer grupo de izquierda a derecha, seguido por el grupo compuesto de los tratamientos GOMLACA-F, GOMGUAR-F y SUSTGOMGUAR-F, después el grupo de tratamientos TESTIGO-A y SUSTGOMGUAR-A, y por último el grupo de los tratamientos TESTIGO-F y GOMGUAR-A.

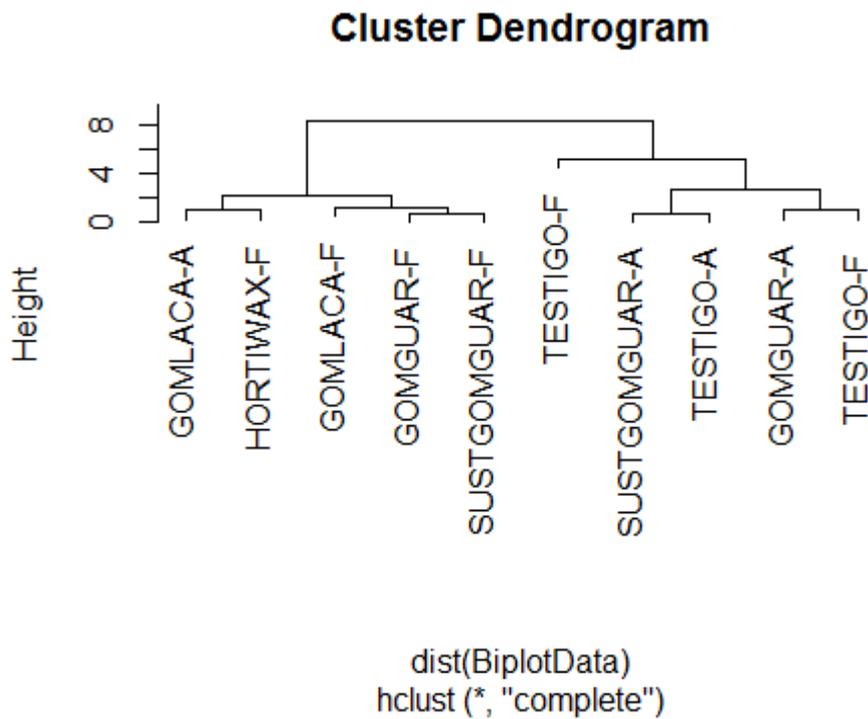


Figura 21. Análisis clúster de los 9 tratamientos en la semana 2 de evaluación.

En el cuadro 7 se puede apreciar como los atributos de apariencia y brillo son los que mayor peso da a la variable dependiente, puesto que están más alejados de 1, es decir que estos atributos son los que más influyen en la aceptación y decisión de compra.

Cuadro 7. Resultados de la Regresión Logística Binomial aplicada a los 9 tratamientos de la semana 2 de evaluación.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-6.12779	0.70667	-8.671	< 2e-16 ***
Apariencia	0.04188	0.14690	0.285	0.77559
Color	0.16596	0.15254	1.088	0.27661
Brillo	-0.12030	0.13629	-0.883	0.37743
Defectos	0.33748	0.11154	3.026	0.00248 **
Frescura	0.39499	0.13260	2.979	0.00289 **
GustoGral	0.46083	0.11813	3.901	9.58e-05 ***

3.5. Estudio de preferencia semana 4

La mayoría de los consumidores se encuentra en un rango de edad de 25 a 34 años de edad (38%), seguido de un 28% con edad de 18 a 24 años, de 35 a 44 años de edad con un 22 % y el resto (12%) de 45 a 54 años. En cuanto al género 47% correspondieron al género femenino y 53% al masculino. La frecuencia de consumo se reparte por igual entre los que lo consumen una vez a la semana(44%) y los que lo consumen una vez al mes (44%), el resto 12% solo lo consume eventualmente lo que indica que los consumidores participantes están familiarizados con el producto (chayote). La procedencia de los consumidores en su mayoría pertenecen al Estado de Veracruz, dentro de los cuales el 28% corresponden al municipio de Córdoba, 24% al municipio de Amatlán de los Reyes, 12% al municipio de Fortín y el resto (36%) a Yanga, Orizaba, Cuitlahuac y Nogales.

De acuerdo al ANOVA realizado se encontró diferencia en los atributos: apariencia ($P=4.14 \times 10^{-13}$), color ($P=1.58 \times 10^{-8}$), brillo ($P=1.21 \times 10^{-6}$), defectos ($P=1.38 \times 10^{-6}$), frescura ($P=1.38 \times 10^{-6}$) y Gusto General ($P=1.62 \times 10^{-10}$), por lo tanto se puede inferir que estadísticamente los chayotes evaluados son diferentes en todos sus atributos. Para determinar que chayote es diferente a los demás o cuales son semejantes, se realizó una prueba de diferencia de medias Tukey, obteniendo los siguientes resultados para cada atributo.

Cuadro 8. Resultados del ANOVA y prueba de Tukey de los 4 tratamientos en la semana 4 de Evaluación.

Tratamiento	Apariencia	Color	Brillo	Defectos	Frescura	Gusto General
TESTIGO-FRIO	5.44±1.63b	5.66±1.62b	5.47±1.68b	4.81±1.47b	4.91±1.71b	5.72±1.53b
SUSTGOMGUAR-FRIO	4.50±1.34c	5.22±1.31b	5.16±1.39b	4.72±1.51b	4.97±1.40b	4.75±1.41c
GOMGUAR-FRIO	4.62±1.48bc	5.44±1.34b	5.25±1.34b	4.25±1.46b	5.12±1.66b	5.00±1.72bc
GOMLACA-FRIO	7.19±0.97a	7.22±0.87a	6.94±1.11a	6.38±1.77a	7.06±0.98a	7.25± 0.95a

Valores promedio \pm desviación estándar. Las medias con la misma letra en la misma columna, no tienen diferencia significativa (Tukey al 0.05 de significancia).

Gráficamente se puede observar cómo se comportan los datos de cada uno de los atributos, notando claramente que el tratamiento GOMLACA-FRIO, que corresponde al recubrimiento de Goma Laca almacenado en frío, es el diferente a los demás y el que mejor puntuación obtuvo en la escala hedónica de cada uno de los atributos.

Para el atributo de Índice de madurez el 65% de los consumidores percibieron una madurez adecuada, seguido de un 18% que especifican que los chayotes estaban muy maduros y un 17% que indica que los chayotes se encontraban muy tiernos. Cabe destacar que los 4 tratamientos de la semana 4 de evaluación corresponden a los chayotes almacenados en frío. Al preguntar a los consumidores si percibían algo extraño en los chayotes, el 58% respondió que sí, describiendo la presencia de una película plástica en su superficie y poca presencia de daños, sin embargo era aceptable para su consumo.

Siguiendo con el Análisis de Componentes Principales en la figura 22 se puede confirmar nuevamente que los atributos de apariencia, Gusto General y color tienen mayor peso en el componente principal 1, que es el que nos explica la mayor varianza de los datos en el estudio.

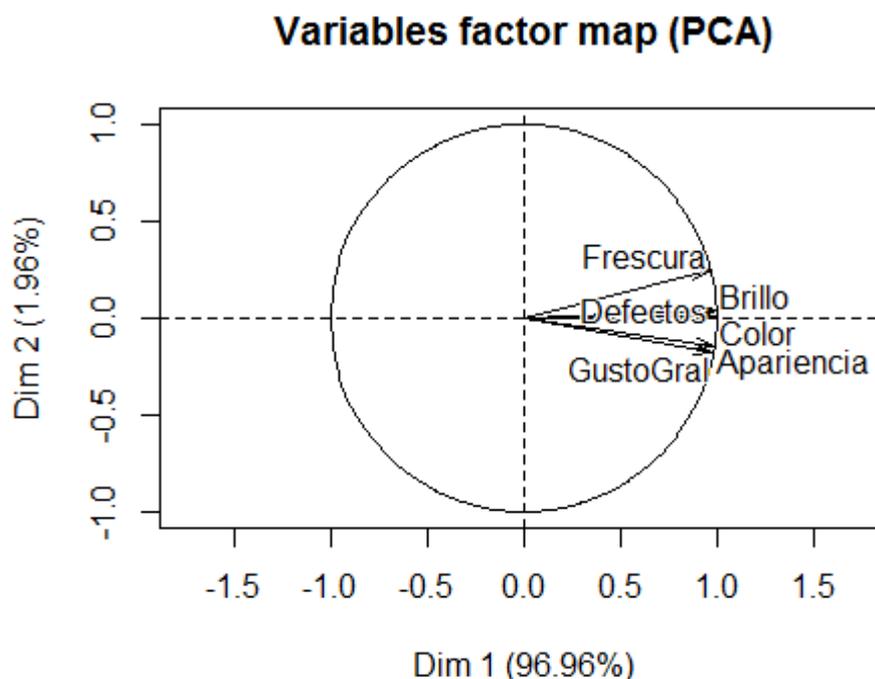


Figura 22. Mapa de atributos del Análisis de Componentes Principales (PCA) de los 4 tratamientos en la semana 4 de evaluación.

En la figura 23 se puede observar el Análisis de clúster aplicado a los 4 tratamientos de la semana 4 de evaluación, donde los tratamientos TESTIGO-F, SUSTGOMGUAR-F y CT-GOMGUAR-F se encuentran en el mismo grupo y difieren del tratamiento GOMLACA-F que corresponde al tratamiento de Goma Laca almacenado en frío.

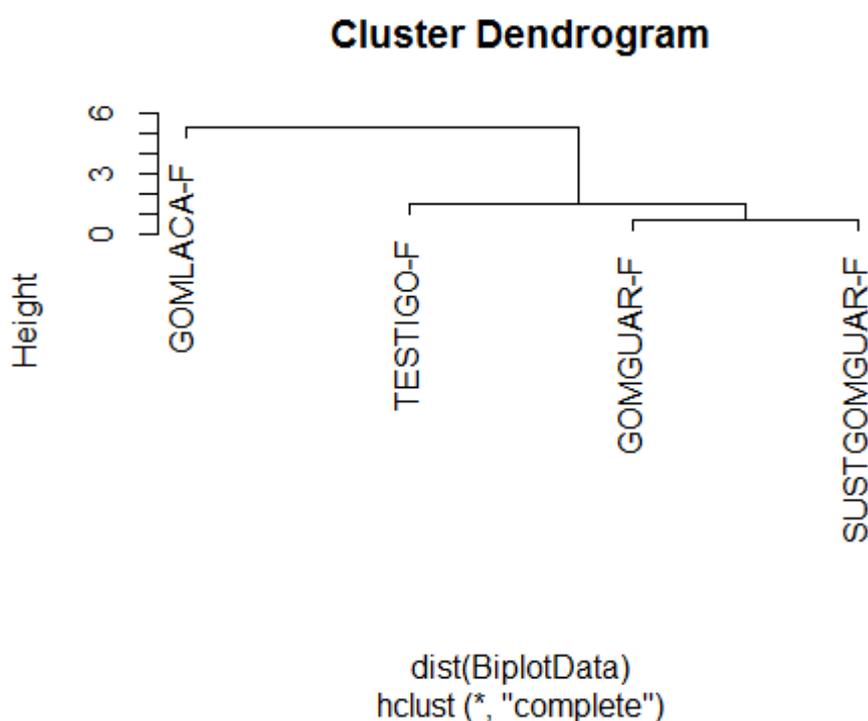


Figura 23. Análisis clúster de los 4 tratamientos en la semana 4 de evaluación.

En el cuadro 9 se puede apreciar como los atributos de apariencia y Número de defectos son los que mayor peso da a la variable dependiente, puesto que están más alejados de 1, es decir que estos atributos son los que influyen más en la aceptación y decisión de compra.

Cuadro 9. Resultados de la Regresión Logística Binomial aplicada a los 4 tratamientos de la semana 4 de evaluación.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	0.86909	3.28343	0.265	0.791
Apariencia	-0.57362	1.50908	-0.380	0.704
Color	0.87051	1.36876	0.636	0.525
Brillo	0.41388	1.06063	0.390	0.696
Defectos	-0.22251	1.06778	-0.208	0.835
Frescura	0.27731	1.24689	0.222	0.824
GustoGral	0.01003	1.39672	0.007	0.994

3.6. Conclusiones

El análisis de supervivencia mostró que en el tiempo de evaluación que fueron 8 semanas, la probabilidad de supervivencia se reduce en un 50% a temperatura ambiente, lo que nos indica que el almacenamiento en frío (8°C) es una buena opción para mantener por lo menos al doble el tiempo de vida útil. El tratamiento que mayor probabilidad de supervivencia tuvo es el tratamiento con Goma Laca, tratamiento que en la semana 2 de evaluación se equiparaba con el tratamiento de Goma Guar, pero que en la semana 4 de evaluación se pudo confirmar su aceptación por parte de los consumidores, y que además este recubrimiento fue preferido por sus atributos de apariencia, y número de defectos, sin embargo cabe destacar que el tratamiento de Hortiwax no fue tan mal calificado por los consumidores, pues le da un tono de color más verde a los chayotes. Algo que es importante destacar son los comentarios de los consumidores respecto a la apariencia de los tratamientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Laca y Goma Guar, que aunque lo protegen la apariencia después de la semana 2 de evaluación de algunos de los chayotes no fue tan agradable debido al desprendimiento del recubrimiento de la superficie, aun a pesar de este detalle los

consumidores lo consideraron aceptable e incluso lo comprarían si estuviera disponible en el mercado.

3.7. Literatura Citada

Aung-LH.; Harris-CM.; Rij-RE.; Brown-JW. 1996. Postharvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* SW. Journal Horticultural Science 71(2): 297-304.

Alfárez, F., M. A. y Zacarías, L. 2003. Postharvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential. Post harvest Biol. Techn. 28:143 – 152.

ASTM. E2454 Standard. 2005. Standard Guide for Sensory Evaluation Methods to Determine the Sensory Shelf Life of Costumer Products. American Society for Testing of Materials. West-Conshohocken, P.A.

Cadena-Iñiguez J.; Arévalo-Galarza L.; Ruiz-Posadas L.; Aguirre-Medina J.; Soto-Hernández, M.; Luna-Cavazos, M.; Zavaleta-Mancera H. 2006. Quality evaluation and influence of 1-MCP on *Sechium edule* fruit during postharvest. Postharvest Biology and Technology 40(2): 170-176.

Cadena, I.J. y Arevalo M.L. 2010. GSIeM: Rescatando y Aprovechando los recursos Fitogeneticos de Mesoamerica Volumen 1: Chayote. Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule*. 18 pp.

Everitt B.S, Horthorn T. 2006. A Handbook of Statistical Analyses Using R. Chapman and Hall/CRC. 304 pp.

Friendly, M. and .M. Sigal. 2014. Recent Advances in Visualizing Multivariate Linear Models. Revista Colombiana de Estadística, 37(2), pp. 261-283.

- Gambaro, A., Gimenez, A., y Varela, P. 2004 Sensory shelf-life estimation of alfajor by survival analysis. *Journal of Sensory Studies*. 19(1): 500-509.
- Guillermo, H., Garitta L. 2012. Methodology for Sensory Shelf-Life estimation: a review. *Journal of Sensory Studies*. 27. 137-147.
- Hough, G., Langohr, K. Gómez, G., y Curia, A., (2003) Survival Analysis applied to sensory shelf life of foods. *Journal of Food Science*. 68(1): 359-362.
- Kleinbaum, D.G., y Klein, M. 2005 Survival Analysis, A self-learning text. Second Edition, Springer, New Yorkm, 596 pp.
- Zhov, M. 2001. Use software R to do Survival Analysis and Simulation. A tutorial. Department of Statistics, University of Kentucky ©GPL. 2.0 copyrighted.
- Ocampo, J. 2003. Determinación de la vida de anaquel del café soluble elaborado por la empresa de Café S.A. y evaluación del tipo de empaque en la conservación del producto. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- Onofri A. e E, Ciricifolo. 2004. Characterisation of yield quality in durum wheat by canonical variate anaysis. Proceedings VIII ESA Congress "European Agriculture in a global context", Copenhagen, 11-15 July 2004. 541-542 pp.
- Orea C.D.; Engleman E.M. 1983. Anatomía de la Testa de *Sechium edule*. *Revista Chapingo* 39: 27-30
- Salinas, R.; González, G.; Pirovani, M.; y Ufín, F. 2007. Modelación del deterioro de productos frescos cortados. *Redalyc*. 23(2):183 - 196.
- Vaylay, R. and van Santen, E. 2002. application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Sci*. 42:534-539.

Villarroel, J.; D. Álvarez; Maldonado, L. 2003. Aplicación del Análisis de Componentes Principales en el Desarrollo de Productos. ACTA NOVA; Cochabamba, Bolivia. 2 (3): 399-410.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. CONCLUSIONES

Este estudio de vida útil sensorial de chayote con recubrimientos comerciales dio pauta a encontrar las mejores condiciones de almacenamiento para su correcta distribución a manera que llegue en las mejores condiciones a su consumidor final, se pudo observar que variables fisicoquímicas se deben cuidar más durante este proceso, las cuales fueron el color, la pérdida de peso y la firmeza, variables que tienen gran peso en el análisis sensorial en el estudio de preferencia, pues impactan fuertemente en los atributos de apariencia, brillo, número de defectos e inclusive frescura, que son determinantes para la decisión de compra. Ahora llevando todos estos elementos, junto al viviparismo y presencia de hongos como parte del análisis de supervivencia podemos concluir que el chayote tiene una vida útil sensorial de 1 semana en condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (27°C) para el tratamiento con Hortiwax, 3 semanas sin aplicar recubrimiento alguno y de 4 semanas para los recubrimientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Guar y Goma Laca de la empresa “Cyteca”. En condiciones de almacenamiento en refrigeración o frío (8°C) el chayote tiene una vida útil sensorial de 2 semanas para el tratamiento con Hortiwax y de hasta 8 semanas con los tratamientos de Sustituto de Goma Guar, Goma Guar y Goma Laca de la empresa “Cyteca”, siendo este último el que mayor probabilidad de supervivencia y mejor preferencia tiene entre los consumidores.

2. RECOMENDACIONES

El estudio del chayote (*Sechium edule*) ha sido de gran relevancia los últimos años debido a la gran demanda que este presenta y a las nuevas propiedades que se han descubierto con los años, razón por la cual recomiendo seguir investigando acerca de

nuevos recubrimientos comestibles que impacten directamente en la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente, si se logra eliminar por completo la bolsa de polietileno que la mayoría usa podemos disminuir la contaminación que esta causa y preservar el producto hasta su consumo, es importante también seguir realizando estudios o análisis sensoriales en conjunto con estudios de vida de anaquel y/o vida útil sensorial para así poder tener un mejor control acerca de la durabilidad de nuestro producto y sobre todo si llegara en las mejores condiciones para su consumo, no olvidemos que quien tiene la última decisión es el consumidor, quien decide o no la compra y quien merece tener un producto de calidad e inocuo.