



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**EFFECTO DEL LÍQUIDO DE GOBIERNO CON BASE EN α -
TOCOFEROL EN LA CONSERVACIÓN DE MANGO (*Manguifera
indica*) REBANADO VARIEDAD ATAULFO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA

MARIA DEL ROCIO RUEDA CEDILLO

Asesores:

Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza

Dra. María de los Ángeles Cornejo Villegas

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
RESULTADO DE EXÁMENES
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Efecto del líquido de gobierno con base en α -tocoferol en la conservación de mango (Manguifera indica) rebanado variedad Ataulfo,

Que presenta la presente: Maria del Rocio Rueda Cedillo

Con número de cuenta: 095558169 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 05 de Junio de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	LA. Alfredo Álvarez Cárdenas	
VOCAL	Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza	
SECRETARIO	M. en C. Julieta González Sánchez	
1er. SUPLENTE	M. en C. Enrique Fuentes Prado	
2do. SUPLENTE	M. en C. Alma Adela Lira Vargas	

NOTA: los suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HM/mmg

Este trabajo fue desarrollado gracias al apoyo financiero de los proyectos:

El proyecto PAPIIT, IT200814: “Desarrollo de sistemas nanopartículados alimenticios para incrementar la vida útil y nutraceutica de frutas frescas cortadas y bebidas de frutas” de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM).

El proyecto PAPIME: PE20664 “Implementación y métodos de enseñanza para la aplicación de nanotecnología en la conservación de alimentos a bajas temperaturas sometidas a procesos térmicos y de transferencia de masa”, de la DGAPAUNAM.

DEDICATORIAS

Este trabajo de investigación está dedicado a mi hija Samantha por creer en mí y darme las fuerzas para poder seguir adelante.

A mis padres, Margarita por ser una gran mujer, por tu fortaleza y paciencia, te amo mamá, J. Guadalupe por tus sacrificios y gran esfuerzo, por buscar siempre lo mejor para nosotros.

A mis hermanas, Mary y Lupita por su apoyo, gracias por estar a mi lado. Víctor, por esos grandes recuerdos de la infancia, te extraño.

A Paco, por tu paciencia, cariño y apoyo durante todos estos años, gracias.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por la vida, por permitirme llegar a este momento.

A mis tíos y segundos papás, Lucy y Manuel y mis hermanitos Hugo, Nalle y Luis, gracias por su apoyo, cariño y por siempre estar a mi lado.

A mi tía Isaura y Martha por apoyarme y estar conmigo siempre en las buenas y en las malas. Irma, por que mas que mi prima eres una gran amiga, te quiero.

A mis primos, y sobrinos Anny, Emmy, Liz, Ady, Denny, Andy, Luis, Mundo, Ale, Danna, Josue, Emili, Dany por sus hermosas sonrisas, los amo.

A Gloria y Silvia por que mas que mis cuñadas son grandes amigas. Doña Gloria, Pilar, gracias por su apoyo.

A mi familia, no de sangre sino la formada por esta bonita amistad, Toño, Miry, Fa, Coss, May, Carlos, Beto, Zara, Mel y Sofi. Gracias por todos estos años, los quiero mucho.

A mis amigos, los primeros Betza, Ale, Paco, ni el tiempo ni la distancia han logrado cambiar esta bonita amistad, los quiero mucho. Paco, gracias por ser lo que eres. Los que vinieron después y compartieron mi vida universitaria Alma, Sonia, Carlos, Sofi, Obed.

A mis grandes amigas Vicky, Ale y Lety y sus hijos Liz, Aly, Kary, Vane, Aaron y Caro. Chicas la quiero, gracias por su apoyo, su gran amistad y por ser parte de mi vida.

A mis asesoras Dra. Luz y Dra Angy, por sus enseñanzas, sus consejos, apoyo y confianza, gracias.

A quienes hicieron de el laboratorio un gran lugar de trabajo, Clau, Ricardo, Moy, Vero, Lili. Gracias por su apoyo y amistad.

Al Dr. David Quintanar por su apoyo al permitirme el uso
de su equipo.

A mis sinodales, profesor Alfredo, maestra Julieta,
maestro Enrique y maestra Alma Adela por su tiempo y
aportaciones.

A la UNAM por permitirme ser parte de esta gran
institución y a los profesores por sus enseñanzas.

INDICE

	Página
RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	ii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1 MANGO ATAULFO	1
1.1.1 Definición y composición química	1
1.1.2 Producción	4
1.1.3 Características de calidad del mango Ataulfo	6
1.1.4 Productos de mango	11
1.2 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS	12
1.2.1 Mango fresco cortado	13
1.2.2 Cambios fisicoquímicos por efecto del cortado	13
1.3 LÍQUIDO DE GOBIERNO	15
1.3.1 Definición y composición del líquido de gobierno	15
1.3.2 Deshidratación osmótica	18
1.3.3 Mucílago de nopal	19
1.3.4 Carboximetilcelulosa (CMC)	21
1.4 EDULCORANTES	22
1.4.1 Sacarosa	23
1.4.2 Estevia	24
1.5 ANTIOXIDANTE	27
1.5.1 α -tocoferol	27

1.6 NANOTECNOLOGÍA	30
1.6.1 Nano emulsiones	31
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA E INVESTIGACION EXPERIMENTAL	32
2.1 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS PARTICULARES	32
2.2 SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE VARIABLES	33
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS	33
2.3.1 Materia prima	34
2.3.2 Preparación del mango	35
2.3.3 Preparación de la nanoemulsión de α -tocoferol	36
2.3.4 Preparación del líquido de gobierno	36
2.3.5 Almacenamiento	38
2.3.6 Preparación de las muestras de mango ataulfo rebanado	38
2.3.7 Color	39
2.3.8 Propiedades fisicoquímicas	41
2.3.9 Transmitancia	44
2.3.10 Sólidos totales en el líquido de cobertura	45
CAPÍTULO III ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
3.1 Color	46
3.2 Propiedades fisicoquímicas	52
3.2.1 Sólidos solubles	52
3.2.2 pH	54
3.2.3 Acidez	56
3.2.4 Textura y firmeza	58

3.3 TRANSMITANCIA	62
3.4 SÓLIDOS TOTALES EN EL LÍQUIDO DE COBERTURA	64
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFIA	69

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Mango Ataulfo (<i>Manguifera indica</i> L.)	2
Figura 2	Superficie sembrada de Mango Ataulfo en México, 2005-2013. (Miles de Ha)	4
Figura 3	Superficie sembrada de Mango Ataulfo en México, 2013 (Distribución por estado)	5
Figura 4	Características de calidad Mango Ataulfo	6
Figura 5	Estructura carboximetilcelulosa (CMC)	22
Figura 6	Estructuras de la sacarosa	23
Figura 7	Estructuras de esteviósido y compuestos relacionados	24
Figura 8	Fórmula química de los 4 tocoferoles	28
Figura 9	Etapas de preparación del mango fresco cortado.	35
Figura 10	Colorímetro	40
Figura 11	Refractómetro	41
Figura 12	Potenciómetro	42
Figura 13	Bureta	43
Figura 14	Texturómetro	44
Figura 15	Cambios en °Hue en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc =	47

	Nanoemulsión de α -tocoferol.	
Figura 16	Cambios en croma en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	49
Figura 17	Cambios en ΔE en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	51
Figura 18.	Cambios en °Bx en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	53
Figura 19	Cambios en pH en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocofero	55
Figura 20	Cambios en acidez en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago	57

	de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	
Figura 21	Cambios en firmeza en mango durante el almacenamiento a 4 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	59
Figura 22	Cambios en adhesividad en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	61
Figura 23	Cambios en cohesividad en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	63
Figura 24	Cambios en ΔE en líquido de gobierno a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	65

Figura 25	Sólidos totales en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.	66
-----------	--	----

INDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Composición química del mango en 100 g de porción comestible.	3
Tabla 2	Producción de Mango Ataulfo en México 2005-2013 (Miles de Toneladas)	5
Tabla 3	Nomeclatura de esteviósido y compuestos relacionados	25
Tabla 4	Factores y niveles de variación	34
Tabla 5	Formulaciones de líquido de gobierno	37

RESUMEN

El ritmo de vida de las sociedades modernas ha cambiado los patrones de consumo de alimentos, el sector de frutos y vegetales frescos cortados o mínimamente procesados ha crecido sostenidamente; sin embargo, al ser productos perecederos debido al daño físico que presentan durante el corte se requiere de tecnologías para alargar la vida de anaquel. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad del líquido de gobierno formulado con base en α -tocoferol sobre la conservación de mango (*Manguifera indica L.*) rebanado variedad Ataulfo almacenado en refrigeración durante 15 días. Para llevar a cabo este objetivo se utilizaron formulaciones de líquido de gobierno en las cuales se varió el polisacárido (CMC, mucílago de nopal y CMC/mucílago de nopal), utilizando como edulcorante estevia y sacarosa y como activo dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato (TPGS), α -tocoferol y líquido sin activo. El mango ataulfo fue lavado, desinfectado, pelado y rebanado, se dio un tratamiento de CaCl_2 durante 5 minutos y posteriormente se envasó en vasos de poliestireno cristal con tapa, en una proporción de 50 g de mango en 100 mL del líquido de gobierno y se almacenó durante 15 días en refrigeración a 7 °C. Durante este periodo se realizaron pruebas de color, pH, acidez, sólidos solubles, turbidez, pérdida de sólidos, textura y firmeza para comprobar los cambios en sus propiedades. Los resultados de sólidos solubles, acidez y pH no presentaron un cambio significativo, la textura y firmeza se mantuvieron aceptables, la pérdida de sólidos fue mínima por lo que la turbidez en el líquido no se vio afectada, con estos resultados se concluyó que los líquidos de gobierno son un buen medio de conservación ya que el intercambio osmótico con las rebanadas de mango permite que estas mantengas sus características de calidad por más tiempo.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Manguifera Indica L.*) es la fruta tropical de mayor preferencia alrededor del mundo debido a su atractivo color, buen sabor, textura, y a su alto contenido de compuestos bioactivos como el ácido ascórbico, β -carotenos y componentes fenólicos. Todos estos compuestos bioactivos son buenos antioxidantes y su consumo diario en la dieta se ha relacionado con la prevención de los procesos degenerativos tales como las enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Liu, 2003). El mango Ataulfo, cultivar de origen mexicano, es una variedad caracterizada por su baja cantidad de fibra, mucha pulpa y de semilla plana, tiene un sabor dulce, es la variedad con el mayor contenido de vitamina A. Así, el consumo de mango podría proporcionar cantidades significativas de compuestos bioactivos con actividad antioxidante a la dieta humana. Sin embargo, para mantener la calidad sensorial y nutricional, la industria alimentaria busca tratamientos menos agresivos con el fin de evitar los procesos de deterioro que tienen lugar después de un procesamiento mínimo en los mangos (Mostafa, 2014).

En las últimas décadas, se ha manifestado un notable incremento en problemas de salud en la población. Debido a esto la gente ha optado por cambios en sus hábitos de consumo que incluyen el acceso a alimentos saludables asimismo realizar actividades físicas para prevenir y/o revertir estos problemas. Las frutas frescas recién cortadas (peladas, cortadas y empacadas) y las ensaladas de frutas se han vuelto más atractivas para los consumidores (Silveira, 2013). El propósito de los alimentos mínimamente procesados es proporcionar al consumidor un producto frutícola u hortícola muy parecido al fresco, con una vida útil prolongada y al mismo tiempo garantizar la seguridad de los mismos manteniendo una sólida calidad nutritiva y sensorial (Wills, 1989). Por definición se trata de productos alterados físicamente para obtener productos listos para el consumo pero permaneciendo en su estado "*in natura*", es decir sin tratamientos severos alterantes de sus características intrínsecas (Garrett 1999). Entre estos productos

se incluyen las frutas y hortalizas peladas, troceadas, lavadas y rebanadas mantenidas en refrigeración, que conservan su valor nutritivo y calidad sensorial. Los atributos más importantes de los alimentos frescos y mínimamente procesados incluyen la apariencia, color, textura, sabor, valor nutrimental y seguridad microbiana (Siddiq y col., 2013).

Un método de conservación en frutos frescos cortados puede ser la incorporación de líquidos de gobierno, también llamado líquido de cobertura, que es el fluido que se añade en la elaboración de conservas y semiconservas. Hay muchos tipos de líquido de gobierno, en cada caso se utilizará el que más convenga al producto que va a conservar, aunque además de facilitar la conservación tiene otras finalidades. Es también un ingrediente más para mejorar el sabor del alimento, sea dulce, por adición de especias, por equilibrio del pH, etc., el fluido permite además que los componentes incluidos en el líquido de gobierno se distribuya por igual. El color también es un factor favorecido por el líquido de gobierno, pues gracias a sus componentes lo conserva o incluso lo potencia (FAO-OMS, 2008).

El mucílago de nopal es un polímero lineal compuesto de polisacáridos que pertenecen al grupo de las pectinas. La composición del mucílago es de L-arabinosa (47%), D-xilosa (23%), D-galactosa (18%), L-ramnosa (7%) y ácido D-galacturónico (5%).

Por otro lado, la CMC (Carboximetilcelulosa) es un polisacárido lineal aniónico derivado de celulosa, ha recibido una atención considerable con varios ejemplos de aplicaciones en muchas frutas y verduras (Plotto y col., 2010).

Por estas características pueden ser utilizados en la elaboración de líquido de gobierno (líquido de cobertura) para frutas mínimamente procesadas (Robles y col., 2013).

En la actualidad se han hecho grandes esfuerzos para evitar el oscurecimiento enzimático de frutas y verduras recién cortadas. Un enfoque para lograr este objetivo es la inhibición de las reacciones de oscurecimiento al excluir oxígeno, la adición de antioxidantes como agentes antioscurecimiento o inhibir la actividad de las enzimas responsables. Los agentes antioscurecimiento son utilizados para proteger los alimentos contra la rancidez oxidativa, la degradación enzimática que provoca oscurecimiento en frutas y verduras (Robles, 2013).

La principal función del α -tocoferol es su acción antioxidante, evitando junto con otras sustancias la formación de radicales libres a partir de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, por lo que tiene una acción estabilizante de los lípidos de la membrana (Yui, 2006).

La utilización de la nanotecnología, ha permitido a los científicos crear y manipular la materia a una escala que anteriormente no se había utilizado, y de esta forma, se han creado nuevas estructuras con propiedades únicas, que se han podido aplicar en un gran abanico de posibilidades (Gonzales, 2011). El nanoprocesamiento de alimentos y productos pueden cambiar el color, sabor, o características sensoriales; también cambian la funcionalidad nutricional, elimina los productos químicos o agentes patógenos de los alimentos así como los nanomateriales de envasado de alimentos pueden prolongar la vida de los alimentos (Chellaram *et al.*, 2014). Si se modifican las características físicas del alimento original con nanocápsulas, mejora su calidad sensorial y puede aumentar su valor nutricional (Zambrano y col., 2013).

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 MANGO ATAULFO

1.1.1 Definición y composición química.

El mango es el fruto del árbol *Mangifera indica*, se trata comúnmente de un árbol frondoso de hasta 20 metros de altura, de copa redonda, siempre verde, con inflorescencia (panícula) provista de numerosas ramas, es el cuarto producto frutícola más importante (producido) en México después de la naranja, el plátano y el limón, ocupa el cuarto lugar como producto frutícola más exportado. Las principales variedades que México produce son: Kent, Keitt, Tommy Atkins, Haden, Ataulfo, entre otros (SAGARPA, 2009).

El mango Ataulfo es el cultivar de origen mexicano con más aceptación en los mercados internacionales. La producción de mango ataulfo tiene sus orígenes en el año de 1963, cuando se realizaron investigaciones sobre mango con diferentes materiales existentes en la región del Soconusco, detectando en un predio de Tapachula propiedad del Sr. Ataulfo Morales Gordillo, 5 árboles con características sobresalientes del fruto, de los cuales se han obtenido yemas y varetas para propagar este material en toda la región del Soconusco, en donde se le conoce y denomina comúnmente como “Mango Ataulfo Del Soconusco” (Infante, 2011).

En la Figura 1 se observa el fruto que es una drupa carnosa, posee un mesocarpio comestible de diferente grosor según los cultivares y las condiciones de cultivo. Su

peso varía desde 150 g hasta 350 g. Su forma es variable, pero generalmente es ovoide-oblonga.

El color del mango puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. La cáscara es gruesa, contiene un número importante de compuestos; como polifenoles, carotenoides, vitaminas, enzimas y fibra dietética; no debe comerse porque contiene una resina rica en mangiferina, ácido mangiferico y mangiferol que poseen propiedades irritantes en la piel. La carne es jugosa, dulce, fibrosa, con un profundo aroma y muy buen sabor (Vásquez y col., 2009).



Figura. 1 Mango Ataulfo (*Mangifera indica L.*) (CONASPROMANGO, 2012).

La composición del mango es diferente de acuerdo a la variedad, estado de desarrollo y condiciones de cultivo. En la Tabla 1 se muestra la composición química del mango en 100 g de porción comestible (Scherz, 1999).

Tabla 1. Composición química del mango en 100 g de porción comestible

Mango			
Contenido energético			
de los componentes digestibles		kg:	247
de 100g de porción comestible		kcal:	58
Componentes principales de 100 g de porción comestible			
Agua.....	82,0 g	Grasa.....	0,5 g
Ácidos orgánicos.....	0,4 g	Sales minerales.....	0,5 g
Proteína.....	0,6 g	Hidratos de carbono.....	12,5 g
Fibra.....	1,7 g		
Composición detallada de 100g de porción comestible			
Sales minerales		Hidratos de carbono	
Sodio.....	5 mg	Glucosa.....	850 mg
Potasio.....	190 mg	Fructosa.....	2,600 mg
Magnesio.....	18 mg	Sacarosa.....	9,000 mg
Calcio.....	12 mg		
Manganeso.....	25 µg	Lípidos	
Hierro.....	400 µg	Ácido palmítico.....	85 mg
Cobre.....	120µg	Ácido esteárico.....	5 mg
Fosforo.....	13 mg	Ácido oleico.....	85 mg
Yodo.....	2 µg	Ácido linoléico.....	9 mg
		Ácido linolénico.....	65 mg
Vitaminas		Otros componentes	
Carotenos.....	3 mg	Ácido málico.....	75 mg
Vit. E.....	1mg	Ácido cítrico.....	295 mg
Vit B1.....	45 µg	Ácido oxálico.....	35 mg
Vit. B2.....	50 µg	Ácido tartárico.....	80 mg
Nicotinamida.....	700 µg	Ácido salicílico.....	110 µg
Ácido fólico.....	40 µg		
Vit. C.....	40 mg		

(Scherz, 1999)

1.1.2 Producción

El Mango Ataulfo se produce en los estados de Chiapas, Guerrero, Nayarit, Colima, Oaxaca, Sinaloa, Michoacán, Jalisco y San Luis Potosí. El estado de Chiapas considerado como el lugar de origen del Mango Ataulfo, es el principal productor de mango en México, sin embargo, en los últimos seis años el estado de Guerrero ha tenido un incremento considerable como se observa en la Figura 2.

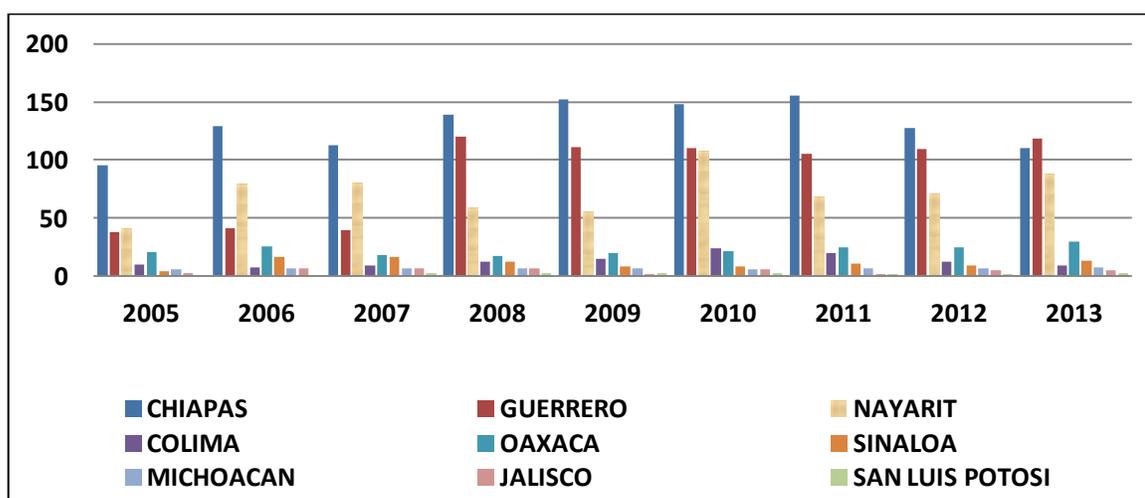


Figura 2. Superficie sembrada de Mango Ataulfo en México, 2005-2013. (Miles de Ha)
(SAGARPA, 2013).

Durante el año 2013 fueron cultivadas alrededor de 48,518.31 hectáreas de Mango Ataulfo, siendo el estado de Chiapas el de mayor superficie sembrada con 21,490.59 hectáreas y un rendimiento de 5.49 Ton/Ha, pero no obstante el principal productor, ya que el estado de Guerrero con 7,505.90 hectáreas y un rendimiento de 15,76 Ton/Ha se coloca por primera vez como el principal productor de este fruto al registrar un 30.8% de producción, sobre el 28.8% de Chiapas, como se observa en la Figura 3.

La tabla 2 muestra el ascenso en la producción de mango ataulfo en México para el periodo 2007-2013 el cual ascendió a 349.9 mil toneladas anuales (SAGARPA, 2013).

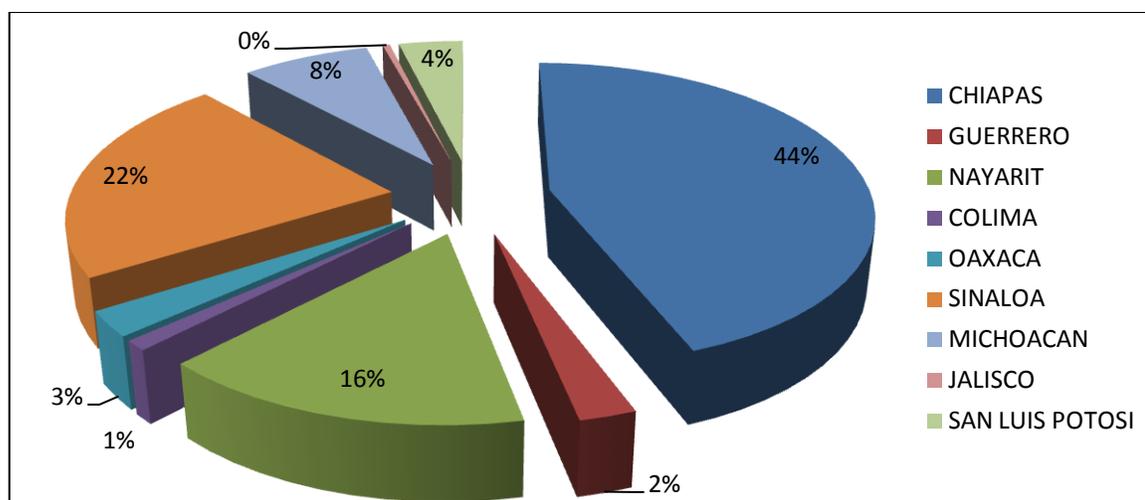


Figura 3. Superficie sembrada de Mango Adufio en México, 2013 (Distribución por estado) (SAGARPA, 2013).

Tabla 2. Producción de Mango Adufio 2005-2013 (Miles de Toneladas) (SAGARPA, 2013)

ESTADO/AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Chiapas	112.4	139.2	151.90	147.60	155.19	127.33	110.56
Guerrero	39.6	119.9	110.8	109.8	104.9	109.47	118.29
Nayarit	80.2	58.8	55.30	107.70	68.74	70.94	88.02
Colima	9.1	12.1	15.1	23.6	20.22	12.52	9.10
Oaxaca	18.4	17.2	19.7	21.6	25.01	24.98	29.67
Sinaloa	16.2	12.1	8.00	8.20	10.84	9.54	12.98
Michoacán	6.8	7	6.80	6.10	6.36	7.03	7.68
Jalisco	6.8	7	2.15	6.10	2.13	4.87	4.87
San Luis Potosí	2.4	2.2	2.19	2.20	1.52	1.85	2.27
TOTAL	291.90	375.50	371.94	432.90	394.91	368.53	383.44

1.1.3 Características de calidad del mango Aaulfo

La calidad del fruto es el grado en el que se cumplen los requisitos necesarios para cumplir las necesidades del cliente el cual, se reconoce por la forma, sabor, olor y firmeza de la pulpa característicos de la variedad, y se refleja mediante el contenido mínimo de la acidez titulable (%), contenido de sólidos solubles totales (°Brix), firmeza (kg/cm²) y color de la pulpa, entre otros. Así como ausencia de pudriciones y defectos, incluyendo quemaduras de sol, quemaduras por látex, abrasiones de la piel, ahuecamiento de la zona próxima a la cicatriz del pedúnculo (Postharvest technology, 2014)

En la Figura 4 se muestra el punto óptimo o grado de madurez fisiológico del mango. Se considera madurez fisiológica aceptable cuando la pulpa ha alcanzado un color amarillo en toda su área (sin partes blancas), acentuándose este color alrededor de la semilla. Su piel tendrá un color combinado de verde y amarillo limón (NMX-FF-058-SCFI, 2006).

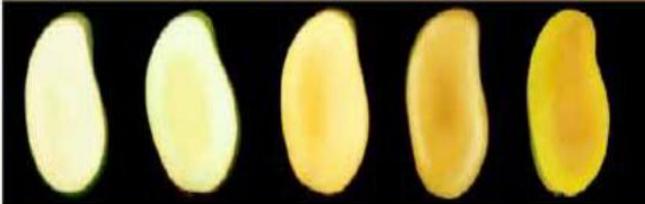
ATAULFO	COLOR PROMEDIO					
	COLOR INTERNO (PULPA)					
	MADUREZ / MADURACIÓN	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 4	Grado 5
	FIRMEZA (lbs - fuerza)	18 - 22	11 - 13	6 - 8	2 - 3	1 - 3
	SÓLIDOS SOLUBLES (° Brix)	7 - 8	9 - 10	11 - 12	12 - 15	14 - 18

Figura 4. Características de calidad Mango Aaulfo (NMX-FF-058-SCFI, 2006).

En frutas y hortalizas, el sabor se expresa normalmente en términos de la combinación de principios dulces y ácidos, los que son indicadores de la madurez y de la calidad gustativa.

a) Potencial de hidrógeno (pH) y acidez titulable

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. El pH ejerce una presión selectiva fuerte en la flora microbiana existente.

El pH alto de las frutas puede ser ajustado al mínimo valor compatible con el aroma natural de la fruta. La acidez elevada propicia un ambiente indeseable para el crecimiento de la mayoría de las bacterias, por lo tanto, el pH bajo de las frutas permite que el potencial de deterioro sea de las levaduras, mohos y bacterias que toleren la acidez.

La acidez en los frutos es un parámetro de calidad atribuido a la presencia de ácidos orgánicos que contribuye a la percepción del sabor y por lo tanto a la aceptación del fruto por parte del consumidor. El contenido de ácido en el mango ataulfo se expresa en porcentaje de ácido cítrico, el cual varía según la madurez. En la mayoría de los frutos la acidez decrece gradualmente con el proceso de maduración jugando un papel importante en el balance acidez / azúcar y por ende influyendo en el sabor y aroma de los frutos (Briceño, 2005).

Los principales factores que afectan al crecimiento bacteriano son el tiempo, la temperatura, los nutrientes, el agua y el pH. Este último es la medida de acidez o alcalinidad de un alimento, un factor determinante para controlar el crecimiento bacteriano. Con un pH bajo (condiciones ácidas) se detiene el desarrollo de las bacterias.

b) Sólidos solubles (°Brix)

El contenido de sólidos solubles es una buena estimación del contenido de azúcares totales y muchos frutos deben tener un mínimo de sólidos para ser cosechados. Los ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, tartárico) son el otro importante componente del sabor y tienden a disminuir a medida que el fruto madura por lo que la relación con los sólidos solubles tiende a aumentar. A la medición de esta acidez se le conoce como acidez titulable (López, 2003).

c) Color

La apariencia es el atributo de mayor importancia en los alimentos frescos y mínimamente procesados, con aspectos primarios como: tamaño y uniformidad, color, brillantez, y ausencia de defectos de contorno o aspecto de la piel. La apariencia es la primera impresión que el consumidor recibe y el componente más importante para la aceptación. Muchas frutas y hortalizas exhiben cambios de color como parte del proceso de maduración. Dentro de los parámetros que definen la frescura y madurez, el color, tanto en intensidad como en uniformidad, es el aspecto externo más fácilmente evaluado por el consumidor (López, 2003).

La colorimetría es el único de los métodos físico-químicos que no requiere la destrucción de la muestra. Para realizar la medición se utiliza un aparato calibrado denominado colorímetro. La función del colorímetro es describir la coloración de la fruta objeto de medición. Para ello devuelve tres parámetros L^* , a^* , b^* siguiendo el estándar C.I.E. $L^*a^*b^*$. (Brezmes, 2001).

El color es trascendental ya que impacta directamente en la percepción visual del consumidor, a la vez que es de suma importancia en frutas y hortalizas frescas y cortadas, dada la oxidación y oscurecimiento enzimático que se presenta

rápidamente al tener contacto con el oxígeno resultando en una decoloración. (Siller-Cepeda, 2009).

La luminosidad viene descrita por L^* . El color negro presenta una luminosidad de 0 mientras que el blanco presenta una luminosidad de 100. Los parámetros a^* y b^* se utilizan para evaluar la saturación y el tono. La saturación da la pureza del color y el tono es el color propiamente dicho (Brezmes, 2001).

El parámetro de color croma indica la intensidad o la saturación del color, con un valor de '0' que indica saturación baja (es decir, un gris neutral, negro o blanco) y un valor de '100' para un croma o una saturación muy alta (mientras más gris menos brillante). (Galindo, 2015)

A la diferencia de color entre dos muestras, se le conoce como el ΔE o lo que es lo mismo el error delta o el "delta e". Donde la letra griega delta es usada en matemáticas para denotar diferencia y la "e" proviene del término alemán Empfindung o Sensación, por lo que su traducción literal es la "diferencia de sensación" que percibimos al exponernos a dos colores de acuerdo a la siguiente escala. $\Delta E^*=0-0.5$: diferencia de nivel de seguimiento, $\Delta E^*=0.5-1.5$: diferencia ligera, $\Delta E^*=1.5-3.0$: diferencia notable, $\Delta E^*=3.0-6.0$: diferencia apreciable, $\Delta E^*=6.0-12.0$: diferencia grande, y $\Delta E^*>12.0$: diferencia obvia (Galindo, 2015)

d) Textura

La firmeza y el color son los principales parámetros para estimar el grado de madurez de un fruto ya que la maduración inicialmente mejora y ablanda la textura del fruto, lo que asociado a los cambios en el sabor y color, hace que alcance la máxima calidad comestible. Sin embargo, a medida que este proceso continúa, se

produce la sobre maduración, que conduce en última instancia a la desorganización de los tejidos y descomposición del producto.

La textura se define como los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y si es apropiado visuales y auditivos, por lo tanto al aplicar un esfuerzo sobre un alimento, es factible medir de forma instrumental las características mecánicas primarias (dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad) y secundarias (fragilidad, masticabilidad y gomosidad) (INIAP, 2004).

La textura de frutas y hortalizas frecuentemente se considera en términos de firmeza, donde el tejido firme o crujiente es generalmente deseado en frutas y hortalizas frescas y mínimamente procesadas. La textura es un indicador de la calidad muy importante para el consumo y preparación. El ablandamiento de la fruta es una consecuencia de los cambios en las propiedades físicas y mecánicas del tejido basado sobre los cambios de la estructura química de los polisacáridos de la pared celular

Sensorialmente, las características texturales pueden ser captadas por los sentidos, el tacto para el caso de la firmeza o por los receptores bucales para la adhesividad y cohesividad. En el texturómetro la adhesividad representa el trabajo necesario para despegar el plato o cilindro de compresión de la muestra o el trabajo necesario para despegar el alimento de una superficie (paladar), y la cohesividad representa la fuerza con la que están unidas las partículas (Hleap, 2010)

1.1.4 Productos de mango

El mango es una de las frutas tropicales más importantes en el mundo y es considerado una fruta con gran potencial en el mercado como fruta fresca cortada (Deaa , 2010), se comercializa en su estado natural (fresco) o procesado.

a) Fruta Fresca

Según el país o consumidor, el mango puede consumirse como fruta fresca en su estado de maduración o, puede ser utilizado como ingrediente en la preparación de ensaladas, jugos, mermeladas, etc.

En presentaciones con valor agregado, se pueden combinar rodajas de mango con otros vegetales o frutas.

b) Procesados

Las principales alternativas de industrialización/procesamiento del mango son:

- Deshidratado;
- Concentrado;
- Cubos y rodajas congeladas;
- Puré;
- Mango en almíbar;
- Pulpa;
- Yogurt;

- Jugos y néctares;
- Polvos, aceites esenciales, oleorresinas;
- Atés, licores, etc.

En la actualidad una amplia variedad de frutas y hortalizas frescas cortadas está disponible en los supermercados lista para la selección de los consumidores. El mínimo proceso, mejora el acondicionamiento y la presentación de los productos agrícolas. Para el comprador es muy atractiva y conveniente la disponibilidad de piezas de fruta fresca, apetitosa y lista para comerse que se pueden llevar a casa y disfrutar sin preparación alguna. Sin embargo, las frutas frescas cortadas son susceptibles a numerosos problemas que afectan su calidad, como son textura, color, vida de anaquel, y mucho más. (Barrett, 2011)

1.2 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

El consumo de frutas y hortalizas en la dieta diaria tienen un efecto muy beneficioso para la salud, no sólo son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, sino que además poseen fotoquímicos que contribuyen a la salud. Estos componentes que se encuentran en las plantas, aunque no se consideran nutrientes esenciales, proporcionan una importante protección contra las toxinas, el cáncer y otros trastornos comunes del cuerpo por lo tanto los consumidores quieren productos con menor grado de elaboración, dando lugar a las distintas gamas o clasificaciones de acuerdo al grado de procesamiento. Las hortalizas pueden consumirse en estado fresco (I Gama); en conservas (II Gama); congeladas (III Gama); frescas mínimamente procesadas, conservadas bajo cadena de frío, listas para ser consumidas (IV Gama) y cocidas, mantenidas en cadena de frío (V Gama). (Wiley, 1997).

Las hortalizas frescas cortadas se obtienen a través de diversas operaciones unitarias de preparación, tales como selección, pelado, cortado, reducción de tamaño, lavado y envasado, incluyendo tratamientos químicos. Algunos ejemplos de hortalizas frescas precortadas incluyen las papas peladas y rebanadas, lechugas y coles cortadas en tiras, ensaladas de mezclas, espinacas recortadas, zanahorias “baby” mondadas, floretes de coliflor y brócoli, cebollas picadas en cuadritos, ajos pelados, champiñones rebanados, tomates y pimientos rebanados o picados en cuadritos, verduras para sopas y guisos (Wiley, 1997).

1.2.1 Mango fresco cortado.

En los últimos años el segmento de mayor crecimiento dentro de la industria alimentaria es el de frutos y vegetales frescos cortados o productos minimamente procesados (PMP). Entre los frutos tropicales con mayor potencial en el mercado de PMPse encuentra el mango (*Mangifera indica*L.). Los PMP poseen las cualidades de los productos frescos recién cosechados, pero el pelado y cortado del fruto induce estrés en el tejido vegetal, lo que afecta los atributos sensoriales aún antes de que ocurran cambios fisicoquímicos o microbiológicos limitantes de la vida de anaquel (Gil, 2010).

1.2.2 Cambios fisicoquímicos por efecto del cortado.

La fruta fresca cortada sola o combinada que no recibe ningún tratamiento y que se encuentra libre de conservadores, la hace susceptible a la degradación o colonización de microorganismos induciendo a cambios indeseables de olor, aroma, color y riesgos de seguridad. (Mango, 2008)

Los vegetales frescos cortados se deterioran rápidamente que los productos intactos como resultado directo de las heridas asociadas al procesamiento, el cual conduce a un número de cambios físicos y fisiológicos que afectan la calidad del alimento. Los síntomas de deterioro de productos frescos cortados incluyen cambios en la textura (flácido debido a pérdida de agua en los tejidos); en el color, especialmente atribuido al oscurecimiento oxidativo en las superficies cortadas y riesgos de contaminaciones microbiológicas. Todos estos cambios van en detrimento de la vida útil de estos productos (Rojas, 2006).

Una de las principales reacciones bioquímicas que ocurren es la alteración del color debido al oscurecimiento enzimático, en el que los compuestos fenólicos son oxidados hasta quinonas mediante reacciones catalizadas por enzimas denominadas genéricamente polifenoxidasas (PPO). La rotura del tejido que ocurre como consecuencia del procesado hace que las enzimas y sus sustratos, presentes ambos en el fruto, entren en contacto y reaccionen formando compuestos activos (Ammayappan, 2009)

La pérdida de firmeza, debida principalmente a la acción de enzimas proteolíticas y pectolíticas sobre los componentes de la pared celular, es otro cambio muy evidente del deterioro de la calidad. Las células dañadas por el corte liberan estas enzimas que se difunden hacia el interior de los tejidos. Para evitar este ablandamiento, se aplican tratamientos estabilizantes compuestos principalmente por sales de calcio como el cloruro de calcio (CaCl_2), que está extensamente probado en frutas mínimamente procesada, en concentraciones que oscilan entre 0.1 y 1% (Saper y col., 1998), después de lo cual se puede almacenar en líquido de gobierno.

1.3 LÍQUIDO DE GOBIERNO

1.3.1 Definición y composición del líquido de gobierno

El líquido de gobierno, también llamado líquido de cobertura, es el fluido que se añade en la elaboración de conservas y semiconservas. Hay muchos tipos de líquido de gobierno, en cada caso se utilizará el que más convenga al producto que se va a conservar, aunque además de facilitar la conservación tiene otras finalidades (FAO - OMS, 2008)

Es también un ingrediente más para mejorar el sabor del alimento, sea dulce, por adición de especias, por equilibrio del pH, etc., el fluido permite además que los componentes incluidos en el líquido de gobierno se distribuya por igual. El color también es un factor favorecido por el líquido de gobierno, pues gracias a sus componentes lo conserva o incluso lo potencia. El líquido de gobierno de una conserva o semiconserva puede ser un almíbar, jugos de fruta, agua con sal, vinagre o limón, aceites, jarabes además, para proporcionar sabor a los alimentos se le pueden añadir especias (Muñoz, 2014)

En algunos casos, el líquido de gobierno o cobertura puede ser consumido igual que el producto que ha conservado, pues dependiendo de su composición, contendrá algunos nutrientes y mucho sabor para enriquecer algunos platos.

Hay diferentes tipos de líquido de cobertura de acuerdo al producto al que van destinados.

a) Agua

- b)** Jugo de fruta, o pulpa de fruta, o mezcla de jugos de frutas o de pulpas de frutas, con o sin la adición de productos alimentarios que confieren un sabor dulce como los azúcares o la miel. El jugo de fruta endulzado (azucarado) o la pulpa de fruta endulzada (azucarada), según la concentración de sólidos solubles en grados Brix (°Brix) medida en el producto final, se designará como sigue:
- Ligeramente dulce (endulzado o azucarado) igual o mayor que 14 °Brix pero menor que 18 °Brix
 - Muy dulce (endulzado o azucarado) igual o mayor que 18 °Brix pero menor que 22 °Brix
- c)** Almíbar (jarabe): mezclas de agua y productos alimentarios que confieren un sabor dulce como los azúcares o la miel. Según la concentración de sólidos solubles en °Brix, medida en el producto final, se designarán como sigue:
- Almíbar (jarabe) muy diluido o almíbar (jarabe) ligeramente dulce (endulzado o azucarado) igual o mayor que 10 °Brix pero menor que 14 °Brix.
 - Almíbar (jarabe) diluido igual o mayor que 14 °Brix pero menor que 18 °Brix.
 - Almíbar (jarabe) (optativo) igual o mayor que 17 °Brix pero menor que 20 °Brix.
 - Almíbar (jarabe) concentrado igual o mayor que 18 °Brix pero menor que 22 °Brix.
 - Almíbar (jarabe) muy concentrado igual o mayor que 22 °Brix.
- d)** Agua y jugo(s) de fruta(s) en que el contenido de fruta supera el 50%, con excepción de los jugos con sabores fuertes y/o altamente viscosos (p. ej., mango, guayaba, arándano rojo, granadilla, etc.), en cuyo caso el contenido de fruta podría ser menor del 50%.

- e) Néctares (jugo) de fruta o pulpa de fruta, productos alimentarios que confieren un sabor dulce como los azúcares o la miel y agua (CODEX STAN 247, 2005).

Los sólidos solubles del líquido de cobertura se calculan de acuerdo a los grados °Bx de la fruta, esto debido a que cuando la fruta entra en contacto con el almíbar, éstas cederán su azúcar al medio y tomarán agua del medio, y ahí es donde se logra alcanzar la estabilidad del producto con los grados °Bx necesarios para cumplir con las especificaciones del mercado. Si no se tiene este cuidado se puede estar elaborando un producto demasiado dulce que podría ser rechazado por el consumidor (CODEX STAN 247, 2005).

El pH del líquido de cobertura debe estar entre 3.4 y 3.9, ésta acidez por lo general se alcanza por el ácido de la fruta, pero de no ser así, se debe añadir ácido cítrico al almíbar. La adición de ácido debe controlarse muy bien para evitar la inversión del azúcar en el líquido de cobertura, fenómeno que ocurre por presencia de ácido y aplicación de calor (Murillo, 1993).

La adición de jugo de frutas en la conserva ayuda a mantener su sabor, el color y la forma. No impide el deterioro de estos alimentos. Las directrices para la preparación y uso de los jarabes ofrecen un nuevo jarabe "muy ligero", que se aproxima el contenido de azúcar natural de muchas frutas (Agriculture Information Bulletin, 2009).

Comercialmente se pueden encontrar jugos que cumplen con los requisitos necesarios para ser utilizados como líquidos de cobertura como son el jugo de mango (Compal, Spain), jugo de melón y piña (Tropicana, Spain), jugo de uva blanca y manzana (Don Simon, Spain) (Silveira, 2013). Todas estas características permiten un intercambio con el producto a través de un proceso osmótico.

1.3.2 Deshidratación osmótica

La deshidratación osmótica es un método utilizado en el procesamiento de frutas y vegetales para conservar productos mínimamente procesados o con humedades intermedias. A medida que sucede la deshidratación osmótica, se producen cambios en la composición del producto, los cuales pueden ser analizados en términos de velocidades de pérdida de agua, ganancia de sólidos y de pérdida de peso del alimento. Consiste básicamente en la remoción del contenido de agua del producto con un aumento simultáneo de sólidos por efecto de la presión osmótica, que ocurre por inmersión de un alimento sólido (entero o en trozos) en una solución hipertónica de uno o más solutos (agente deshidratante) por un cierto tiempo y temperatura específicos. Además de los flujos de salida de agua y entrada de solutos en el alimento, se observa flujo de salida de solutos de bajo peso molecular del propio producto (azúcares, ácidos orgánicos, sales y vitaminas), que ocurre en cantidades despreciables, pero ejerce una importante influencia con relación a la composición y calidad del producto final (Bianchi, 2005).

La concentración de la solución osmótica afecta directamente la respuesta a la impregnación a vacío lo que influye en las características finales del producto. La sacarosa es el azúcar mayoritario del mango y por eso su uso en deshidratación osmótica (DO), busca conferirle pocos cambios a las propiedades sensoriales (Giraldo, 2005).

El proceso de DO pasa por varios estados de pseudoequilibrio; en el primero de ellos la velocidad del flujo del agua desde el alimento hacia la solución concentrada es mayor que la entrada de sólidos hacia el interior del alimento. Al final de los pseudoequilibrios se alcanza la igualdad de la actividad del agua (a_w) del alimento y de la a_w de la solución osmótica. Estos cambios están directamente relacionados al color, apariencia y textura del producto (Barat, 2001).

Diferentes autores reportan resultados del equilibrio osmótico en frutas, por ejemplo: el mango en una disolución de 30 °Brix, alcanzó el equilibrio osmótico a las 48 h. La piña alcanzó el equilibrio a las 24 h de tratamiento con pulso a vacío y 48 h con presión atmosférica, la fresa lo alcanzó el equilibrio en un periodo entre 72 y 96 h, mientras que en el kiwi en un tiempo de 48 y 72 h (Giraldo, 2005).

La tendencia actual de los consumidores de frutas y vegetales es la adquisición de alimentos con características similares al estado fresco. Debido a ello, los investigadores en alimentos han desarrollado nuevas tecnologías de conservación, conocidas como tecnologías de obstáculos, tecnologías de barrera o métodos combinados, las cuales permiten lograr la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial de las frutas y vegetales y extender su vida útil, es decir, su vida comercial expresada en meses (Urraca, 2011).

El mucílago de nopal es un ingrediente interesante para la industria alimentaria, debido a sus propiedades de viscosidad puede ser un aditivo para mejorar las propiedades funcionales (Sepulveda y col, 2007).

1.3.3 Mucílago de nopal

El mucílago es una sustancia polimérica compleja constituida principalmente de hidratos de carbono, con una estructura muy ramificada, que contiene proporciones variables de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa, y D-xilosa, así como de ácido galacturónico en diferentes proporciones (Sepulveda y col., 2007).

El mucílago de nopal contiene un biopolímero lineal cuyo peso molecular oscila alrededor de 13×10^6 g/mol y está compuesto por polisacáridos emparentados con las pectinas. Su composición glucosídica es aproximadamente de 47% arabinosa, 23% xilosa, 18% galactosa y 5% de ácidos galacturónicos (Ruiz, 2009).

Ha sido objeto de numerosos estudios para la aplicación en la industria alimentaria, ya que modifica viscosidad, elasticidad, retención de agua y tiene un alto poder gelificante y emulsificante (Saenz y col, 2003).

Se ha probado el uso de mucílago de nopal aplicado en recubrimientos de frutas como fresa, jícama y plátano dando buenas características reológicas, (Torres, 2009), lo que hace que el mucílago tenga el potencial para formar recubrimientos que conserven la vida útil de los frutos frescos cortados (Cisneros, 2012).

Algunas propiedades que tiene el mucílago de nopal usado en la aplicación de recubrimientos son:

- Reduce la tensión superficial.
- Estabiliza emulsiones de tipo aceite en agua.
- Forma gotas pequeñas de aceite.
- Tiene la capacidad de formar geles.

Una de las ventajas que tiene el usar mucílago de nopal en recubrimientos es que provee de elementos nutritivos, como su alto contenido de fibra que proporciona beneficios para el ser humano como, el control de la producción de ácidos gástricos protegiendo la mucosa gastrointestinal, además de ayudar a eliminar toxinas y acelerar el paso de alimentos por el tracto digestivo teniendo un efecto diurético (Contreras-Padilla y col., 2011).

1.3.4 Carboximetilcelulosa (CMC)

La carboximetilcelulosa (CMC) cuya estructura se muestra en la Figura 5, es un polvo blanco y apenas tiene olor; puede ser clasificado como un polímero no tóxico cuando está disuelto en agua. Para obtener este compuesto, se sustituyen los grupos CH_2COOH en las unidades de glucosa de la cadena de la celulosa, aumentando el peso molecular desde 21,000 a 500,000. Si la reacción se produce en medio alcalino, los grupos carboxilos se esterifican, teniendo así grupos $\text{R-O-CH}_2\text{COONa}$.

Normalmente, las disoluciones acuosas de este compuesto tienen un pH entre 2 y 10 y por debajo de estos, precipita el sólido. El CMC es insoluble en compuestos orgánicos y reacciona con sales de metales pesados para formar una película que son insolubles en agua y no afecta a los materiales orgánicos.

La CMC ha recibido una atención considerable por sus aplicaciones en frutas y vegetales. Su carácter hidrofílico, alta viscosidad en soluciones diluidas, buenas propiedades formadoras de película e inocuidad, han diseminado su uso en la industria alimentaria, presenta propiedades funcionales como aglutinante, espesante y estabilizante, y forma películas resistentes. Se utiliza en productos como tortillas de maíz por su habilidad de retener agua, en la elaboración de jugos y néctares, rellenos de pie, productos de panificación, como sustituto de grasa, en productos lácteos (helados), en salsas, aderezos y productos elaborados a base de jitomate (Badui, 2006).

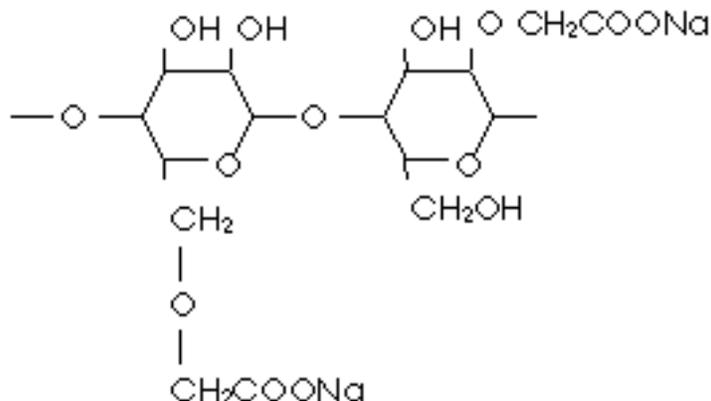


Figura 5. Estructura carboximetilcelulosa (CMC) (Badui, 2006).

1.4 EDULCORANTES

Tanto la naturaleza como el hombre producen diversos alimentos que son aceptados por su sabor dulce; esta percepción sensorial se lleva a cabo gracias a un gran número de compuestos químicos, muchos de ellos sintetizados en el laboratorio, que dan esas propiedades sensoriales tan agradables para la mayoría de los individuos. A los agentes que producen esta sensación se les designa con el nombre de edulcorantes (Badui, 2006)

Los edulcorantes o endulzantes son sustancias que se adicionan a los alimentos para mejorar sus características sensoriales, específicamente, el dulzor. El poder edulcorante, es decir, la capacidad de una sustancia para causar dicha sensación, se mide subjetivamente tomando como base de comparación la sacarosa, a la que se le da un valor arbitrario de 1 o de 100 (Badui, 2006).

1.4.1 Sacarosa

La sacarosa cuya estructura se muestra en la Figura 6, es un disacárido formado por (β -D-fructofuranosil- α -D-glucopiranososa) llamada comúnmente “azúcar”, está integrada por una glucosa cuyo carbono aldehídico se une al cetónico de la fructosa, estableciendo un enlace glucosídico β (1,2) que impide que este disacárido sea reductor por carecer de grupos aldehído o cetona libres; además, no exhibe mutarrotación; es el químico orgánico más abundante en el mundo. Su hidrólisis parcial se aprovecha comercialmente en la elaboración de azúcar invertido usado en bebidas, ya que se reduce el porcentaje de azúcar necesario para proporcionar un dulzor determinado (Badui, 2006).

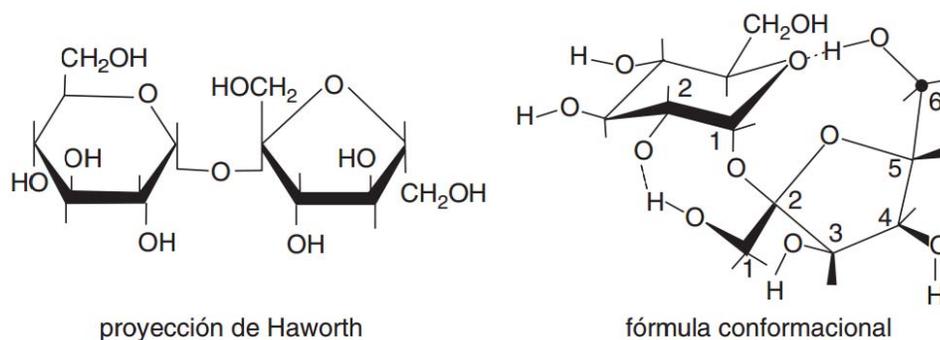


Figura 6. Estructuras de la sacarosa (Badui, 2006).

La sacarosa abunda en forma natural en casi todas las frutas, en algunas raíces (como la remolacha, a partir de la cual se obtiene comercialmente, junto con la caña de azúcar), en ciertos granos, y en leguminosas como los chícharos. Su concentración en los diversos alimentos varía de manera considerable según el grado de madurez de estos productos.

1.4.2 Estevia

En la Figura 7 se muestra la estructura de la Estevia que es una hierba dulce y perenne de la familia Asteraceae, originaria del Paraguay. Antonio Bertoni, botánico Sudamericano, la descubrió en 1887. El sabor dulce de la planta se debe a un glucósido llamado steviosida, compuesto de glucosa y rebaudiosida. La Estevia no contiene calorías y tiene efectos beneficiosos en la absorción de la grasa y la presión arterial. Contiene carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. En su forma natural es 15 veces más dulce que el azúcar de mesa (sacarosa) (Bettaieb, 2015).

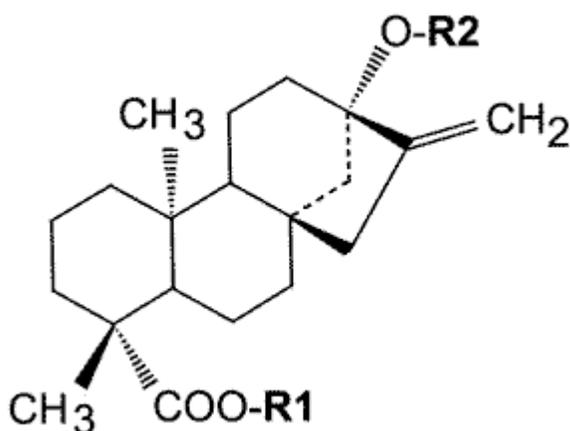


Figura 7. Estructuras de esteviósido y compuestos relacionados. (Bettaieb, 2015).

La estevia contiene una mezcla de edulcorantes en las hojas en la cual el esteviósido se encuentra, en general, en mayor concentración como se aprecia en la Tabla 3.

Tabla 3. Nomenclatura de estevióside y compuestos relacionados.

	Nombre del componente	R1	R2
1	steviol	H	H
2	Steviolbioside	H	β -Glc- β -Glc(2→1)
3	Stevioside	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2→1)
4	Rebaudioside A	β -Glc	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
5	Rebaudioside B	H	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
6	Rebaudioside C (Dulcoside A)	β -Glc	β -Glc- α -Rha (2→1) β -Glc(3→1)
7	Rebaudioside D	β -Glc- β -Glc(2→1)	β -Glc- β -Glc(2→1) β -Glc(3→1)
8	Rebaudioside E	β -Glc- β -Glc(2→1)	β -Glc- β -Glc(2→1)
9	Rebaudioside F	β -Glc	β -Glc- β -Xyl(2→1) β -Glc(3→1)
10	Dulcoside A	β -Glc	β -Glc- α -Rha(2→1)

(Bettaieb, 2015).

a) Beneficios de la estevia en la salud

La ingestión constante de estevia puede reforzar el sistema vascular, sus propiedades diuréticas y antiácidas le permiten eliminar, vía urinaria, las toxinas acumuladas por mala alimentación. El extracto líquido de estevia, in vitro, elimina en alimentos bacterias patogénicas como E. coli 0157, Salmonela, Estafilococos aureus, Bacilos, vibrio hemolítico y no afectó a bacterias útiles como bífidobacteria y bacteria acidoláctica. En la Universidad de Purdue se demostró que el esteviósido es 100% compatible con el fluoruro, inhibe el crecimiento de plaquetas y reduce la caries dental, al no fermentar se utiliza en dentífricos, enjuagatorios bucales, gomas de mascar, para proteger el esmalte dental (Inkanat, 2013)

El extracto líquido de estevia tiene componentes con poder antioxidante en el organismo para beneficio de la salud. Tiene la capacidad de revitalizar células epiteliales. La aplicación de una mascarilla facial, por ejemplo, produce un estiramiento y una suavidad de la piel, lo cual ayuda en la cura de varios males entre ellos acné, dermatitis, seborrea capilar, eczemas. Igualmente, hace que cortes en la piel cicatricen rápidamente.

La estevia puede ayudar a reducir la ansiedad por las comidas y la apetencia por dulces, chocolates, grasas, etc. dicho efecto, disminuye calorías (glucosa). También regula insulina y por ello el organismo engorda menos, es decir, almacena menos grasas. En China, el Té de estevia se recomienda para perder de peso, dado su carácter digestivo, sabor dulce y bajo contenido de calorías. En Japón, la estevia sustituye la sacarosa por su asociación tanto a diabetes como obesidad, reemplazando a edulcorantes sintéticos como el ciclamato de sodio, la sacarina y otros cuyo uso se ha prohibido por ser carcinogénicos. (Inkanat, 2013)

1.5 ANTIOXIDANTE

1.5.1 α -tocoferol

La palabra tocoferol deriva de tocopherol, proviene de las voces griegas tokos 'parto' y pherein 'llevar' más el sufijo -ol, utilizado en química para referirse a las sustancias del grupo de los alcoholes. "sustancia del grupo de los alcoholes que sirve o conduce a la procreación o a parir" (Serra, 2006).

Los tocoferoles son los antioxidantes naturales de los aceites vegetales (soya, girasol, germen de trigo, maíz, etc.) de los que se extraen. Existiendo además aquellos que se obtienen por biosíntesis y que hacen a los tocoferoles económicamente accesibles. Así, en la Figura 8 se presentan bien en forma de extractos de origen natural ricos en tocoferoles (α , β , δ) o como alfa, beta, gamma y delta tocoferoles de síntesis (Tecnalia, 2010).

La principal función del α -tocoferol es su acción antioxidante, evitando junto con otras sustancias la formación de radicales libres a partir de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, por lo que tiene una acción estabilizante de los lípidos de la membrana (Yui, 2006).

El α -tocoferol, es un aceite de color amarillento, termolábil, insoluble en agua pero soluble al alcohol, peso molecular 430.7 mol/g, estable en soluciones ácidas. Máximo de absorción: 292 nm (en solución alcalina). La medición de la actividad de la α -tocoferol se da en unidades internacionales (UI) (Yui, 2006).

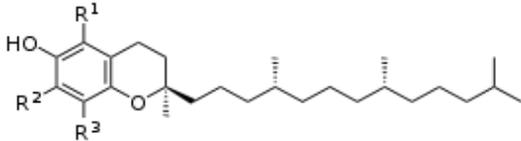
Tocoferoles	R1	R2	R3	Nombre
	CH3	CH3	CH3	α -tocoferol
	CH3	H	CH3	β -tocoferol
	H	CH3	CH3	γ -tocoferol
	H	H	CH3	δ -tocoferol

Figura 8. Fórmula química de los 4 tocoferoles (Yui, 2006).

a) Aplicaciones

Los tocoferoles pueden emplearse en toda clase de alimentos ya que se pueden hacer mezclas sinérgicas con sustancias tales como el ácido ascórbico, algunos aminoácidos o quelantes confiriendo al conjunto una capacidad preservadora superior en muchos casos a los sintéticos y con el convencimiento de la inocuidad del producto a nivel sanitario, pudiendo añadirse en el producto alimentario según el principio Quantum Satis (sin otra limitación que una “buena práctica de fabricación” (B.P.F) (Barros, 2008)

Los tocoferoles son solubles en grasas. Su actividad antioxidante están en el siguiente orden: α -tocoferol (el más activo) > γ -tocoferol > β -tocoferol > δ -tocoferol (el menos activo). El α -tocoferol es el que posee mayor actividad vitamínica E y se suele emplear junto con el palmitato de ascórbico. Protegen a las vitaminas A y C de la oxidación y evitan la formación de nitrosaminas. A altas temperaturas desaparecen rápidamente (Barros, 2008)

b) Potencial antioxidante

La acción antioxidante de los tocoferoles va ligada a un mecanismo de eliminación del oxígeno del medio por la formación de tocoquinonas. Este hecho no tiene lugar con los antioxidantes de tipo fenólico (Cubero, 2002).

Los radicales libres son átomos o grupo de átomos que tiene un electrón (e-) desapareado en capacidades de aparearse, por lo que son muy reactivos; los oxidantes se forman por la reacción con otros radicales o por fotoexcitación, metabolismo, irradiación, catálisis metálica o el calor siendo los principales inductores de estrés en los seres vivos (Yui, 2006).

Los radicales libres rompen a los dobles enlaces de los ácidos grasos poliinsaturados para formar por división hemolítica de enlaces covalentes un radical peróxido del ácido graso altamente reactivo. Este puede atacar a otros ácidos grasos, alterando la estructura de la membrana y la integridad celular (Yui, 2006).

El α -tocoferol actúa como “basurero” de los radicales peróxido de los ácidos grasos debido a que puede ceder el protón del grupo hidroxilo del anillo de 6-hidroxicromona para estabilizar radicales libres transformándose en el radical α -tocoferoxilo, que es realmente estable. Este radical puede ser regenerado otra vez a la forma nativa mediante el uso de otros oxidantes. (vitamina A y C), si esto no se produce, debido, por ejemplo, a que no hay suficientes defensas antioxidantes, los radicales α -tocoferoxilo acumulados pueden actuar como pro oxidantes (Benyon, 2003).

Los antioxidantes no van a ir directos y su forma de actuar podría ser mejor con el uso de nanotecnología.

1.6 NANOTECNOLOGÍA

Uno de los avances más importantes en la industria alimentaria es la incorporación de la nanotecnología, es decir, el uso de partículas diminutas de tamaño manométrico (Weiss y col., 2006).

La Nanotecnología estudia y trabaja en general con estructuras y materiales que tienen un tamaño de 1 y 100 nanómetros de tamaño. El interés de la nanotecnología radica en el hecho de que ese pequeño tamaño conlleva propiedades físicas y químicas que difieren significativamente de las habituales a mayor escala. Un nanómetro (nm) es un metro dividido en un millón de partes.

La Nanotecnología en la Industria Alimentaria tiene su aplicación en áreas como la calidad y la seguridad alimentaria, el desarrollo de nuevos productos y el envasado. Esta aporta propiedades funcionales mejoradas, por ejemplo que alimentos con bajo contenido en sodio dan un sabor salado. También puede contribuir a la mejora en el control de calidad de espumas y emulsiones. La formación de nanopartículas, Nanoemulsiones y nanocápsulas, permitirá mejorar el valor nutricional de los productos y mejorar su absorción en el cuerpo, de forma que la biodisponibilidad y dispersión de los nutrientes de interés aumente (Almegor, 2009).

1.6.1 Nano emulsiones

Son aquellas emulsiones que poseen tamaño de gotas entre 20 y 500 nm, de apariencia traslúcida y alta estabilidad cinética, sin requerir concentraciones de surfactante tan elevadas para su formación. Algunos estudios han mostrado que son más estables cuando está presente una fase de cristal líquido (Esquena, 2001)

Las Nanoemulsiones poseen tamaños comprendidos entre microemulsiones y las macroemulsiones, por ello han sido referidas por diversas denominaciones, tales como miniemulsiones, microemulsiones inestables, Nanoemulsiones, emulsiones submicrométricas, emulsiones ultrafinas, entre otros. El término nanoemulsión ha sido adoptado en los últimos años debido a que, además de ser más conciso, señala la dimensión del tamaño de gota de la emulsión en el orden de nanómetros evitando malas interpretaciones con el término de microemulsión (Esquena, 2001).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA INVESTIGACION EXPERIMENTAL

2.1 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS PARTICULARES

Evaluar la efectividad del líquido de gobierno formulado con base en α -tocoferol sobre la conservación de mango (*Manguifera indica* L.) rebanado variedad Ataulfo mediante el monitoreo de los cambios en propiedades fisicoquímicas, texturales y de transmisión de luz.

Objetivo Particular 1

Analizar el efecto del líquido de gobierno con base en α -tocoferol/polisacárido sobre los cambios de color asociados a la calidad del mango, determinando la formulación que contribuya a mantener características de color por mayor tiempo.

Objetivo Particular 2

Asociar los cambios texturales en mango “Ataulfo” cortado con la composición del líquido de gobierno conteniendo α -tocoferol estableciendo la efectividad mediante la evaluación de los cambios fisicoquímicos asociados al tiempo de almacenamiento.

Objetivo Particular 3

Evaluar la turbidez y concentración de sólidos en el líquido de gobierno mediante porcentaje de transmitancia y contenido de sólidos relacionándolos con los cambios fisicoquímicos de mango cortado estableciendo la formulación más efectiva.

2.2 SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE VARIABLES

En la actualidad el consumo de frutos frescos cortados ha ido a la alza en la preferencia del consumidor por ser un producto de fácil adquisición., sin embargo al tratar el mango a un rebanado aumenta el proceso de descomposición. Por lo tanto es necesario mantenerlo en un medio que disminuya este proceso y permita mantener las características de fresco cortado.

El α -tocoferol es un antioxidante que posee la propiedad de proteger a los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas y otras estructuras celulares de la peroxidación lipídica. Recientemente se ha mostrado su efectividad en la conservación de frutas, por lo que su uso como componente del líquido de gobierno, abre posibilidades de exploración en la conservación de frutas mínimamente procesadas. Además, el mucílago se ha presentado como una alternativa natural para la formación de recubrimientos, por lo que su uso en el líquido de gobierno es posible investigar.

El líquido de gobierno tiene gran influencia sobre las propiedades de barrera por lo que la selección adecuada de la goma, edulcorante y α -tocoferol será un factor importante en la influencia sobre el tiempo de vida útil.

En la Tabla 4 se presenta los factores y niveles de variación así como las técnicas e instrumentos utilizados para determinar los cambios físicos, fisicoquímicos y texturales en el mango fresco cortado y almacenado en un líquido de gobierno en refrigeración a 7 °C, durante un período de 14 días, los cuales se realizaron por triplicado.

Tabla 4. Factores y niveles de variación

Factores de variación	Niveles de variación	Factores dependientes	Factor respuesta	Técnica/ Instrumento
Polisacárido	CMC Mucílago de nopal	L*, a*, b*	Chroma, °Hue.	Colorímetro Minolta
	CMC/Mucílago de nopal	Transmitancia Sólidos Totales	Turbidez Pérdida de sólidos	Colorímetro Minolta centrífuga y balanza
Edulcorante	Sacarosa, Estevia	°Bx, pH, acidez	Cambios físicoquímicos en mango cortado	Refractómetro potenciómetro Titulación
Activo	TPGS 1000, Nanoemulsión de α-tocoferol, sin activo	Carga máxima	Firmeza	Texturómetro Brookfield modelo CT3

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 Materia prima

Un lote de 30 kg de mango Ataulfo (*Manguifera indica* L.) fue adquirido en el mercado de abasto de Cuautitlán, Estado de México. La selección del fruto se realizó considerando un grado de madurez 4, como se muestra en la Figura 4 en el que se controló el color, °Bx y textura inicial en base a la norma NMX-FF-058-SCFI-2006. Los mangos se lavaron, escurrieron y secaron y fueron puestos en refrigeración a 7 °C previamente a su preparación.

2.3.2 Preparación del mango

La Figura 9 muestra las etapas de preparación del mango fresco cortado, previo a la incorporación del líquido de gobierno. El mango se lavó con agua y jabón, se desinfectó en una solución bactericida de plata coloidal al 0.05% durante 15 min.

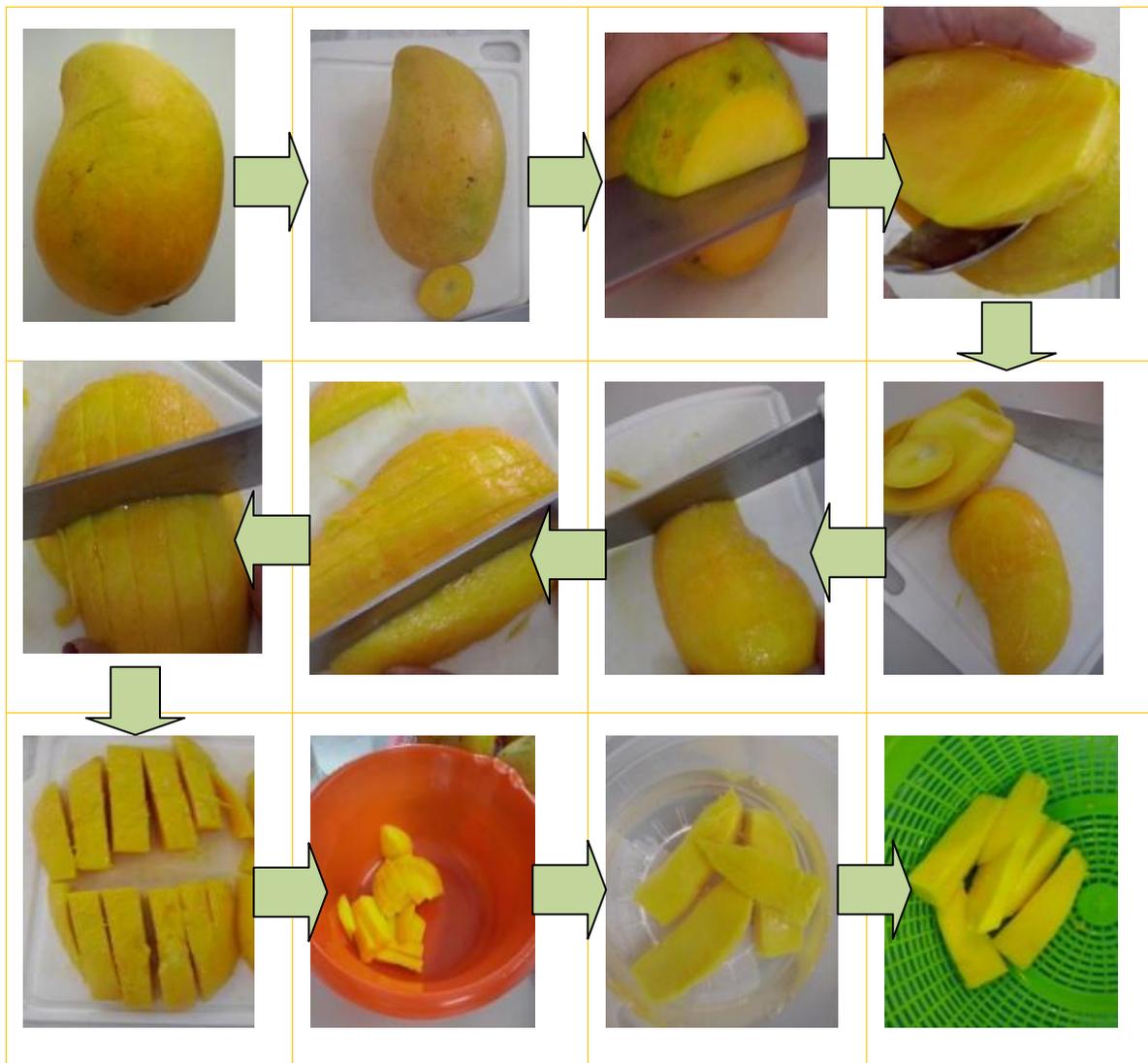


Figura 9. Etapas de preparación del mango fresco cortado.

Con un cuchillo de acero inoxidable se quitó el pedúnculo para posteriormente retirar la semilla rebanando las dos caras externas. Con una cuchara de acero inoxidable se eliminó la cáscara y finalmente se cortó para obtener rebanadas de aproximadamente 2 cm de ancho por 4 cm de largo.

2.3.3 Preparación de la nanoemulsión de α -tocoferol

Con la finalidad de incorporar el α -tocoferol (componente lipídico) fue necesario llevar a cabo la preparación de una nanoemulsión, tomando en consideración el HLB=6 correspondiente al α -tocoferol, como surfactantes se emplearon Tween® 80 en la fase continua y Span®80 en la fase dispersa que contenía 1 g/L de α -tocoferol, la formación de la nanoemulsión se llevó a cabo por homogenización con alto esfuerzo cortante, empleando un sistema rotor/estator de un Ultraturrax T25 con un aditamento de dispersión (útil) T25S19 a una velocidad de 10,000 rpm empleando tres ciclos de dispersión de 5 min.

2.3.4 Preparación del líquido de gobierno

Para la elaboración del líquido de gobierno se utilizaron los siguientes reactivos:

- dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato 1000 (TPGS) grado alimenticio.
- dl- α -tocoferol
- Carboximetilcelulosa (CMC). P.M. 30,000.
- Mucílago de nopal.
- Acido ascórbico
- Sorbato de potasio
- Sacarosa
- Estevia

Tabla 5. Formulaciones de líquido de gobierno

Polisacáridos	Edulcorantes	Activo
Mucílago de nopal	Sacarosa	NEToc TPGS Sin activo
	Stevia	NEToc TPGS Sin activo
CMC	Sacarosa	NEToc TPGS Sin activo
	Stevia	NEToc TPGS Sin activo
Mucílago de nopal/CMC	Sacarosa	NEToc TPGS Sin activo
	Stevia	NEToc TPGS Sin activo

En donde CMC = carboximetilcelulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

Los líquidos de cobertura fueron preparados de acuerdo con el diseño experimental que se muestra en la Tabla 5, se realizó un diseño experimental factorial 3^2 donde se tuvieron 3 variables: mucílago de nopal, CMC y la mezcla de mucílago de nopal/CMC las cuales se endulzaron con sacarosa y estevia y contaron con tres niveles de variación (TPGS, nanoemulsión de α -tocoferol y sin aditivo), se realizaron tres réplicas de cada corrida, la concentración de goma empleada CMC o Mucílago fue de 0.2% y la concentración de TPGS y nanoemulsión de α -tocoferol fue de 1 g/L. En el caso de la nanoemulsión de α -tocoferol, se le incorporó el polisacárido, edulcorante y ácido ascórbico (1.5%).

2.3.5 Almacenamiento

a) Caracterización de la cámara de refrigeración.

Con la finalidad de tener un control de la temperatura de almacenamiento, se llevó a cabo el monitoreo de la temperatura en diferentes partes de la cámara de refrigeración, se tomaron lecturas de 3 puntos diferentes en distintas alturas o zonas del refrigerador y se realizaron ajustes para mantener una temperatura promedio de $7^{\circ}\text{C} \pm 1$

2.3.6 Preparación de las muestras de mango ataulfo rebanado.

Una vez rebanado el mango se colocó en una solución de CaCl_2 al 1% para estabilizar la estructura celular por un periodo de 5 min y posteriormente se escurrió por 3 min. Después de escurrido se procedió a pesar 50 g de mango rebanado y se colocó en vasos de poliestireno cristal con tapa y se añadió 100 mL del líquido de gobierno, finalmente los vasos se colocaron en la cámara de

refrigeración a 7 °C por un periodo de 15 días que es el tiempo establecido para cuantificar los cambios.

2.3.7 Color

Para medir el color del mango, se utilizó el método de reflectancia empleando un colorímetro Minolta modelo CR-300 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) que se muestra en la Figura 10, con iluminante D65 y a 10° del observador, obteniéndose las coordenadas de color CIE (Comisión Internacional de l'Éclairage) L^* , a^* , b^* [Donde L^* representa la diferencia entre la luminosidad ($L^*=100$) y la oscuridad ($L^*=0$); a^* representa la diferencia entre verde (-100) y rojo (+100); b^* representa la diferencia entre azul (-100) y amarillo (+100), utilizando un ángulo del observador de 2° y un iluminante D65 Luz de día)].

Las coordenadas a^* , b^* se utilizaron para calcular:

- a)** El ángulo °Hue (h_{ab^*}) o tonalidad.

$$^{\circ}Hue = \text{arc tang} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

- b)** El Cromo (C^*) que indica la intensidad o saturación de color.

$$c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

c) Delta E (ΔE) que indica el grado de diferencia total de color entre dos muestras.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

En donde:

$\Delta L^* = L^*_{\text{referencia}} - L^*_{\text{muestra}}$

$\Delta a^* = a^*_{\text{referencia}} - a^*_{\text{muestra}}$

$\Delta b^* = b^*_{\text{referencia}} - b^*_{\text{muestra}}$

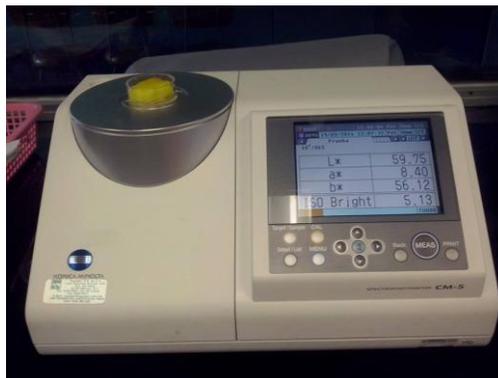


Figura 10. Colorímetro

La transmitancia óptica se refiere a la cantidad de luz que atraviesa un cuerpo, en una determinada longitud de onda. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esa luz es absorbida por el mismo, y otra fracción de ese haz de luz atravesará el cuerpo, según su transmitancia.

2.3.8 Propiedades fisicoquímicas

a) Sólidos solubles

Para determinar los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Hanna, modelo HI 96801 que se muestra en la Figura 11 utilizando el método refractométrico, el cual se fundamenta en la propiedad de los líquidos de refractar la luz en proporción a su contenido de sólidos solubles totales (NMX-FF-058-SCFI, 2006). Expresado en °Brix.



Figura 11. Refractómetro

b) pH

El pH se fundamenta en la medición con un potenciómetro, del grado de acidez o basicidad mediante el uso del electrodo sensible a la concentración molar de iones hidrogeno en la solución de la muestra.

Para determinar el pH se utilizó un potenciómetro digital marca Hanna, de la Figura 12 previamente calibrado con solución buffer.



Figura 12. Potenciómetro

c) Acidez

Para la acidez se utilizó el método de volumetría 942.15 (AOAC 2000), el cual se fundamenta en determinar el volumen de NaOH 0.1N necesario para neutralizar el ácido contenido en la alícuota a titular con bureta de la figura 13, determinando el punto final por medio del cambio de color que se produce por el indicador ácido base empleado (fenolftaleína). La acidez se expresa como contenido de ácido predominante (ácido cítrico) por masa o volumen de muestra, ácido cítrico para el caso del mango.

$$\% \text{ acidez} = \frac{V * N * m_{eq} * V_{dilución}}{W}$$

Donde:

V = Volumen gastado de NaOH

N = Normalidad de la solución de NaOH

Meq = Miliequivalentes para el ácido cítrico

W = Peso o volumen de la muestra

V dilución = Volumen de agua utilizado para diluir la muestra

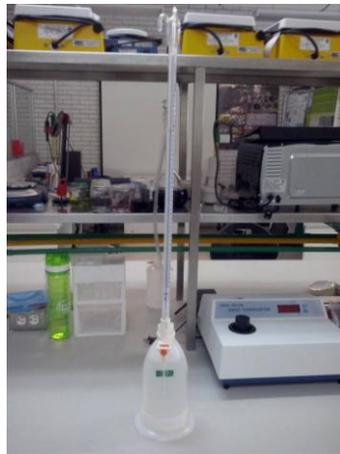


Figura 13. Bureta

d) Textura y firmeza

Para determinar la textura y firmeza del mango se utilizó un texturómetro de Brookfield Engineering Laboratories, Inc., modelo CT3 (Massachusetts, USA) que se muestra en la figura 14, equipado con una celda de carga de 25 kg. Para determinar la firmeza se realizó una prueba de compresión y se empleó una sonda

cilíndrica TA4/1000 de 3 mm de diámetro con el elemento TA-BT-KIT. Para la textura se realizó una prueba de compresión de dos ciclos (TPA) con un cilindro de 20 mm de diámetro.

Para el análisis de perfil de textura se cortaron placas de mango de 2.5 cm de largo por 1 cm de espesor. Se realizó una doble compresión al 50% de deformación (estrés normal) con una velocidad de cabezal de 1 mm/s obteniendo adhesividad y cohesividad.



Figura 14. Texturómetro

2.3.9 Transmitancia

Para medir la transmitancia del líquido de gobierno, se utilizó el método de reflectancia empleando un colorímetro Minolta modelo CR-300 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan), con iluminante D65 y a 10° del observador de la figura 12, obteniéndose las coordenadas de color CIE (Comission International de l'Eclairage) L^* , a^* , b^* [Donde L^* representa la diferencia entre la luminosidad

($L^*=100$) y la oscuridad ($L^*=0$); a^* representa la diferencia entre verde (-100) y rojo (+100); b^* representa la diferencia entre azul (-100) y amarillo (+100), utilizando un ángulo del observador de 2° y un iluminante D65 Luz de día)].

Donde se obtuvo Delta E (ΔE) que indica el grado de diferencia total de color entre dos muestras.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

En donde:

$\Delta L^* = L^*_{\text{referencia}} - L^*_{\text{muestra}}$

$\Delta a^* = a^*_{\text{referencia}} - a^*_{\text{muestra}}$

$\Delta b^* = b^*_{\text{referencia}} - b^*_{\text{muestra}}$

2.3.10 Sólidos totales en el líquido de cobertura

Se determinó el peso drenado al centrifugar una muestra del líquido de gobierno y posteriormente filtrar tomando el peso de los sólidos centrifugados. Posteriormente se anotó sobre el total del volumen inicial.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 COLOR

Ángulo °Hue

En la Figura 15A se muestran los resultados de los valores de °Hue para mango ataulfo rebanado y almacenado en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa, los valores para el primer día de almacenamiento se encontraron entre 77 y 80°Hue que representa la tonalidad amarillo-naranja, todas las formulaciones presentan un comportamiento semejante con valores que se encuentran en un rango de 75 a 82° observando que no hubo influencia significativa en las variaciones de color durante el almacenamiento. La muestra almacenada en Mucilago/CMC-TPGS es la que presenta un comportamiento lineal, con menor variación en °Hue

El parámetro del °Hue varía de 0° (rojo) hasta 90° (amarillo), 180° (verde), 270° (azul) (Barrett, 2011). El mango ataulfo, presenta tonalidades de color que van del verde al amarillo naranja por la presencia de los trans- β -caroteno, trans-violaxanthina y 9-cis-violaxanthina que son los principales carotenoides responsables del cambio de color durante la maduración.

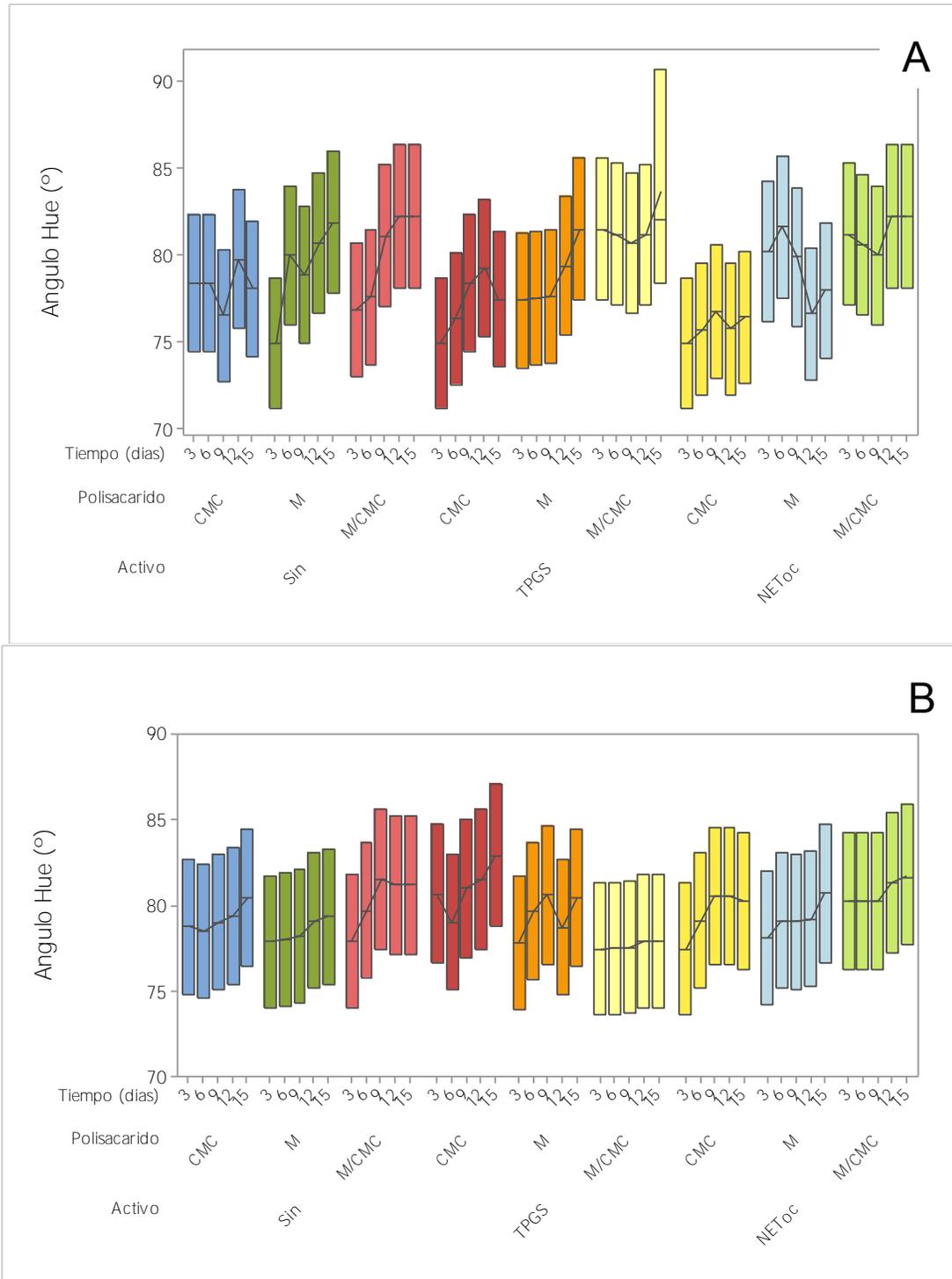


Figura 15. Cambios en °Hue en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

El mango ataulfo rebanado y almacenado en líquido de gobierno edulcorado con estevia cuyos resultados se muestran en la Figura 15B presentan el mismo comportamiento que los edulcorados con sacarosa con valores iniciales que van de 75 a 82°Hue. La formulación con CMC-nanoemulsión de α -tocoferol es la que presenta una menor variación de color

En ambos casos (sacarosa y estevia) los valores registrados se encuentran en un rango que representa la tonalidad amarillo-naranja que caracteriza al mango ataulfo en su estado de maduración. Mediante análisis estadístico se encontró que estos resultados no representan diferencia significativa ($p \geq 0.05$), lo que demuestra que el líquido de gobierno ayuda a mantener las características de color en el mango ataulfo, además, que el tipo de edulcorante utilizado no interfiere con el cambio de color. Estudios realizados por Ornelas-Paza y col, (2008) para mango ataulfo en diferentes etapas de pos cosecha reportan valores que se encuentran entre 81 y 94°Hue.

Croma (C*)

La Figura 16A muestra la evolución de cromaticidad con respecto al tiempo de almacenamiento para el mango ataulfo rebanado y almacenado en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa para diferentes formulaciones. Los resultados muestran valores que van de 50 a 65% siendo las soluciones que tienen las mezclas de mucilago/CMC y mucilago/CMC-TPGS las que presentan mayor variación, aun así los resultados no presentan diferencia significativa

En la Figura 16B se muestra la evolución de cromaticidad para el mango ataulfo rebanado y almacenado en líquido de gobierno edulcorado con estevia, con resultados que van de 50 a 70% las soluciones que contienen mucilago/CMC y mucilago-TPGS y son las que presentan mayor variación al transcurrir los días de almacenamiento.

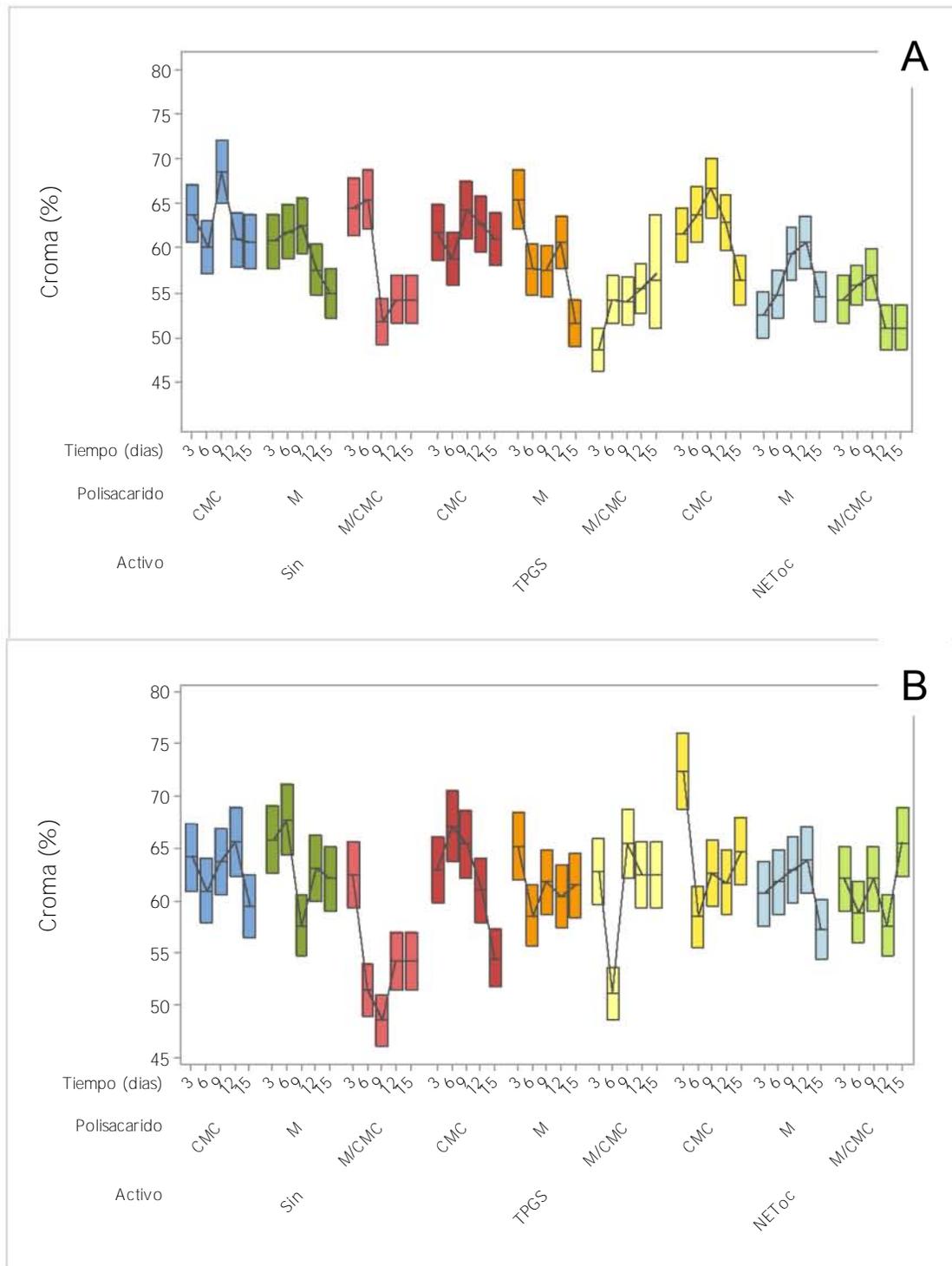


Figura 16. Cambios en croma en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

Para ambos casos los valores de cromaticidad se encuentran en un rango de 50 a 70% lo cual representa una saturación de media a menos brillante. Los valores en cada formulación permanecen sin cambios significativos lo que demuestra que la saturación del color en las rebanadas de mango ataulfo se mantiene durante los días de almacenamiento. Valores reportados en croma se encuentran en rangos de 55.16 a 62.55 en estudios realizados para el mango ataulfo (Rosas, 2009).

Delta E (ΔE)

La Figura 17A muestra los resultados de color ΔE en las rebanadas de mango ataulfo almacenado en el líquido de gobierno y edulcorado con sacarosa, para la formulación de TPGS el promedio de los valores de ΔE en CMC y mezcla mucilago/CMC se encuentra en un rango de 10 a 12, para mucilago el valor es de 6, en el caso de las nanoemulsión de α -tocoferol el promedio de los valores de ΔE en CMC y mezcla mucilago/CMC se encuentra en un rango de 8 a 10 y para mucilago el valor es de 4 por lo que se pudo deducir que la formulación de CMC y la mezcla de mucilago/CMC tanto para TPGS como para nanoemulsión de α tocoferol la diferencia de color no es significativa, mientras que para mucilago en ambos casos es tiende a ser menor

La Figura 17B muestra los resultados de color en las rebanadas de mango ataulfo almacenado el líquido de gobierno y edulcorado con estevia, las formulaciones de CMC, mucilago y la mezcla de ambos en adición de nanoemulsión de α -tocoferol y TPGS no presentan una diferencia de color cuyos promedios se encuentran en un rango de 8 a 10 durante el almacenamiento.

Para ambos casos los promedios de los valores ΔE se encuentran alrededor de 10 por lo que se pudo observar que el tipo de edulcorante no presenta mayor influencia en la variación de color.

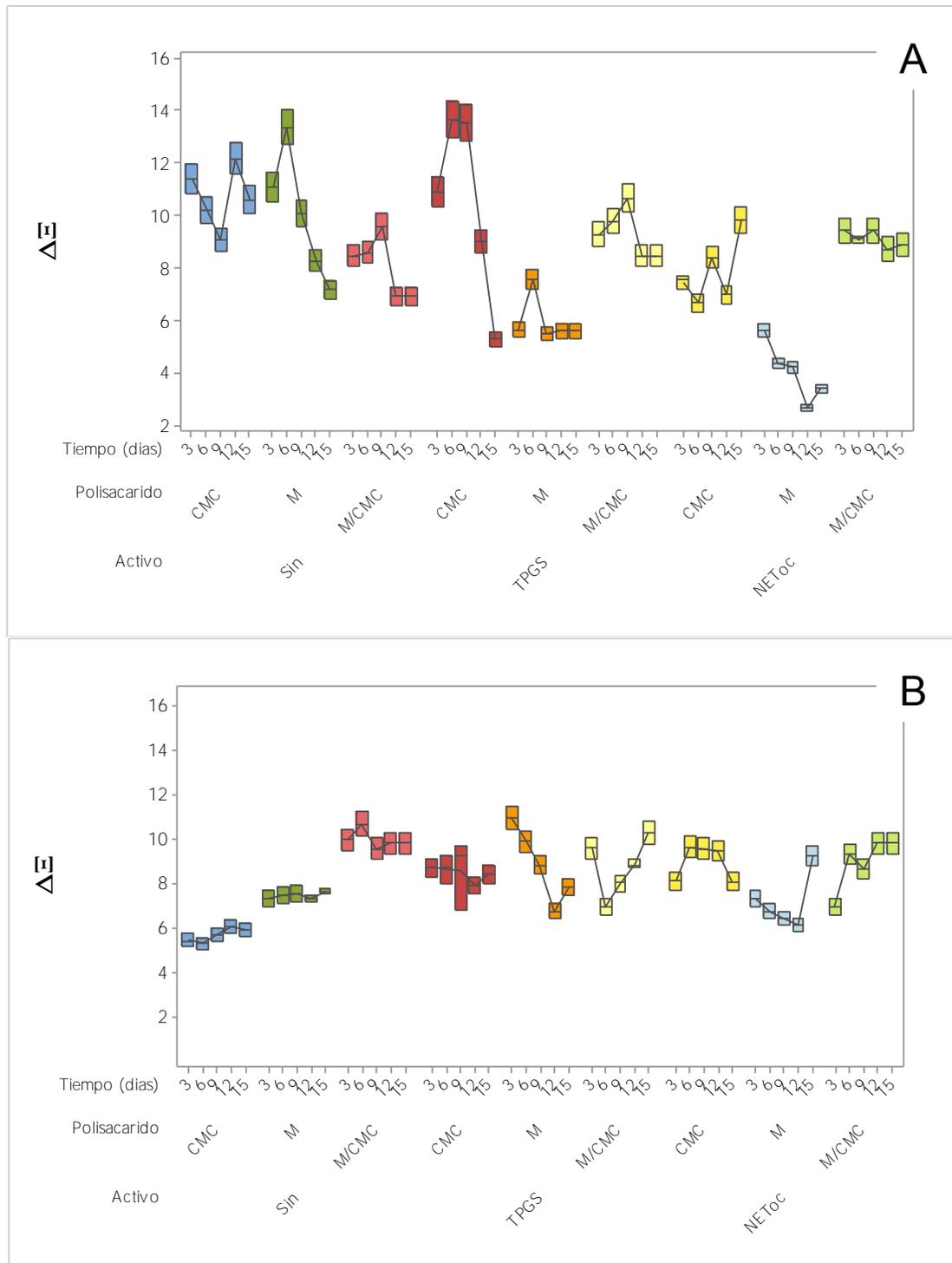


Figura 17. Cambios en ΔE en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

3.2 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

3.2.1 Sólidos solubles

La Figura 18A muestra el comportamiento de los sólidos solubles expresados en función de los °Brix de rebanadas de mango Ataulfo en líquido de gobierno durante el almacenamiento cuando estos fueron edulcorados con sacarosa, observándose que al transcurrir de los días los tratamientos presentan un incremento en el contenido de sólidos solubles, en el caso de las formulaciones que tienen mucilago y mezcla mucilago/CMC tanto para TPGS como para nanoemulsión de α -tocoferol el promedio de los valores se encuentra en un rango de 13 a 14°Brix estos resultados atribuidos al equilibrio del producto con la composición del líquido de gobierno que contenía inicialmente 10% de sacarosa, la variación mostrada no fue estadísticamente significativa ($p \geq 0.05$) respecto al contenido de sacarosa en el producto lo que implica que existió un buen control de la difusión. Las muestras inmersas en dispersión de mucilago al 0.2%, independientemente de la adición de TPGS o nanoemulsión de α -tocoferol mostraron también un equilibrio sin embargo el valor es menor y se encuentra en un rango de 11 a 12°Brix

La Figura 18B se muestra el comportamiento de los sólidos solubles en las rebanadas de mango, almacenadas en líquido de gobierno edulcorado con estevia. Los resultados de sólidos solubles en los diferentes tratamientos registran valores que van de los 7 a los 9°Brix, los tratamientos que contenían CMC-TPGS y mucilago-nanoemulsión de α -tocoferol no presentan diferencia significativa en °Brix durante el almacenamiento con un contenido de entre 7.5 a 7.9 y 8.5 a 8.8°Brix respectivamente. Las muestras inmersas en mucilago, mucilago/CMC, mucilago-TPGS y mucilago/CMC-TPGS presentan una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) del día 3 al 6 para después tener una menor variación, esto debido a que inicialmente el contenido de °Brix en el mango ataulfo era mayor al contenido de °Brix en el líquido de gobierno.

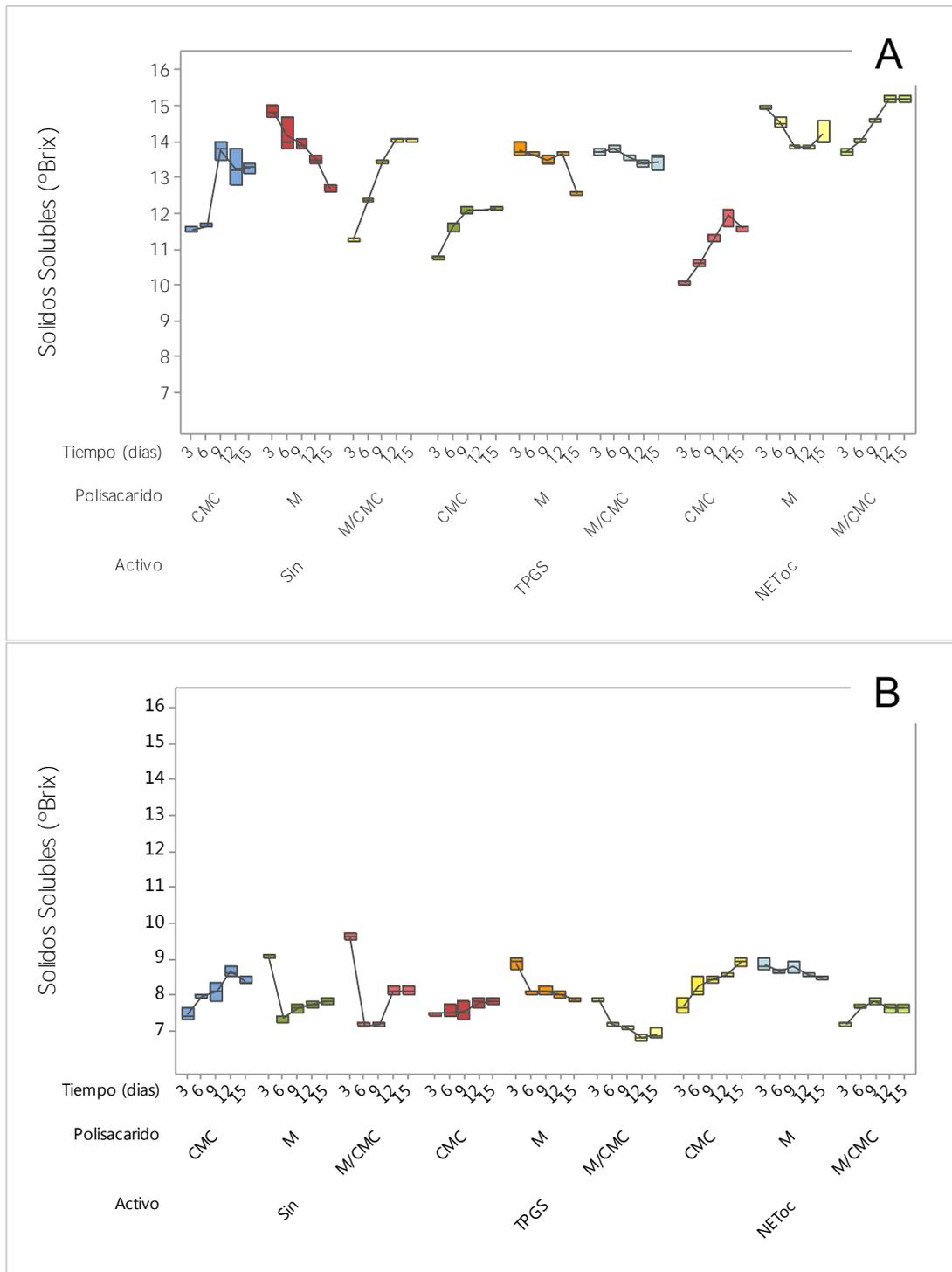


Figura 18. Cambios en °Bx en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

Tanto para las formulaciones edulcoradas con sacarosa como las edulcoradas con estevia no hubo un cambio significativo en °Brix a partir del sexto día, lo cual se atribuye a la estabilidad alcanzada entre las rebanadas de mango con el líquido de gobierno en el cual estaban inmersas. Sin embargo los valores de °Brix en rebanadas de mango edulcoradas con sacarosa se encuentran en promedio de 13-14°Brix y los edulcorados con estevia en un rango de 7 a 9.5°Brix.

Valores de °Brix que se encuentran en rangos de 14 a 21 en estudios realizados para el mango ataulfo fueron reportados por Rosas y col. (2009) pero para el Postharvest technology, (2014) el rango de sólidos solubles para mango ataulfo se encuentra de 7 a 18 °Brix

3.2.2 pH

La Figura 19A muestra el comportamiento en pH de rebanadas de mango Ataulfo en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa. El pH inicial para las rebanadas de mango en los diferentes tratamientos se encuentra en un rango de 3.0 a 3.5 y durante el tiempo de almacenamiento no presentó diferencia significativa, los tratamientos que contenían CMC y CMC-TPGS en el líquido de gobierno fueron los que se mantuvieron casi constantes con un rango de 3.40 a 3.48 y 3.44 a 3.53. El tratamiento con mucilago/CMC- nanoemulsión de α -tocoferol presentó una diferencia significativa con un rango de valores de 3.0 a 3.36.

La Figura 19B muestra el comportamiento del pH de rebanadas de mango Ataulfo en líquido de gobierno edulcorados con estevia, en los resultados se puede observar que las diferentes formulaciones presentan una disminución no significativa, los tratamientos que contenían mucilago, mucilago-TPGS y mucilago- nanoemulsión de α -tocoferol en el líquido de gobierno fueron los que tuvieron la menor variación en pH con un contenido de entre 3.24 a 3.29, 3.24 a

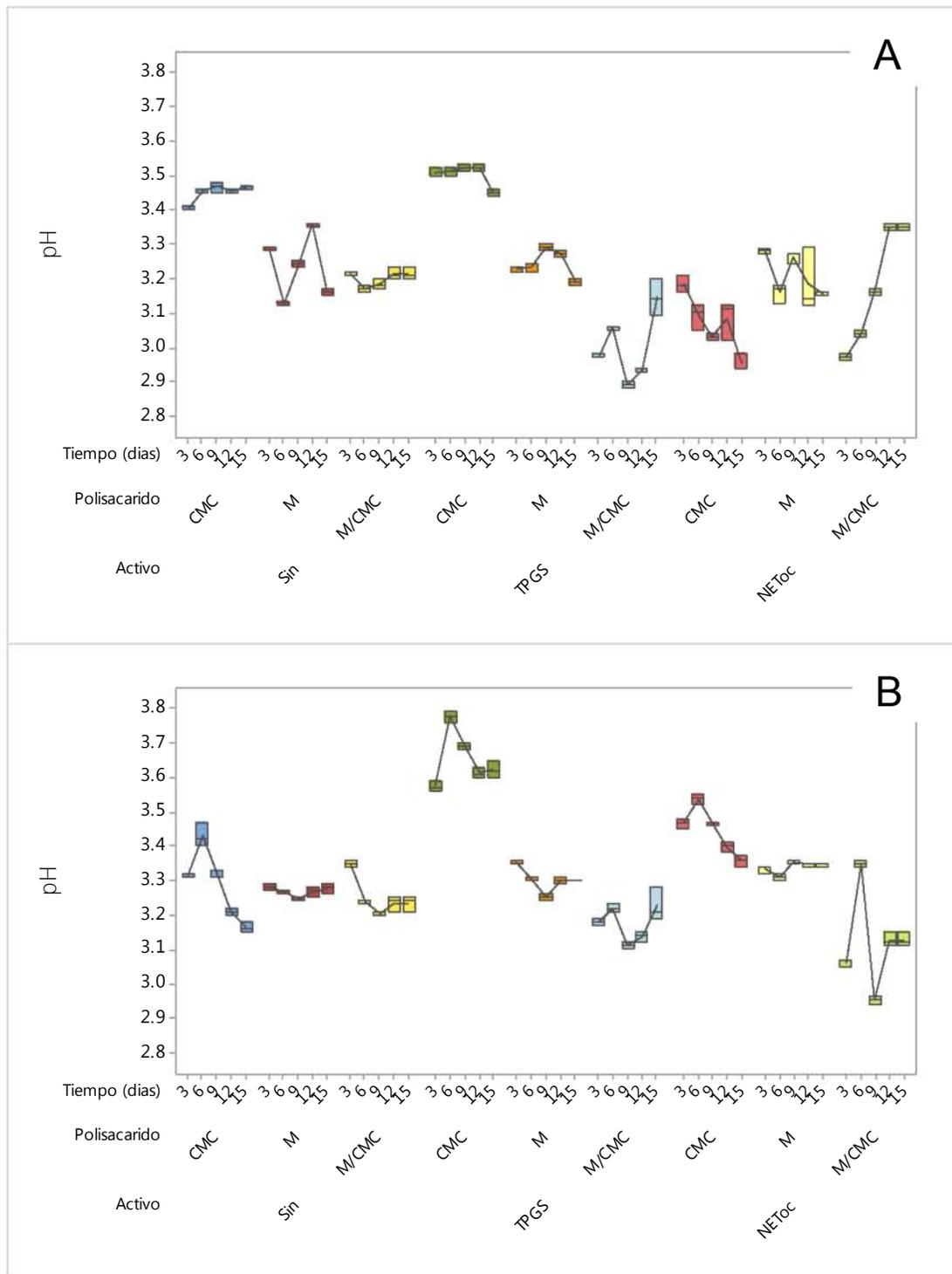


Figura 19. Cambios en pH en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

3.35 y 3.30 a 3.35 respectivamente. Estos comportamientos se vieron atribuidos por un lado al equilibrio del producto con la composición del líquido de gobierno que contenía inicialmente 1% de estevia, la variación mostrada no fue estadísticamente significativa ($p \geq 0.05$). En el proceso de maduración de los frutos climatéricos el pH tiende a aumentar y la acidez a disminuir

3.2.3 Acidez

En la Figura 20A se muestran las variaciones en acidez que presentaron los mangos inmersos en líquido de cobertura edulcorados con sacarosa, observándose que los tratamientos de mucílago/CMC y TPGS en el líquido de gobierno no presentan diferencia significativa con un contenido de entre 0.79 a 0.98% de ácido cítrico, las muestras inmersas en dispersión de Mucílago/CMC al 0.2% y nanoemulsión de α -tocoferol mostraron también un equilibrio, el resto de las soluciones tienden a disminuir.

En la Figura 20B, se muestran los resultados de acidez de mango ataulfo rebanado en líquido de gobierno edulcorado con estevia observándose que todas las formulaciones presentan una disminución no significativa en el porcentaje de acidez. Las formulaciones que contienen CMC-nanoemulsión de α -tocoferol y Mucílago/CMC-TPGS en el líquido de gobierno fueron las que presentaron un comportamiento más uniforme con un contenido de 0.7 a 0.65 y 0.78 a 0.57% expresado en función al contenido de ácido cítrico.

En las formulaciones edulcoradas con sacarosa y estevia, se observa que a partir del día nueve los valores se mantienen casi constantes, lo que permite notar el equilibrio del mango con el líquido de gobierno.

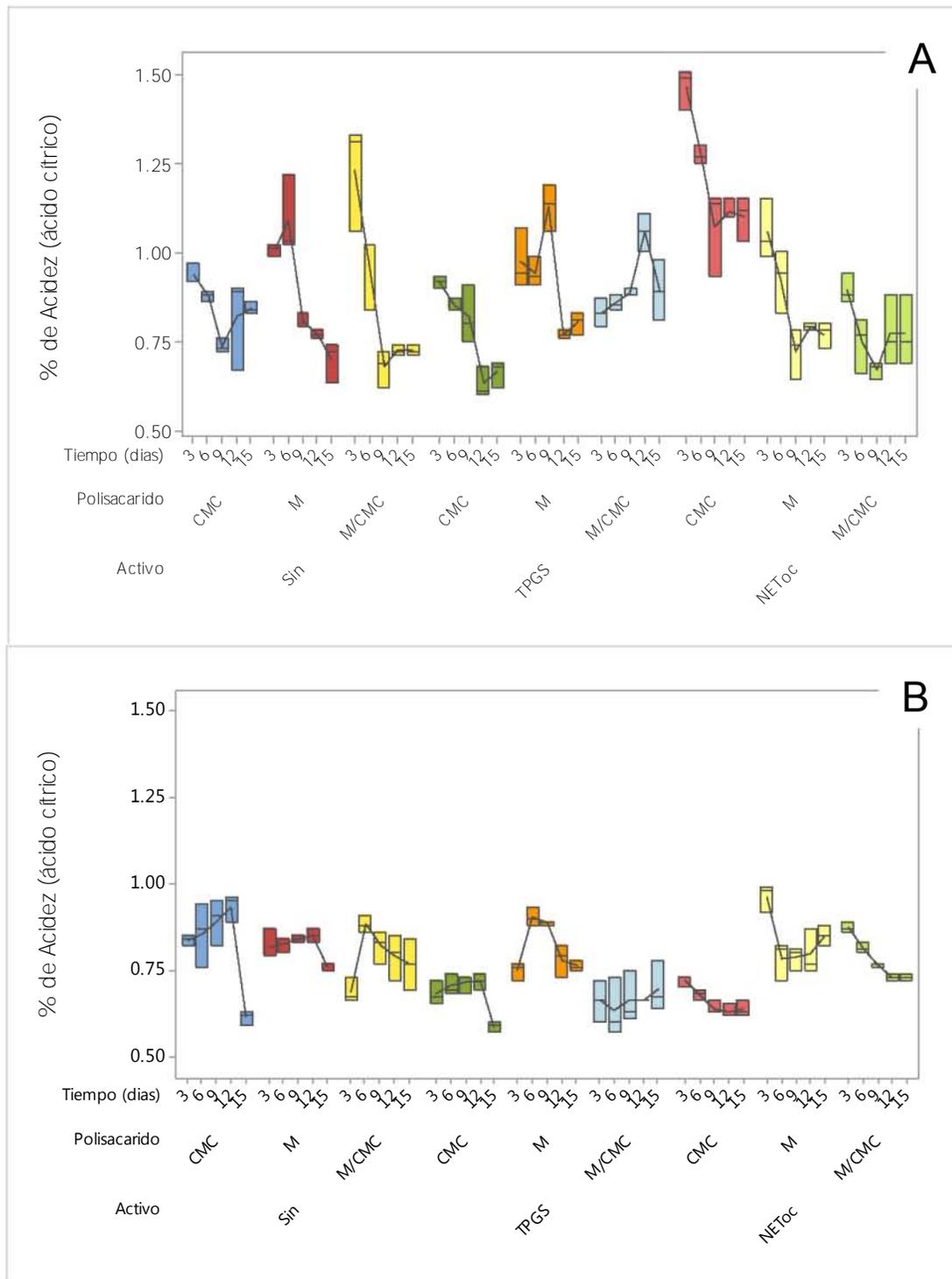


Figura 20. Cambios en acidez en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

3.2.4 Textura y firmeza

En la Figura 21A muestran los cambios de firmeza de mango rebanado en líquido de gobierno y edulcorado con sacarosa durante el almacenamiento, observándose una pérdida de firmeza en todos los tratamientos pero disminuyendo a partir del sexto día, el tratamiento con CMC es el que mostró un mayor cambio en la firmeza durante el almacenamiento con una pérdida del 66% al final del almacenamiento, resaltado que los cambios en firmeza fueron más notorios desde el tercer día de almacenamiento, las muestras tratadas con Mucílago/CMC no mostraron diferencia estadísticamente significativa ($p \geq 0.05$) con respecto a las solo inmersas en el líquido de gobierno que contenía CMC.

En el caso del mango rebanado en líquido de gobierno y edulcorado con estevia que se muestran en la Figura 21B se aprecia mejor la pérdida de firmeza en todos los tratamientos, pero al igual que en los edulcorados con sacarosa se observó un mejor comportamiento en los tratamientos que tienen CMC y mucílago/CMC-TPGS.

Estudios de firmeza en mango fresco cortado de las variedades Ataulfo, Kent y Keitt realizados por González y col. (2008) indican una disminución de firmeza durante el almacenamiento a 5°C ya que estos presentaban una firmeza inicial de 7-8 N para el mango Ataulfo y 5-6 N para el Kent y Keitt, durante los primeros tres días la disminución de firmeza para las variedades Kent y Keitt llegó a 1-3N mientras que en el mango Ataulfo esta disminución fue menor 5-7N, esto debido a la liberación de agua y otros componentes como consecuencia del proceso de corte. Por otro lado, Moalemiyan y col (2012) estudiaron la firmeza en mango Ataulfo al cual aplicaron una película comestible, el resultado inicial para el mango con y sin tratamiento fue de 7-8 N, para el día cuatro el mango sin tratamiento disminuyó a 2-3N mientras que el mango con tratamiento alcanzó el día once de almacenamiento con una firmeza de 3-4 N.

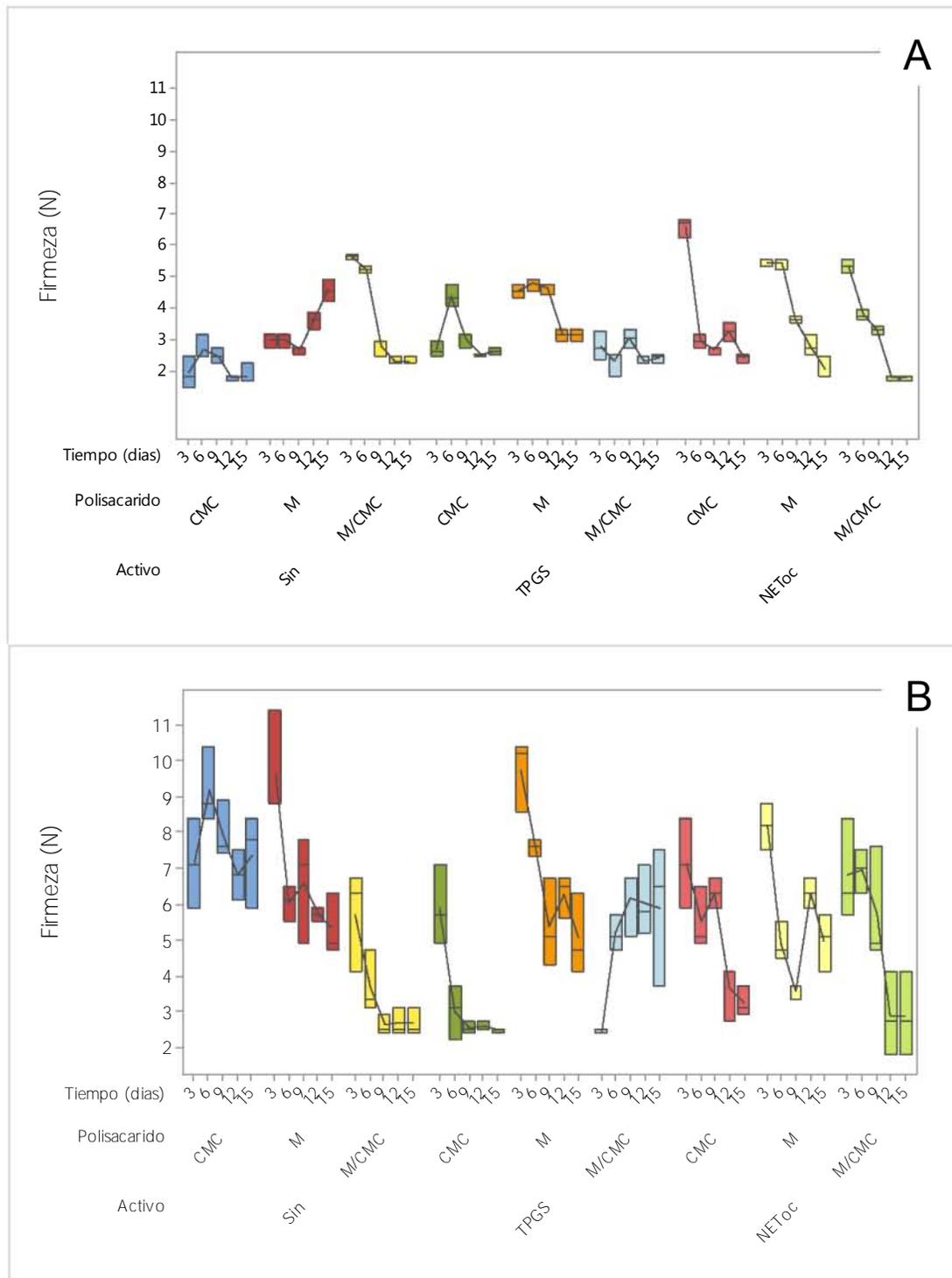


Figura 21. Cambios en firmeza en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos observar que las formulaciones de líquido de gobierno edulcoradas con sacarosa y estevia permiten mantener las propiedades texturales del mango ataulfo ya que a pesar de presentar una disminución de firmeza esta no es significativa.

A medida que el proceso de maduración del mango continúa, se produce la sobre maduración, que conduce en última instancia a la desorganización de los tejidos y descomposición del producto, sin embargo, el pre tratamiento con CaCl_2 1% ayudo a mantener la estructura celular lo que ayudó a que tuvieran mayor firmeza. Además de medir la firmeza también se tomaron en cuenta parámetros como cohesividad y adhesividad.

La Figura 22A muestra la adhesividad, durante el almacenamiento para mango ataulfo sumergido en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa, los resultados muestran diferencia significativas para todas las formulaciones pero se puede observar un comportamiento más lineal en las soluciones con Mucílago-TPGS y Mucílago-nanoemulsión de α -tocoferol, lo que se puede atribuir a la interacción del Mucílago con el mango.

La Figura 22B presenta la adhesividad, durante el almacenamiento para mango ataulfo en líquido de gobierno edulcorado con estevia, los resultados muestran diferencia significativas para la formulación de Mucílago/CMC-TPGS, pero se puede observar un comportamiento más lineal en el resto de las soluciones, lo que se puede atribuir una mejor interacción de los polisacáridos con el mango en presencia de estevia.

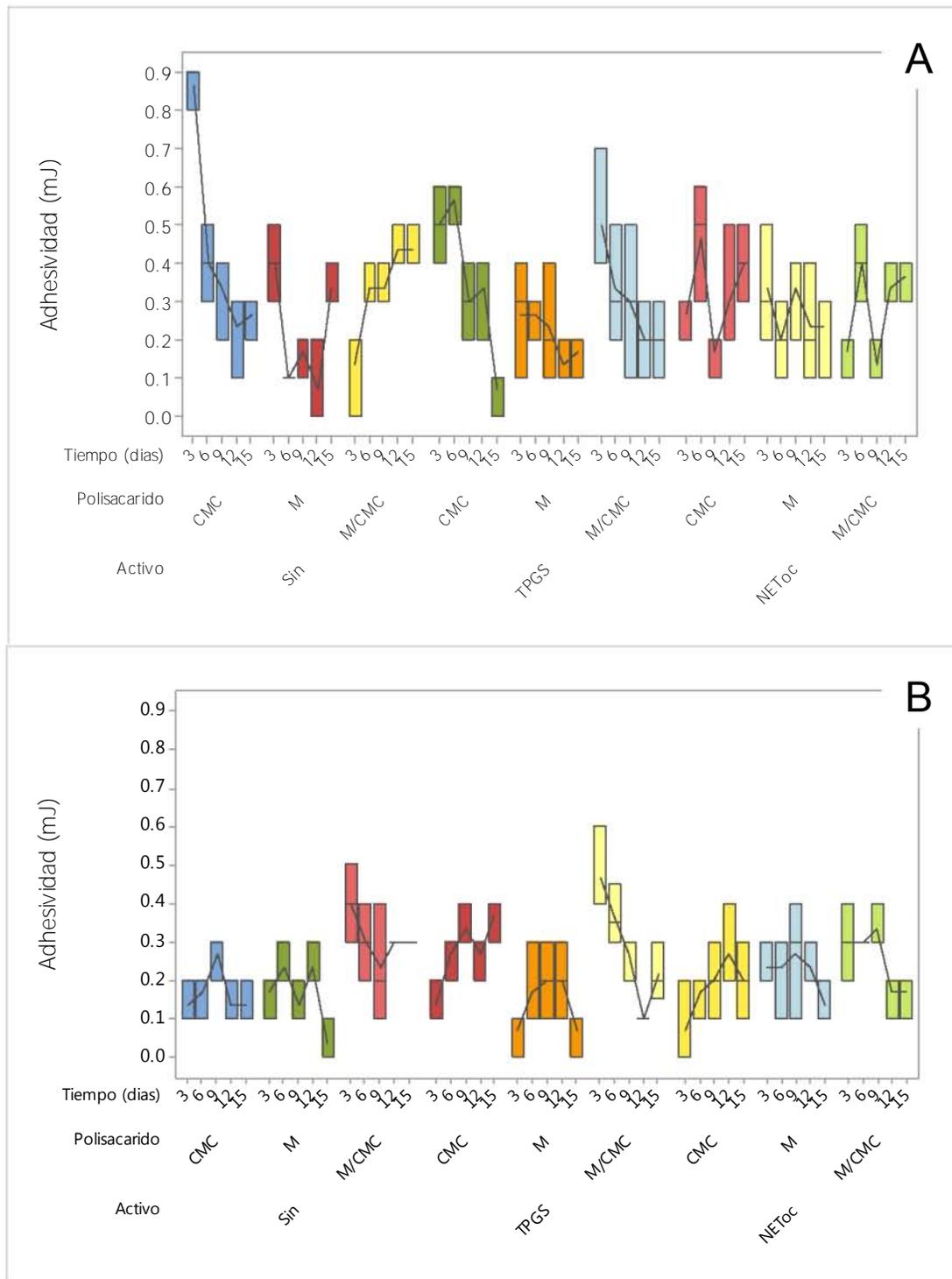


Figura 22. Cambios en adhesividad en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

La Figura 23A muestra la cohesividad durante el almacenamiento para mango Ataulfo en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa. Los resultados muestran que no hubo variación significativa en casi todas las formulaciones, solo en el caso de CMC y M/CMC-TPGS, esto se atribuye a que el líquido de cobertura así como el tratamiento de CaCl₂ dieron a las rebanadas de mango una estabilidad en la estructura, lo que permitió mantenerlas por más tiempo.

La Figura 23B presenta la cohesividad durante el almacenamiento para mango Ataulfo en líquido de gobierno edulcorado con estevia. En la gráfica se aprecia que las formulaciones que contienen CMC-sin, CMC-TPGS y CMC-nanoemulsión de α -tocoferol presentan mayor variación, las demás no tienen diferencia significativa lo que demuestra que el mucilago y la mezcla de mucilago/CMC da una mayor estabilidad en la estructura de las rebanadas de mango.

En ambos casos los resultados de estabilidad se encuentran entre los rangos de 0.1 y 0.2, esta cohesividad se le puede atribuir a que las rebanadas de mango al estar en un líquido de gobierno y con la ayuda de los polisacáridos utilizados mantienen su estructura sin deformarse el producto, siendo menor en las formulaciones con CMC en el caso de estevia.

3.3 TRANSMITANCIA

La Figura 24A muestra los resultados de ΔE en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa, observándose que los valores de ΔE son menores en la formulación que solo contienen mucilago, al adicionar CMC a las soluciones el ΔE aumenta y la transmitancia disminuye, sin embargo, esta se mantiene constante durante los días de almacenamiento.

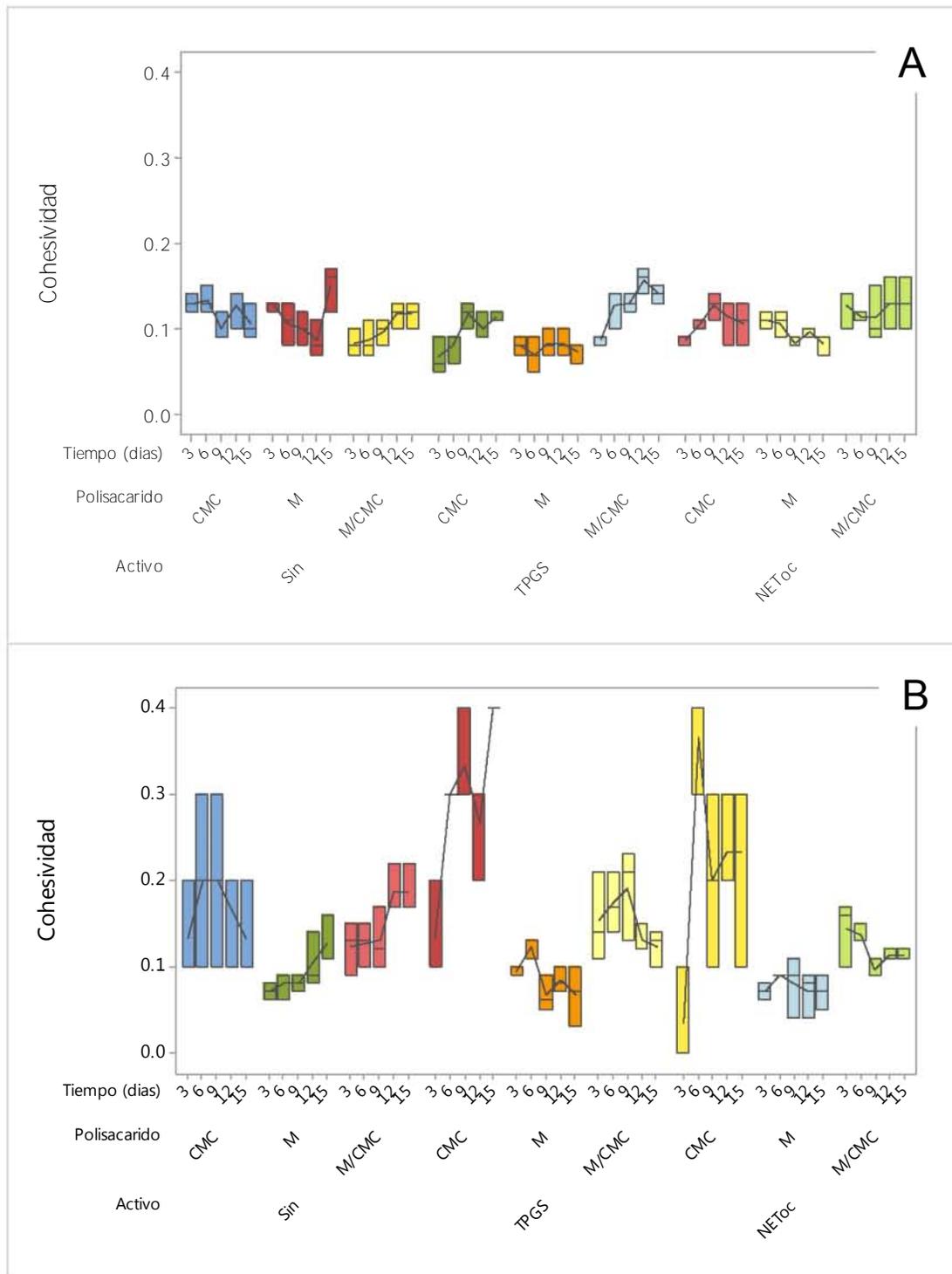


Figura 23. Cambios en cohesividad en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

La Figura 24B muestra los resultados de ΔE en líquido de gobierno edulcorado con estevia, observándose que las soluciones que presentan mayor variación en ΔE son las que contienen mucílago/CMC y mucílago/CMC-TPGS.

La transmitancia en cada una de las formulaciones fue diferente, esto debido a las propiedades de la CMC y el mucílago de nopal y al tipo de edulcorante utilizado; en el caso de las dispersiones que contenían mucílago de nopal, se observa que tiene una mayor transmitancia, por lo que son menos turbias que las que tienen CMC, también se puede observar que las muestras que contenían nanoemulsión de α -tocoferol fueron más turbias a comparación de las que no las contenían, así como las formulaciones edulcoradas con sacarosa presentaban mayor transmitancia que las que tenían estevia., sin embargo esta transmitancia se mantuvo al adicionar las rebanadas de mango por lo que se puede decir que no hubo grandes pérdidas de sólidos por parte del mango hacia el líquido de gobierno durante el periodo de almacenamiento.

3.4 SÓLIDOS TOTALES EN EL LÍQUIDO DE COBERTURA

Los sólidos totales representan el porcentaje de mango suspendido en el líquido de gobierno, la Figura 25A muestra los sólidos totales en líquido de gobierno edulcorado con sacarosa, observándose que la pérdida de sólidos del mango al líquido es mayor en el que contiene CMC (3.61-5.7%) para el resto de las soluciones la pérdida de sólidos es similar y se mantiene constante durante el periodo de almacenamiento, las muestras que tienen la mezcla de mucílago/CMC sin, con nanoemulsión de α -tocoferol y TPGS son las que presentan menor pérdida de sólidos.

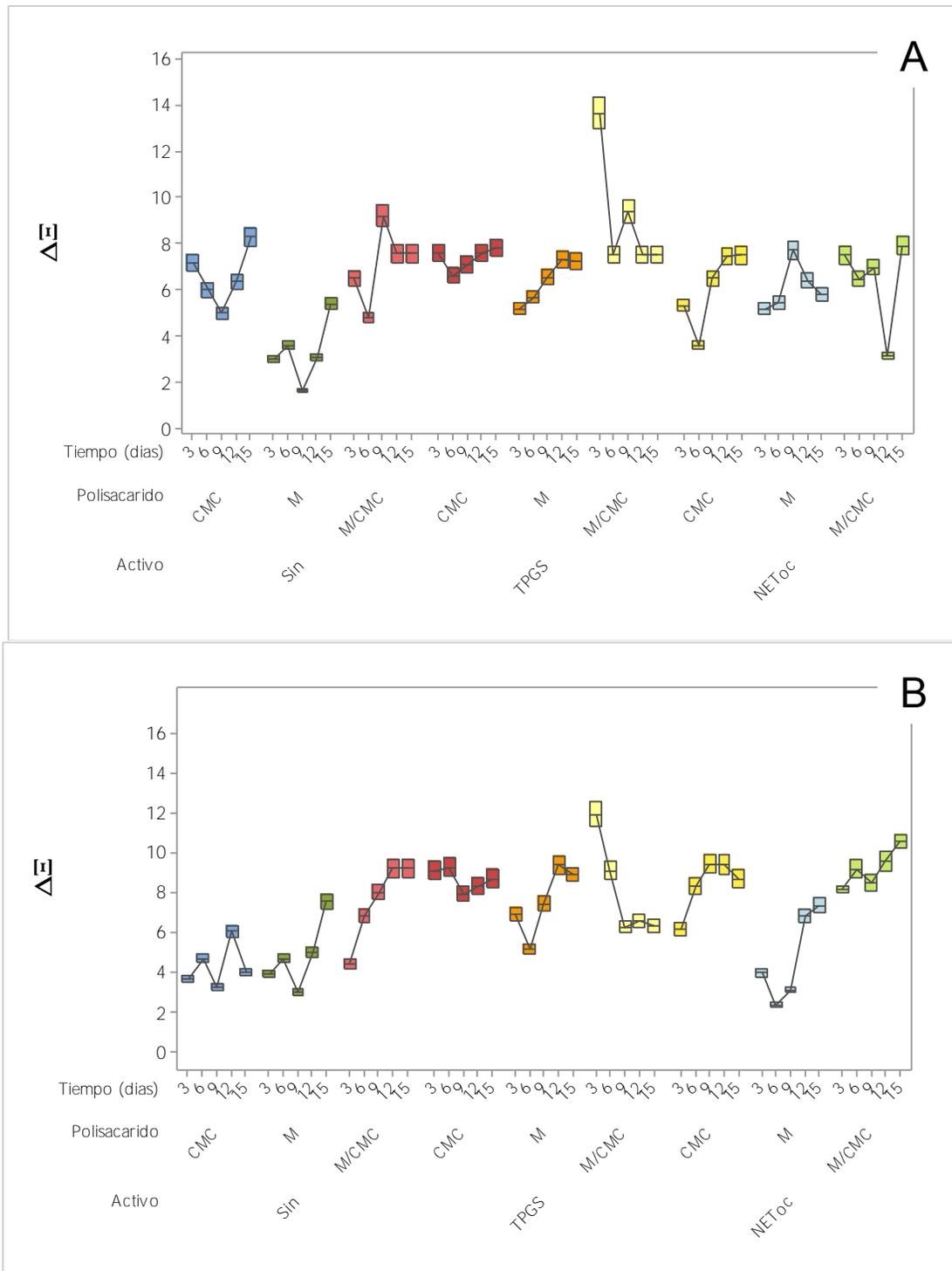


Figura 24. Cambios en ΔE en líquido de gobierno a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

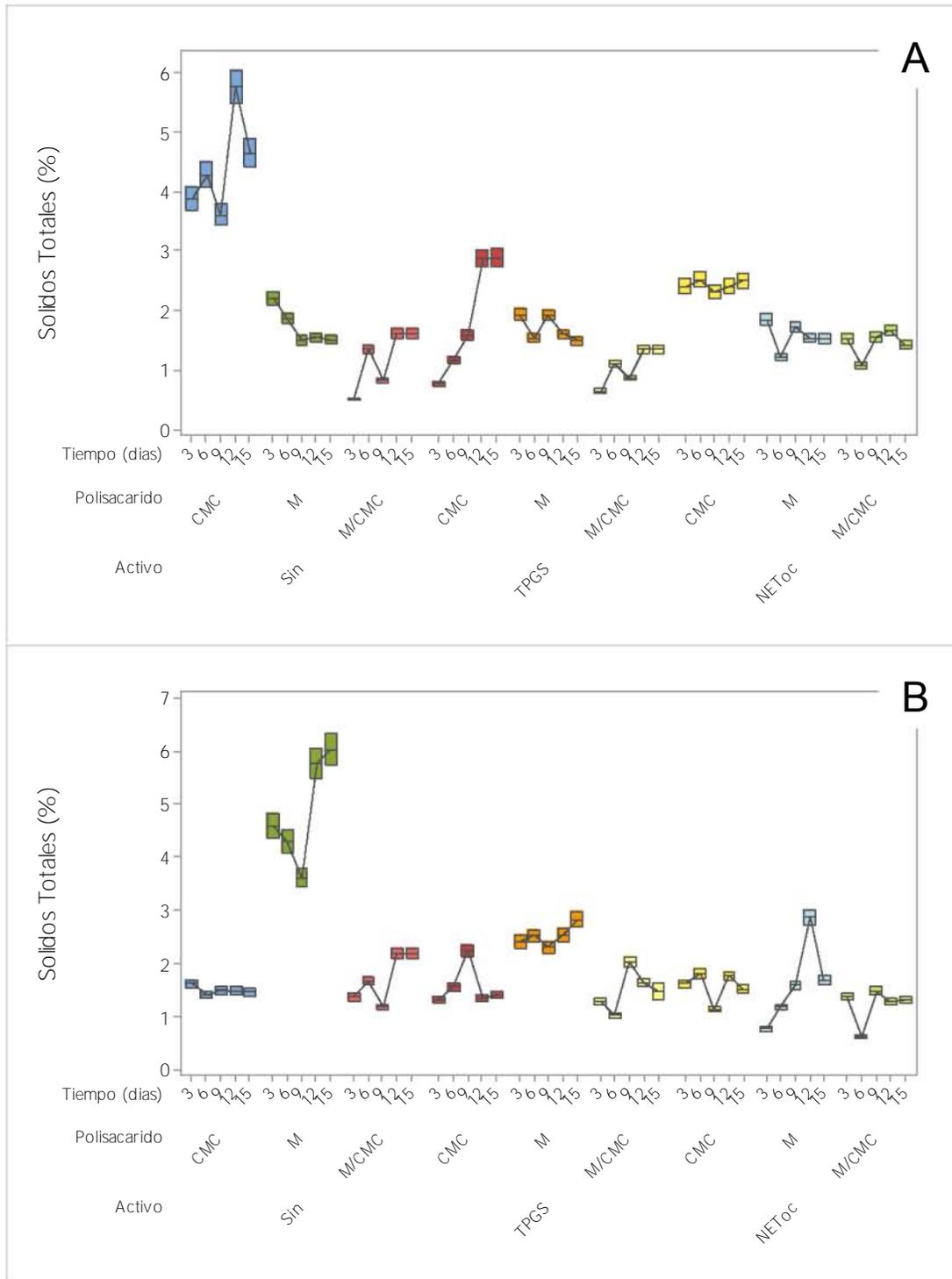


Figura 25. Sólidos totales en mango durante el almacenamiento a 7 °C en función al tratamiento edulcorados con sacarosa (A) y Stevia (B). CMC = carboximetil celulosa, M = mucílago de nopal, M/CMC = mezcla mucílago/carboximetilcelulosa, TPGS = dl- α -tocoferol Polietilenglicol Succinato, NEToc = Nanoemulsión de α -tocoferol.

La Figura 25B muestra los sólidos totales en líquido de gobierno edulcorado con estevia, observándose que al igual que en las soluciones edulcoradas con sacarosa, la pérdida de sólidos del mango al líquido es mayor en el que contiene CMC (5.76-6.02%) para el resto de las soluciones la pérdida de sólidos es similar y se mantiene constante durante el periodo de almacenamiento las muestras que tienen la mezcla de mucílago/CMC solo, mucílago/CMC-nanoemulsión de α -tocoferol y mucílago/CMC-TPGS son las que presentan menor pérdida de sólidos

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en este estudio se demostró que los líquidos de gobierno o líquidos de cobertura son una excelente opción en la conservación de frutos frescos cortados ya que los componentes presentes en el líquido como lo son los polisacáridos, edulcorantes y aditivos permiten un intercambio osmótico con las rebanadas de mango con lo que se llega a un equilibrio en el que se mantienen las características de calidad de producto fresco cortado.

Durante el periodo de almacenamiento se pudo observar que el cambio de color en las rebanadas de mango Ataulfo no presentó diferencia significativa, lo que permitió mantener la calidad visual del producto.

La adición de mucílago en el líquido de gobierno mejoró considerablemente el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas de mango Ataulfo siendo la mejor combinación con el edulcorante estevia y la nanoemulsión de α -tocoferol.

La adición de nanoemulsión de α -tocoferol y dl- α -tocoferol polietilenglicol succinato 1000 (TPGS) permitió mantener la textura con una disminución mínima de firmeza así como una diferencia no significativa en el cambio de color lo cual hace a las rebanadas de mango agradables a la vista y gusto del consumidor.

La adición de polisacáridos y edulcorantes da al líquido de gobierno una ligera turbidez, sin embargo, esta se mantuvo sin cambios significativos durante el período de almacenamiento y aunado a que no presenta una pérdida significativa de sólidos totales demostró ser un buen recurso en la conservación de las rebanadas de mango.

BIBLIOGRAFIA

- Abbas, K., Saleh, A., Mohamed, A., & MohdAzhan, N. (2009). The recent advances in the nanotechnology and its applications in food processing: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environmen.* 7 (3 & 4), 14-17.
- Agriculture Information Bulletin. (2009). Complete guide to home canning. USA.
- Aguilar Chavez. C. (2007). Optimización del proceso de modificación del almidón de maíz ceroso por extrusión y el uso de mezclas de almidones modificados con mucílago de nopal para la encapsulación de aceite esencial de naranja empleando el secado por aspersión. Pachuca de Soto, Hidalgo. Tesis de Licenciatura en Química en Alimentos, Universidad Autonoma de Estado de Hidalgo.
- Almegor, L. (2009). Nanotecnología en la industria alimentaria. *Revista Electronica.* 35-52.
- Ammayappan, L. Jeyakodi Moses J. (2009). Study of antimicrobial activity of Aloe vera, chitosan, and curcumin on cotton, wool, and rabbit hair. *Fiber and Polymers.* 10 (2) 161-166.
- Aquino, Laura V., Rodriguez, Juan, Méndez, Lilia L. & Torres, Kenia F. (2009). Inhibición del oscurecimiento con mucilago de nopal (*Opuntia ficus indica*) en el secado de plátano Roatán. *Información tecnológica.* 20: 15-19.
- Azarakhsh, N., Osman A., Ghazali H., Mohd, Tan, Chin Ping & Adzahan, Noranizan. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology.* 88, 1-7.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los alimentos.* México: Pearson Educación.

- Barat, J. M. Fito. P., Chiralt A. (2001). Modelling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. . Journal of Food Engineering. 49 (2-3), 77-85.
- Barrett, Diane M., Mitcham J. Elizabeth (2011). Efecto de las características de la fruta y del tratamiento postcosecha sobre la calidad de la textura del mango fresco cortado. California.
- Barros, S. Carlos. (2008). Los aditivos en la alimentación de los españoles y la legislación que regula su autorización y uso. Editorial Visión Libros.
- Benítez, S., Soro, L., Achaerandio, I., Sepulcre, F., & Pujolá, M. (2014). Combined effect of a low permeable film and edible. Journal of Food Process Engineering. 37, 91-99.
- Benyon, Sarah, Oazneale R. Jason. (2003). Lo esencial en metabolismo y nutrición. 2a Edición. España: Elsevier.
- Bettaieb, S. S. (2015). Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur Stevia rebaudiana Bert. Matière médicale, 1-6.
- Bianchi, M. M. (2005). Transferencia de masa en deshidratación osmótica de frutas. Determinación experimental y simulación. Tecnologías para la Industria Alimentaria. 1-11
- Brennan, M., Le Port, G., & Gormley, R. (2000). Post-harvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie/FST. 33 (4), 283-289.
- Brezmes, L. Lecha, J. (2001). Diseño de una nariz electrónica para la determinación no destructiva del grado de maduración de la fruta. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Briceño, S. Y. (2005). Calidad de los frutos de mango 'Bôcado'. Agronomía Tropical. 55,461-473.

- CAC/GL51-2003. Directrices del Codex sobre los Líquidos de Cobertura para las Frutas en Conserva.
- Cerrato, I. (2013). Estudio de mercado para la comercialización de piña MD2. Secretaria de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario .
- Chellaram, C., Murugaboopathi, G., John, A. A., Sivakumar, R., Ganesan, S., Krithika, S., et al. (2014). Significance of Nanotechnology in Food Industry. APCBEE Procedia. 8, 109-113.
- Cisneros, A. M. (2012). Efecto de la aplicación de recubrimientos de nanoemulsión-mucílago de nopal sobre la actividad enzimática de manzana fresca cortada. Tesis de licenciatura. Ingeniería en alimentos. FES Cuautitlan. UNAM. México.
- Civille, G. & Szczesnia, A. (1976). Guidelines to training a texture profile panel. Journal of texture Studies. 4, 204-223.
- CODEX STAN 247-2005. (2005). Norma general del CODEX para zumos (jugos) y néctares de frutas. México.
- CODEX STAN 78-1981. (1981). Norma del codex para coctel de frutas en conserva. México.
- CONASPROMANGO. (2012). Comité Nacional Sistema Producto Mango. Retrieved Octubre 29, 2014, from <http://mangomexicano.com.mx/consumidores/recetas/tenes-una-receta-con-mango/>
- Contreras-Padilla, M, Pérez-Torreon E, Hernández-Urbiola M, Hernández-Quevedo G, (2011). Evaluation of oxalates and calcium in nopal pads (*Opuntia ficus-indica* var *redonda*) at different maturity stages. Journal Food Compos Anal. 24: 38-43.

- Cortez-Vega, W. R., Pizato, S., Andreghetto de Souza, J., & Prentice, C. (2014). Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut 'Formosa' papaya. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 22, 197-202.
- Crispín, I. G., Lobato C., C., Espinoza A., H., Alvarez R., J., and Vernon C.r, E. (2014). Effect of inulin and agave fructans addition on the rheological, microstructural and sensory properties or reduced-fat stirred yogurt. *LWT-Food Science and Technology*. 30, 1-7.
- Crittenden, R., Playne, M. (1996). Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. *Trends Food Science Technology*. 7, 353-361.
- Cubero, N. Monferrer A, V. J. (2002). *Aditivos alimentarios*. Mundi prensa-libros .
- Deaa, S. B. (2010). Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot water or non-hot water-treated fruit. *Postharvest Biology and Technology* , 56, 171-180.
- Deaa, S., Brecht, J. K., Nunes M., C. N., & Baldwin, E. A. (2010). Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot water or non-hot water-treated fruit. *Postharvest Biology and Technology* , 56, 171-180.
- Díaz Medina E. M., Rodríguez Rodríguez E. M. (2007). Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits. *Food Chemistry* , 103: 38-43.
- Díaz, R. J. (2004). *Descubre los frutos exóticos*. Madrid, España: Ediciones Norma.
- Esquena, J. G. (2001). Formation and Stability of nanoemulsions in mixed nonionic surfactant systems. *Program Colloid. Polym. Sci.* , 118: 184-189.
- FAO & OMS. (2008). *Directrices del codex sobre los líquidos de cobertura para las frutas en conserva*. Washington E.U.:

- ftp://ftp.fao.org/Codex/knovel/updated%202013/CXG_051s.pdf. Consultado el 3 de Octubre del 2014
- FAO, & OMS. (2008). Directrices del Codex sobre los Líquidos de Cobertura para las Frutas en Conserva. Washington, E.U.
- Franck, A. (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition* , 87, 287-291.
- Galindo, P. M. (2015). The Effects of Tocopherol Nanocapsules/Xanthan Gum Coating on the Preservation of Fresh-Cut Apples: Evaluation of Phenol Metabolism. *Food Bioprocess Technol.*
- Garrett, E. H. (1999). Fresh-cut produce. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Aspen Publishers. Maryland. 264 pp
- Gil, A. (2010). Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los alimentos (2 ed.). Madrid, España: Medica Paramericana.
- Giraldo, G. A. (2005). Deshidratación osmótica de mango (*mangifera indica*). Aplicación al escarchado. *Ingeniería y competitividad*. 7, 44-55.
- González, A. G. (2008). Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5°C. *International Journal of Food Science and Technology*. 43 (1), 91-101.
- González, O. M. (2011). Efecto de películas comestibles formuladas base de alginato y gellan en la vida útil del mango cortado listo para consumir. Tesis de licenciatura. Ingeniería en alimentos. FES Cuautitlan. UNAM. México.
- Hleap, J. I. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 2, 46-56.

- Infante, F. J. (2011). Mango Ataulfo: Orgullo chiapaneco. CONABIO Biodiversitas. 96, 1-4.
- INIAP. (2004). Textura de alimentos. Quito, Ecuador: Artes e impresos IMPREFEPP.
- Inkanat. (2013). Consultado el 12 de septiembre 2015, from Inkanat: <http://www.inkanat.com/es/infosalud/stevia-steviosido.html>
- Keqian H. X. (2013). Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. *Scientia Horticulturae*. 151, 68-74.
- Konopacka, D., Plochanski, W. (2004). Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*. 32 (2), 205-211.
- Lan, C., Umezuruike Linus , O. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed-A review. *Journal of Food Engineering*. 119, 497-507.
- Lanciotti, R., Gianotti, A., Patrignani, F., Belletti, N., Guerzoni, M., & Gardini, F. (2004). Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits. *Trends in Food Science & Technology*. 15 (3 & 4), 201-108.
- Lenart, A., Greda, K., & Ciurzynska, A. (2014). Effect of pre-treatment conditions on content and activity of water. *Food Science and Technology*. 59, 1075e1081.
- Liu, H. R. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *American Journal of Clinical Nutrition*. 78, 517-520.
- López, C. A. (2003). Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. INTA E.E.A. Balcarce: Balcarce, Argentina.

- Madrigal L., S. E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57.
- Majdoub, H. R. (2001). Prickly pear nopals pectin from *Opuntia ficus-indica* physico-chemical study in dilute and semi-dilute solutions. *Carbohydrate Polymers*. 46, 69-79.
- Mango, (2008). Mango fresco cortado resumen ejecutivo. http://www.mango.org/sites/default/files/download/mango_fresco_cortado_rr_esume_ejecutivo.pdf. Consultado el 18 de Septiembre del 2014.
- Marrero, A., Kader, A. (2006). Optimal temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh-cut pineapples. *Postharvest Biology and Technology*. 39, 163-168.
- Medina T. L., Brito F. E., Torrestiana S., B., and Katthain, R. (2000). Rheological properties of the micilage gum (*Opuntia ficus indica*). *Food Hydrocolloids*. 14, 417-424.
- Meza, J. V. (2007). Inhibición del oscurecimiento enzimático y cambios texturales en manzana golden delicious tratada con jugo de piña. *Chapingo Serie Zonas Aridas*. 6, 1-7.
- Moalemiyan, M. R. (2012). Pectin-based edible coating for shelflife extension of atauflo mango. *Journal of Food Process Engineering*. 35(4), 572-600.
- Montero Calderon, M., Rojas Graüb, M. A., & Martín Bellosob, O. (2008). Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology*. 50, 182-189.
- Montiel R., M. d. (2009). Mejora de la calidad de piña mínimamente procesada con tratamientos por irradiación UV-C. Tesis de licenciatura. Ingeniería en alimentos. FES Cuautitlan. UNAM. México.

- Mostafa, T. M. (2014). Production and evaluation of partially air dehydrated and edible coated mango slices. Food Technology Research Institute. 92(2),729-747.
- Muñoz, C. F. (2014). Efecto de la cocción y de la concentración de ají amarillo en el líquido de gobierno sobre las características sensoriales en conservas de recortes de filetes de trucha (*oncorhynchus mykiss*) ensalsa tipo escabeche. Trujillo – Perú: Ingeniera en Industrias Alimentarias.
- Murillo, G. M. (1993). Ficha tecnica de industrializacion de frutas en conserva.
- Nadya, H., Zainal, S., Nadzirah, K., Siti Roha, A., Atikah, O., and Tengku, E. (2012). Physicochemical Properties Analysis of Three Indexes Pineapple (*Ananas Comosus*) Peel Extract Variety N36. APCBEE Procedia. 4, 115-121.
- NMX-FF-058-SCFI. (2006). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca. Mango (*Mangifera indica L.*). Mexico.
- Ornelas, P. J. (2008). Changes in external and internal color during postharvest ripening of 'Manila' and 'Ataulfo' mango fruit and relationship with carotenoid content determined by liquid chromatography–APCI+–time-of-flight mass spectrometry. Postharvest Biology and Technology. 145-152.
- Oussalah, M., Caillet, S., Salmieri, S., Saucier, L., and Lacroix, M. (2004). Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52 (18), 5598-5605.
- Pérez-Barraza M.H, Osuna-García J. A., Sanchez-Lucio Roberto, Vazquez-Valdivia V. (2011). El paclobutrazol como promotor de la floracion en mango "manila", aun sin condiciones ambientales inductivas. . Chapingo. Serie Horticultura.17 47-52.

- Perez-Cabrera L. E. (2003). Aplicación de métodos combinados para el control y desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) minimamente procesada.
- Plotto, A., Narciso, J. A., Rattanapanone, N., & Baldwin, E. A. (2010). Surface treatments and coatings to maintain fresh-cut mango quality in storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90 (13), 2333-2341.
- Postharvest Technology. (2014). Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha.
http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Mango_702. Consultado el 3 de Octubre del 2014
- Quintanar G. D., Alléman, E., Doelke , E., and Fessi H. (1998). Preparation and characterization of nanocapsules from performed polymers by a new process based on emulsification-diffusion technique. *Pharmaceutical Research*. 15 (7), 1056-1062.
- Rab, A., Sajid, M., Khan, N., Nawab, K., Arif, M., & Khattak, M. (2012). Influence of storage temperature on fungal prevalence and quality of citrus fruit (cv. blood red). *Pakistan Journal of Botany*. 44, 831-836.
- Rajamalar C., G., Chandrika, M., & Chellaram, C. (2011). Chemical Synthesis and Structural Elucidation of Novel Compounds-Schiff Bases. *CiiT International Journal of Biometrics and Bioinformatics*. 3 (10), 468-472.
- Rangel, M., M., López M. A. (2012). Cambios en frutas tropicales frescas, cortadas y empacadas en atmósfera modificada durante su almacenamiento en refrigeración. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 6 (2), 94-109.
- Robles-Sanchez R. M. Rosas-Grau M. A., Odriozola-Serrano I., González G Martin-Belloso O. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut K. *Food Science and Technology*. 240-246.

- Rodríguez Saucedo, E. (2011). Natural antimicrobial agent use in the preservation of fruits and vegetables. *Ra Ximhai*. 7 (1), 153-170.
- Rojas G..M. A. (2006). Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. Lleida: Universitat de Lleida.
- Rojas G. M., Soliva F.R., and Martín B. O. (2009). Edible coating to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 20, 438-447.
- Rojas, M., Gerschenson, L. (2001). Ascorbic acid destruction in aqueous model systems an additional discussion. *Journal Scientific Food Agriculture*. 81, 1433-1439.
- Rosas, M. M. (2009). Caracterización y obtención de isothermas de sorción de mango Ataulfo (*Magnífera indica* L.). Simposio de Tecnología Avanzada. 43.
- Ruiz, H. F. (2009). Aplicación de películas comestibles a base de quitosán y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración. Tesis licenciatura. Universidad de Puebla:.
- Sáenz C., S. E. (2004). *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*. 57, 275-290.
- SAGARPA. (2013). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado Septiembre 3, 2014, from <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- SAGARPA. (2009). Identificación de las necesidades logísticas para la comercialización del sistema producto Mango en la región noroeste. México:
http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/Mangos.pdf. Consultado 29 de agosto 2014

- Salinas-Hernández, R., González Aguilar, G., Pirovani, M., & Ullín-Montejo, F. (2007). Modelling deterioration of fresh-cut vegetables. *www.ujat.mx/publicaciones/uciencia*. 23 (2), 183-196.
- Saper, G., Miller, R. (1998). Browning inhibition in fresh-cut pears. *Journal of Food Science*. 63: 342-346.
- Scherz, F. S. (1999). El Pequeño Souci-Fachmann-Kraut : tablas de composición de alimentos / comp.: Friedrich Senser y Heimo Scherz. Zaragoza : Acribia.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E., and Aceituno, C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of Arid Environments*. 68, 534-545.
- Serra, M. (2006). *Nutrición y salud pública: Métodos, bases científicas y aplicaciones*, 2a edición. España: Elsevier.
- SIAP. (2014). Base de datos de la producción agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Retrieved Octubre 1, 2014, from <http://www.siap.gob.mx>
- Siddiq, M., Sogi, D. S., & Dolan, K. D. (2013). Antioxidant properties, total phenolics, and quality of fresh-cut 'Tommy Atkins' mangoes as affected by different pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 53(1), 156-162.
- Siller C. J. M. (2009). Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Rev. Fitotec. Mex.*, 32(1) 45-52.
- Silveira A. C., A. E. (2013). Shelf-life and quality attributes in fresh-cut Galia melon combined with fruit juices. *Food Science and Technology*. 50, 343-348.
- Sozer, N., Kokini, J. (2009). Nanotechnology and its applications in the food sector. *Trends in Biotechnology*. 27 (2), 82-89.
- Tecnalia, A. (2010). Aditivos y antioxidantes. *Mundo Alimentario*. 7-10.

- Torres, A.-R. J. (2009). Inhibición del oscurecimiento con mucilago de nopal (*Opuntia ficus indica*) en el secado de plátano Roatán. *Información Tecnológica*. 20: 15-19.
- Urraca, V. E. (2011). Efecto de la actividad de agua y del pH sobre la vida útil de la pulpa de tumbo (*Passiflora quadrangularis*). *Pueblo Continental. Revista oficial de la universidad privada Antenor Orrego*. 141-150.
- Vásquez-Valdivia, V. P.-B.-G.-L. (2009). Manejo integral de huertos de mango "Ataulfo" con altas densidades de plantación. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15(2)155-160.
- Weiss J., T. P. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Science*. 71: 107-115.
- Weiss, M. C. Takhistov P. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Science*. 71: 107-115.
- Weiss, J., Takhistov, P., and McClements, D. (2006). Functional materials in food nanotechnology. *Journal of Food Science*. 71, 107-116.
- Wiley R., 1997. *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. 362 pp. Editorial Acribia S.A., España.
- Wills, R. M. (1989). *An introduction to the psychology and handling of fruits and vegetables*. USA: New South Wales.
- Yahia, E. M. (2011). *Mango (Mangifera indica L.)*. Autonomous University of Queretaro, Mexico: Woodhead Publishing Limited.
- Yui, H. (2006). *Handbook of food science, technology, and engineering*. USA: CRC Press.
- Zambrano-Zaragoza, M. L., Mercado-Silva, E., Del Real L, A., Gutiérrez-Cortez, E., Cornejo-Villegas, M. A., & Quintanar-Guerrero, D. (2013). The effect of nano-coatings with α -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and

browning index of fresh-cut “Red Delicious” apples. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 22, 188-196.

Zambrano, Z. M., Mercado S. E., Gutiérrez C. E., Castaño T. E., and Quintanar G. D. (2011). Optimizacion of nanocapsules preparation by the emulsion-diffusion method for food applications. *LWT-Food Science and Technology*. 44 (6), 1362-1368.

Zhong, Q., Tian, H., and Zivanovic, S. (2009). Encapsulation of fish oil in solid zein particles by liquid–liquid dispersion. *Journal of Food Processing and Preservation*. 33, 255-270.