



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN  
Y SERVICIO EN FITOTECNIA**

**POSGRADO EN HORTICULTURA**

**INMERSIONES DE CALCIO EN TUNA MÍNIMAMENTE  
PROCESADA**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

**PRESENTA:**

**MARÍA DOLORES RAMÍREZ VILLA**

Chapingo, México, mayo de 2012

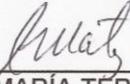


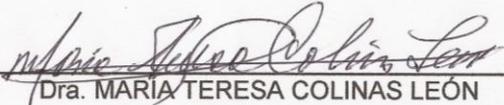
## INMERSIONES DE CALCIO EN TUNA MÍNIMAMENTE PROCESADA

Tesis realizada por **María Dolores Ramírez Villa** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

### MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:   
Dra. SWEETIA PAULINA RAMÍREZ RAMÍREZ

ASESOR:   
Dra. MARÍA TERESA MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR:   
Dra. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo, particularmente al Departamento de Fitotecnia por brindarme la oportunidad de continuar mis estudios de posgrado y obtener un logro más tanto en mi vida personal como profesional.

A la Dra. Sweetia P. Ramírez Ramírez, por las horas de trabajo invertidas, por sus atinados consejos y sugerencias, por la confianza brindada y por dirigir y aportar conocimientos a esta investigación.

A la Dra. María Teresa Martínez Damián, por el tiempo dedicado y apoyo brindado.

A la Dra. María Teresa Colinas León, por los conocimientos impartidos en clase, por su humildad y disposición, por su apoyo y sugerencias en esta investigación.

A la Sra. Norma por su apoyo en el laboratorio, a la Sra. Graciela Jobita Rosas Botello por su apoyo y consejos brindados.

A todos los profesores, por los conocimientos impartidos que contribuyeron a mi vida académica.

## DEDICATORIA

*A mis padres, Ma. Guadalupe Villa Armeida y Florencio Ramírez Águila por su apoyo, confianza y entereza.*

*A mi hija, Frida Guadalupe Romero Ramírez, por ser mi fuente de inspiración.*

*A mis hermanos, Jesús Ramírez Villa, María Guadalupe Ramírez Villa y Leticia Ramírez Villa, por su apoyo, cariño y momentos compartidos.*

*Y a todos que de manera directa o indirecta coadyuvaron a la realización de este investigación.*

***Muchas gracias,  
María Dolores Ramírez Villa***

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

María Dolores Ramírez Villa es originaria de la población de San Joaquín municipio de Atotonilco el Alto, Jalisco. Nació el 30 de julio de 1986, sus estudios de educación básica los cursó en la misma comunidad en la Escuela Primaria “Prisciliano Sánchez” y la Secundaria Técnica No. 35.

A los 14 años ingreso a Chapingo, Estado de México para cursar sus estudios medio superior y posteriormente los estudios superiores en la Universidad Autónoma Chapingo. Formó parte de la generación 2001-2008. Egresó de Ingeniería Agroindustrial.

En el año 2010 ingresó al posgrado en Horticultura, en el Departamento de Enseñanza e Investigación en Fitotecnia en el Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo. Finalmente culminó la investigación en 2012 para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Horticultura.

# INMERSIONES DE CALCIO EN TUNA MÍNIMAMENTE PROCESADA CALCIUM IMMERSIONS IN MINIMALLY PROCESSED PEAR PRICKLY

María Dolores Ramírez Villa<sup>1</sup> y Sweetia P. Ramírez Ramírez<sup>2</sup>

## RESUMEN

La actualidad la aparición de productos frescos, con características semejantes a los naturales y listos para consumir denominados productos mínimamente procesados o de IV gama han tenido un gran impacto económico, de salud pública y comodidad para los consumidores, ahí la importancia de una ingesta rica en productos frescos y naturales, como consecuencia a lo anterior se tiene la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de manejo poscosecha para los productos mínimamente procesados. La necesidad de alargar la vida útil de los alimentos frescos, mantener su calidad y teniendo en cuenta que para su consumo se ha sometido a una preparación suave hace difícil ya de por sí su almacenamiento, conservación y comercialización, por ello en esta investigación la finalidad fue conocer el efecto que producen las inmersiones de calcio en tuna mínimamente procesada. Es necesario generar técnicas sencillas y que no impliquen elevados costos de implementación y aunado promuevan la oportunidad de venta. Se encontró que los frutos con procesado mínimo con inmersión de calcio refrigerada a 5 °C, favorece en diversos aspectos la calidad de tuna durante la vida de anaquel. El almacenamiento a 20 °C incrementa los valores de ácido cítrico y mantiene la luminosidad constante.

**Palabras clave:** *Opuntia albicarpa*, manejo poscosecha, almacenamiento, temperatura.

Tesista<sup>1</sup> Director<sup>2</sup>

## ABSTRAC

At present the appearance of fresh products, with similar characteristics to the natural and ready to consume ones, called minimally processed products or IV range have had a great economic impact in public health and convenience for consumers, hence the importance of a diet rich in fresh and natural products, as a result of the above there is the need to develop new techniques to manage post-harvest for minimally processed products. The necessity to extend the useful life of fresh foods, maintain quality and taking into account that soft preparation has been for consumption makes storage, conservation and marketing, already difficult; that is why the purpose of this research was to know the effect that produces the immersions of calcium in minimally processed tuna. It is necessary to generate simple techniques that do not involve high costs of implementation and besides promote sales opportunity. It was found that the minimally processed pear prickly calcium immersion cooled to 5 ° C increases the quality aspects of tuna during the shelf life. Storage at 20 ° C increases the values of citric acid and maintains constant luminosity.

**Key words:** *Opuntia albicarpa*, posharvest handling, storage, temperature.

## INDICE

RESUMEN .....	vi
ABSTRAC .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE CUADROS .....	xii
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS .....	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
3.1. Generalidades.....	5
3.2. Cosecha y manejo poscosecha .....	6
3.3. Conservación bajo refrigeración .....	8
3.4. Daños por frío .....	9
3.5. Conservación en atmósferas modificadas y atmósferas controladas .....	10
3.5.1. Envasado en Atmósfera Modificada (MAP).....	11
3.5.2. Modalidades de la atmósfera modificada .....	12
3.5.3. Películas plásticas utilizadas en el envasado de atmósfera modificada .....	13
3.6. Productos mínimamente procesados y uso de inmersiones de calcio .....	14
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
4.1. Ubicación del experimento.....	18
4.2. Material vegetal.....	18
4.3. Características del Material de Empaque .....	18
4.4. Preparación de la tuna mínimamente procesada.....	18
4.5. Fase Experimental .....	21
4.6. Diseño experimental .....	21
4. 7. Tratamientos .....	21
4.8. Variables respuestas evaluadas .....	22
4.8.1. Pérdida de peso .....	22
4.8.2. Color.....	22
4.8.3. Firmeza .....	22
4.8.4. Sólidos Solubles Totales (SST).....	23

4.8.5. Acidez titulable .....	23
4.8.6. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable .....	23
4.8.7. Vitamina C.....	23
4.8.8. Concentraciones de etanol y acetaldehído .....	24
4.8.9. Producción de CO <sub>2</sub> y Etileno .....	24
4.8.10. Sabor, color, olor, grado de oxidación y comercialización.....	25
4.9. Análisis de datos.....	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
5.1. Caracterización inicial .....	26
5.2. Pérdida de peso.....	27
5.3. Color .....	31
5.3.1. Luminosidad .....	31
5.3.2. Croma .....	34
5.3.3. Tono .....	37
5.4. Firmeza.....	40
5.5. Sólidos solubles totales .....	43
5.6. Acidez titulable.....	46
5.7. Relación SST/AT .....	49
5.8. Vitamina C .....	52
5.9. Producción de etanol y acetaldehído .....	55
5.9.1. Producción de etanol.....	55
5.9.2. Producción de acetaldehído .....	58
5.10. Tasa respiratoria .....	61
5.10.1. Producción de CO <sub>2</sub> .....	61
5.10.2. Producción de etileno.....	64
5.10.3. Sabor .....	67
5.10. 4. Color.....	68
5.10.5. Olor .....	69
5.10.6. Grado de oxidación .....	69
5.10.7. Comercialización .....	70
6. CONCLUSIONES.....	74

7. BIBLIOGRAFIA .....	75
8. ANEXOS .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación de mínimo procesado en tuna. ....	20
Figura 2. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de pérdida de peso en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C y 20 °C. ....	30
Figura 3. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de luminosidad en tuna mínimamente procesada a 5 y 20 °C de almacenamiento. ...	34
Figura 4. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de croma en tuna mínimamente procesada, almacenada a 5 y 20 °C. ....	37
Figura 5. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de tono en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C. ....	40
Figura 6. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de firmeza en tuna mínimamente procesada y refrigerada 5 y 20 °C. ....	43
Figura 7. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de sólidos solubles totales en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C. ....	46
Figura 8. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de acidez titulable en tuna mínimamente procesada refrigerada a 5 y 20 °C. ....	48
Figura 9. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de relación sólidos solubles totales/acidez titulable en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C. ....	52
Figura 10. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de vitamina C en tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 y 20 °C. ....	55
Figura 11. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de concentración de etanol en tuna mínimamente procesada y almacenada 5 y 20 °C. ....	58
Figura 12. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de concentración de acetaldehído en tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 y 20 °C. ....	61
Figura 13. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de producción de CO <sub>2</sub> en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C. ....	64

Figura 14. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de producción de etileno en tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 y 20 °C.

..... 66

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Permeabilidades de las películas disponibles para el envasado de productos frescos. ....	14
Cuadro 2. Características iniciales de frutos con cáscara del cultivar 'Alfajayucan'. ....	26
Cuadro 3. Características iniciales de frutos sin cáscara del cultivar 'Alfajayucan'. ....	27
Cuadro 4. Pérdida de peso (%) de frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	28
Cuadro 5. Pérdida peso (%) de frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	29
Cuadro 6. Luminosidad en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	33
Cuadro 7. Luminosidad en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	33
Cuadro 8. Croma en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	35
Cuadro 9. Croma en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	36
Cuadro 10. Tono en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	38
Cuadro 11. Tono en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	39
Cuadro 12. Firmeza en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	41
Cuadro 13. Firmeza en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	41
Cuadro 14. Sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	44
Cuadro 15. Sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	45
Cuadro 16. Acidez titulable (% ácido cítrico) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	47
Cuadro 17. Acidez titulable (% ácido cítrico) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	47
Cuadro 18. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	50
Cuadro 19. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable de frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	51
Cuadro 20. Vitamina C (mg/100g) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	53

Cuadro 21. Vitamina C (mg/100 g) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.....	54
Cuadro 22. Concentración de etanol (mg/100mL) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	56
Cuadro 23. Concentración de etanol (mg/100mL) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	57
Cuadro 24. Concentración de acetaldehído (mg/100ml) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.....	59
Cuadro 25. Concentración de acetaldehído (mg/100mL) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.....	60
Cuadro 26. Producción de CO <sub>2</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	62
Cuadro 27. Producción de CO <sub>2</sub> (mL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	63
Cuadro 28. Producción de etileno (μL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C. ....	65
Cuadro 29. Producción de etileno (μL·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C. ....	66
Cuadro 30. Prueba de Kruskal-Wallis de tuna mínimamente procesada almacenada bajo diferentes inmersiones de calcio a 5 °C durante 1, 9 y 17 d. ....	71
Cuadro 31. Prueba de Kruskal-Wallis de tuna mínimamente procesada almacenada bajo diferentes inmersiones de calcio a 20 °C durante 1, 3 y 5 d. ....	73

## 1. INTRODUCCION

La tuna, fruto del nopal *Opuntia* spp, ha sido utilizada y consumida desde la llegada de los primeros pobladores a América. Actualmente México cuenta con una superficie plantada de aproximadamente 46 mil has, de la cuales se producen 393,506 toneladas anuales (Consejo Nacional Sistema Nopal y Tuna, 2008).

Debido al valor de su producción y a la demanda de mano de obra que genera involucra a 25 mil productores, además de ser uno de los principales productos frutícolas de exportación. El 93.52 % de la producción nacional de tuna se concentra en los estados de México, Zacatecas, Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí (Consejo Nacional Sistema Nopal y Tuna, 2008).

La tuna se puede industrializar para el consumo humano en forma de fermentados, jugos, queso de tuna, mermeladas, entre otras. Sin embargo en México se prefiere en estado fresco, debido a que el fruto presenta características muy particulares, excelente succulencia, aroma y sabor fácilmente alterables, comercializándose de esta manera en grandes volúmenes (Corrales, 1992). Una de las formas en que se puede dar mayor comodidad al consumidor y al mismo tiempo aumentar sus posibilidades de mercado es el procesamiento mínimo. Técnica de la fisiología de poscosecha que pretende proporcionar a las personas un producto con características similares al fruto fresco pero con una ligera transformación que puede ser el pelado, cortado, rebanado, descorazonado según sea el caso (Cantwell, 1992; Wiley, 1997).

Como consecuencia de este procesado empleado se desencadena la actividad de diferentes enzimas, las cuales afectan directamente las características organolépticas como: firmeza, color, sabor, aroma, acidez y vitamina C.

La firmeza es el segundo factor de mayor importancia en la calidad de los productos hortícolas; esta debe preservarse dentro de los intervalos adecuados para cada producto, algunos deben conservar su textura crujiente para su aceptación por el consumidor y otras cierta suavidad. La textura es un factor que está controlado por distintos factores como: la presión de turgencia del tejido, muy asociada al contenido de agua en el mismo, así como a la actividad de distintas enzimas que alteran la conformación de los componentes de la pared celular.

A nivel tecnológico existe información para mejorar la firmeza en frutos, pudiéndose resaltar la utilización de soluciones de  $\text{Ca}^{2+}$  (Luna-Guzmán, 2000; Gorny *et al.*, 1998).

El calcio es un nutriente esencial que cumple funciones estructurales y también está involucrado en la regulación de muchos aspectos del metabolismo, incluyendo absorción de iones, permeabilidad de membrana, división celular (White, 2001; White y Broadley, 2003) y como mensajero en muchos procesos de crecimiento y desarrollo (Evans *et al.* 2001; Reddy, 2001).

La mayor parte de la investigación acerca del calcio y comportamiento postcosecha se llevó a cabo en frutos. El rol central que juega el calcio contribuyendo al mantenimiento de la calidad y a la prevención de desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento

postcosecha ha sido extensamente estudiado. Inmersiones con calcio se han utilizado para extender la vida postcosecha en manzanas (Withaker *et al.* 1997), frutillas (García *et al.* 2003; Suutarinen *et al.* 2000), mango (Joyce *et al.* 2001), pera (Thomidis, 2003), ciruelas (Serrano *et al.* 2004), melones (Luna-Guzmán *et al.* 1999; Luna-Guzmán *et al.* 2000) y mejoran el comportamiento de tomate rebanado (Artés *et al.* 1999), zanahorias ralladas (Picchioni *et al.* 1996) y la calidad de ananá (Antoniolli, 2003).

En tal contexto, el presente trabajo se realizó con el objetivo de conocer la influencia que tiene el calcio sobre la firmeza de tuna mínimamente procesada y el almacenamiento a 20 y 5 °C.

## **2. OBJETIVOS**

- Evaluar el efecto que produce la temperatura (5 y 20 °C), con inmersiones de cloruro y lactato de calcio en tuna mínimamente procesada cultivar Alfajayucan.
- Determinar la influencia que tienen las sales cálcicas (cloruro y lactato de calcio) sobre la firmeza de tuna mínimamente procesada.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. Generalidades**

La familia Cactaceae es endémica del continente Americano. Las cactáceas prosperan sobre todo en las regiones áridas y semiáridas. En México, por nopaleras se reconoce a las plantas de la familia Cactaceae de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*. Debido a la presencia de gran cantidad de especies, México es considerado como uno de los centros de origen.

La tuna es el fruto de las especies del género *Opuntia*; es una falsa baya con ovario ínfero simple y carnoso. La forma y tamaño de los frutos es variable. Chessa y Nieddu (1997) y Ochoa (2003) describen en detalle los tipos de frutos; los hay ovoides, redondos, elípticos y oblongos, con los extremos aplanados, cóncavos o convexos. Los colores son diversos: hay frutos rojos, anaranjados, purpuras, amarillos y verdes, con pulpas también de los mismos colores. La epidermis de los frutos es similar a la del cladodio, incluso con areolas y abundantes gloquidios y espinas, que a diferencia del cladodio, persisten aun después de la sobre madurez del fruto. La cáscara de los frutos difiere mucho en grosor, siendo también variable la cantidad de pulpa. Esta última presenta numerosas semillas, que se consumen junto con la pulpa. Hay frutos que presentan semillas abortadas, lo que aumenta la proporción de pulpa comestible. Debido a que existen preferencias en algunos mercados por frutos con pocas semillas o sin semillas, el mejoramiento genético está orientado hacia la búsqueda y multiplicación de variedades que presenten esta característica (Mondragón-Jacobo, 2004).

### **3.2. Cosecha y manejo poscosecha**

Existen dos métodos principales de efectuar la cosecha: una de ellas es tomar un fruto con la mano protegida por un guante, ya sea de cuero o de hule, por la parte media del fruto y darle un giro rápido para separarlo de la penca. Otra forma de realizar el corte es ayudarse con un cuchillo o navaja muy filosa; el fruto se sostiene e inclina con la mano izquierda y el corte se hace exactamente en la unión de la tuna y la penca, cuidando de no dañarlas.

De acuerdo con Corrales (1992), el momento más apropiado para la cosecha de la tuna es cuando no haya viento que disemine los ahuates, o bien muy temprano, cuando la temperatura sea baja y la humedad relativa sea elevada; se busca la mayor turgencia de tejidos para facilitar el corte.

La madurez en la cosecha es el factor más importante que determina el período de conservación y la calidad final del fruto. Los frutos inmaduros son más susceptibles a marchitamiento y daños mecánicos y son de calidad inferior que cuando están maduros. Los frutos maduros pueden llegar a ser suaves y de sabor insípido poco después de la cosecha. Cualquier fruta recolectada demasiado pronto o demasiado tarde de su temporada es más susceptible a los trastornos fisiológicos y a una vida de almacenamiento más corta que los frutos cosechados con la madurez adecuada.

El estado de madurez de la tuna al momento de la cosecha es determinante para el manejo comercial que se le vaya a dar y para la calidad del fruto que se desee obtener. Para decidir el momento del corte, de acuerdo al cultivar que se tenga, se pueden

emplear los siguientes índices externos: a) tamaño y llenado del fruto; b) cambios externos de color; c) pérdida de los ahuates; d) firmeza del fruto, y e) aplanamiento de la cavidad floral (Cantwell, 1991).

Entre los factores más importantes del manejo poscosecha se tienen: la remoción de las espinas, manejo delicado de los frutos, evitar golpearlos para que no exista la posibilidad de lesiones y con éstas se provoquen infecciones patológicas, la no exposición al sol por largo espacio de tiempo; en el caso de la frigoconservación, evitar sobrepasar los límites inferiores de la temperatura aceptada por cada variedad o especie; no empacar fruta húmeda, no empacar la caja con fruta de más para evitar la compresión, entre otros.

La tasa respiratoria que presenta la tuna en poscosecha es relativamente baja, en comparación con la que presentan otros frutos, además tiende a declinar, por lo que éste fruto ha sido caracterizado como no climatérico (Alvarado, 1978).

La tuna es una fruta altamente perecedera. Sin ningún tipo de acondicionamiento el tiempo de vida no supera los 5 días y son susceptibles a ataques de *Penicillium* spp. y *Alternaria* spp. Para mantener por más tiempo las cualidades que determinan la calidad de la fruta, es necesario el almacenamiento refrigerado. Se recomienda conservar la fruta a 6 °C y 90-95 % de H.R., lo que permite conservar las tunas por hasta 4 semanas. A 20 °C presenta una baja producción de etileno (0.2 nL/g/h), una baja tasa respiratoria (20  $\mu$ LCO<sub>2</sub>/g/h) y no es sensible al etileno (Cantwell, 1999).

El etileno es considerado como la fitohormona más importante en el proceso de maduración de los frutos, la cual se sintetiza a partir de la metionina y puede tener efectos tanto negativos como positivos. La producción de etileno en las tunas es muy baja, no cambia significativamente durante el proceso de postcosecha (Cantwell, 1995).

### **3.3. Conservación bajo refrigeración**

Una de las características ambientales poscosecha de gran importancia en la vida de almacenamiento de frutos y vegetales es la temperatura, dado que se deterioran después de haber sido cosechados (Do Nascimento y Pierre, 2003).

La vida de almacenamiento de los frutos en general, varía desde pocos días hasta varias semanas, está controlada por una serie de factores entre los que se incluyen: la intensidad respiratoria, las diferentes reacciones de degradación o síntesis de las sustancias componentes del producto, las pérdidas de humedad por efecto de la transpiración, los daños de tipo mecánico o bien los ocasionados por diferentes microorganismos. Todos estos factores pueden estar estrechamente relacionados y a su vez influenciados por la temperatura. Por lo que comprendiendo las causas de descomposición y sus relaciones con la disminución de la temperatura, es posible incrementar la vida útil (Saucedo, 1981).

La refrigeración es uno de los sistemas de conservación más comúnmente utilizados (Yahia y Ciapara, 1992) y consiste en mantener a los frutos a temperaturas por encima del punto de congelación (entre -1 y 10 °C); estas temperaturas permiten conservar los productos vegetales en estado vivo, ya que detienen los fenómenos fisiológicos y

limitan la infección microbiana, también permiten conservar y transportar productos cosechados. Se sabe que al disminuir la temperatura frena el ritmo de los fenómenos fisiológicos y químicos (Molina y Duran, 1970).

En frutas de tuna se han realizado experimentos para determinar cuál es la temperatura óptima para aplicar frío así como el de almacenamiento óptimo, Corbo *et al.* (2004) realizaron una evaluación a frutos de tuna mínimamente procesada a 4°C, donde obtuvieron una vida útil más larga que a las temperaturas recomendadas para la frutos enteros mayores de 4 °C.

### **3.4. Daños por frío**

Es posible observar alteraciones fisiológicas en los productos procesados en fresco cuando los mismos son sensibles a bajas temperaturas de almacenamiento, aunque siempre superiores al punto de congelación. Sin embargo no es un defecto muy frecuente, debido a que la duración de la vida comercial suele ser reducida, por lo que tanto no se supera el umbral de inducción o periodo de latencia para que el defecto se exprese (Gómez *et al.*, 2007).

Estas enfermedades o desordenes fisiológicos se denominan daños por frío (DF) y suceden tras una cierta permanencia de los productos a temperaturas entre -0.5 °C y unos 15 °C. Inicialmente se pensó que este fenómeno sucedía en los productos de origen tropical, pero también los productos de clima templado desarrollan estos desordenes fisiológicos cuando sufren estrés de temperaturas no congelantes, en efecto, la mayoría de productos tropicales y subtropicales, numerosos productos

mediterráneos y algunas especies de clima templado son sensibles a los DF y se ha observado que las especies climatéricas son más proclives a sufrir DF cuanto tienen metabolismo muy activo, con elevada tasa respiratoria. En el desarrollo de los DF intervienen una serie de factores genéticos, fisiológicos y bioquímicos e incluso de las condiciones térmicas del cultivo (Bramlage, 1982; Watada 1982; Marcellin y Ulrich, 1983; Luchsinger y Artés, 2000).

La temperatura crítica a la que aparecen los DF varía de un órgano a otro o de una especie a otra, y puede ser de -0.5 a 4 °C para los poco sensibles, de 4 a 7 °C para algunas especies de clima templado, y desde unos 8 hasta 15 e incluso 20 °C para las tropicales y subtropicales más sensibles. Por ello, los órganos vegetales se consideran resistentes al frío cuando pueden almacenarse sin alteraciones a temperatura próxima al punto de congelación, moderadamente sensibles si se alteran entre 2 y 7 °C, y muy sensibles cuando no soportan temperaturas por debajo de 15 a 20 °C (Artés, 2001).

### **3.5. Conservación en atmósferas modificadas y atmósferas controladas**

En las atmósferas modificadas (AM) o controladas (AC) se eliminan o añaden gases para crear una composición atmosférica alrededor del producto que difiera de aquella del aire (78.08 % de N<sub>2</sub>, 20.95 % de O<sub>2</sub>, y 0.03 % de CO<sub>2</sub>). Usualmente esto involucra la reducción de oxígeno (O<sub>2</sub>) y/o la elevación de las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las AM y AC solamente difieren en el grado de control, la AC es más exacta.

El uso de las atmósferas modificadas o controladas debe considerarse como un complemento al manejo de la temperatura y humedad relativa apropiadas. El potencial del beneficio o riesgo de las AM depende del producto, cultivar o variedad, edad fisiológica, composición atmosférica, así como de la temperatura y duración del almacenamiento (Kader, 2002).

### **3.5.1. Envasado en Atmósfera Modificada (MAP)**

El envasado bajo atmósfera modificada (MAP) se considera, después de la disminución de la temperatura del producto, la etapa más determinante para prolongar la vida comercial de las frutas y hortalizas cortadas (Schlimme *et al.*, 1994).

Mir y Beaudry (2004) mencionan que el envasado en atmósfera modificada (MAP) de frutas y verduras frescas se refiere a la técnica de sellar para producir respiración activa en los empaques de película de polímero que modifica el  $O_2$  y los niveles de  $CO_2$  en la atmósfera del empaque. A menudo es conveniente generar un ambiente de bajo  $O_2$  y alto  $CO_2$  para influir en el metabolismo del producto que se envasa, o la actividad de los organismos causantes de pudriciones para aumentar la capacidad de almacenamiento y la vida útil. Para algunos productos modificar los niveles tanto de  $O_2$  como de  $CO_2$  puede ser deseable, y de hecho alterar el nivel de  $O_2$  modifica automáticamente el nivel de  $CO_2$ . Además la modificación de la atmósfera mejora enormemente la retención de humedad que puede tener una mayor influencia en la calidad de la preservación de los niveles de  $O_2$  y  $CO_2$ . En adición, el embalaje aísla el producto del ambiente externo y

contribuye a asegurar las condiciones que si no es estéril, por lo menos reduce la exposición de agentes patógenos y contaminantes.

Las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono que se alcanzan en la AM dependen de: el peso y tamaño, la actividad respiratoria del producto, la temperatura, la carga microbiana, la permeabilidad del film, volumen y espacio de cabeza del envase.

Si se envasan en atmósfera modificada alimentos con una actividad metabólica importante, como frutas y hortalizas frescas, es imprescindible emplear materiales de permeabilidad selectiva. En caso contrario, su vida útil se reduce considerablemente (Colomé, 1999).

Morales y López (1995) encontraron que el uso de atmósferas controladas en tuna durante la refrigeración a temperaturas menores a 10 °C disminuye significativamente el daño por frío.

### **3.5.2. Modalidades de la atmósfera modificada**

**Modificación pasiva.** Si compaginan las características del producto y las de permeabilidad de la película adecuadamente, se puede desarrollar una atmósfera adecuada pasivamente dentro de un envase sellado a través del consumo de O<sub>2</sub> y producción de CO<sub>2</sub> por respiración. La permeabilidad al gas de la película plástica seleccionada debe permitir que el O<sub>2</sub> entre al envase a una velocidad compensada por el consumo de O<sub>2</sub> por el producto. De igual manera, se debe descargar el CO<sub>2</sub> del

envase para compensar la producción de CO<sub>2</sub> por el producto. Además, se debe establecer esta atmósfera rápidamente y sin crear condiciones anóxicas o niveles dañinamente altos de CO<sub>2</sub> (Kader, 2002).

**Modificación activa.** Otra posibilidad es realizar una modificación activa de la atmósfera interna del envase mediante la incorporación de sustancias capaces de eliminar o emitir ciertos gases: absorbedores de oxígeno, absorbedores de humedad, generadores/absorbedores de dióxido de carbono, absorbedores de etileno, generadores de etanol, etc (Tornadijo y Fresno, 2004).

### **3.5.3. Películas plásticas utilizadas en el envasado de atmósfera modificada**

Muchas películas plásticas están disponibles para envasar, pero relativamente pocas han sido utilizadas para productos en fresco, y un número todavía más reducido tiene permeabilidades adecuadas para utilizarse con MAP. Dado que el contenido de O<sub>2</sub> en un envase de AM se reduce típicamente de una concentración ambiental de 21 % a 2–5 %, existe el peligro de que el CO<sub>2</sub> aumente de la concentración ambiental de 0.03 % a 16–19 % en el envase.

Esto es debido a que normalmente hay una correspondencia de uno a uno entre el O<sub>2</sub> consumido y el CO<sub>2</sub> producido. Debido a que tales niveles de CO<sub>2</sub> serían dañinos para la mayoría de las frutas y hortalizas una película plástica ideal debería dejar salir más CO<sub>2</sub> que lo que dejaría entrar de O<sub>2</sub>. La permeabilidad al CO<sub>2</sub> debería ser cerca de 3 a 5 veces mayor que la permeabilidad al oxígeno, dependiendo de la atmósfera deseada. Varios polímeros utilizados en la formulación de películas llenan este criterio (Cuadro

2). El polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo son las principales películas utilizadas en el envasado de frutas y hortalizas (Kader, 2002).

Cuadro 1. Permeabilidades de las películas disponibles para el envasado de productos frescos.

Tipo de película	Permeabilidades		Cociente
	(cc/m <sup>2</sup> /mil/día/a 1 atm)		
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>
Poliéster	180–390	52–130	3.0–3.5
Polietileno, baja densidad	7,700–77,000	3,900–13,000	2.0–5.9
Polipropileno	7,700–21,000	1,300–6,400	3.3–5.9
Poliestireno	10,000–26,000	2,600–7,700	3.4–3.8
Cloruro de polivinilo	4,263–8,138	620–2,248	3.6–6.9
Sarán	52–150	8–26	5.8–6.5

Fuente: Kader, 2002.

### 3.6. Productos mínimamente procesados y uso de inmersiones de calcio

El cambio de hábitos de consumo de la población ha tenido como resultado que los consumidores demanden alimentos naturales, de apariencia y valor nutricional semejantes a los productos frescos (fresh-like), sin aditivos, y si fueran estos necesarios, que sean naturales (green-chemicals). Como respuesta a esta demanda, los investigadores e industriales han desarrollado los denominados “Alimentos Mínimamente Procesado (AMP)” en los que el tipo de procesado empleado es suave o de baja intensidad para conseguir las características que lo definen, si bien el riesgo microbiológico se intensifica.

Las frutas mínimamente procesadas constituyen una de las expansiones más rápidas de los segmentos de alimentos refrigerados tratados a la ligera, debido al aumento de su funcionalidad. Las frutas y verduras frescas cortadas, en general consisten en lavar, cortar y tratar con agentes desinfectantes los productos envasados, almacenados bajo condiciones de refrigeración (McKellar *et al.*, 2004). El corte o las operaciones al rebanar alteran la integridad de la fruta entera y aumentan su susceptibilidad al deterioro, induciendo a una reducción de la vida útil (Rolle and Chism, 1987; Tovar, *et al.*, 2001).

Los tejidos de las frutas y de hortalizas frescas cortadas están vivos y por ello, responden a los cortes realizados durante su preparación con un aumento en su actividad fisiológica y una mayor susceptibilidad al deterioro, pues al quitar la piel y disminuir su tamaño se rompen los tejidos y se expone una mayor área a las condiciones ambientales externas, favoreciendo la pérdida de humedad, ablandamiento de los tejidos, la pérdida de aromas, los cambios de color y entrada de microorganismos indeseables (Montero, *et al.*, 2009).

Es de resaltar que el tratamiento poscosecha comúnmente aplicado, se basa en el uso de ácidos orgánicos y sales débiles como por ejemplo ácido cítrico, ascórbico, málico, y sales de calcio, magnesio, sodio, los cuales ejercen un mayor control en el pH del alimento limitando la actividad de ciertos microorganismos, como las bacterias mesófilas deteriorativas (Román y Gutiérrez, 1998).

Se sabe que el calcio puede mantener la calidad de la textura del vegetal. Los iones calcio forman enlaces cruzados entre los grupos carbonilo libres de las cadenas de pectina fortaleciendo la pared celular. Un tratamiento comúnmente usado para mejorar la firmeza del tejido es el de sumergir la fruta o vegetal en soluciones de calcio, como se describe para fresas (Main *et al*, 1986), peras (Rosen y Kader, 1989) y zanahorias ralladas (Izumi y Watada, 1994), entre otros. Por el contrario, los tratamientos con calcio no fueron efectivos para las zanahorias rebanadas y en trozo, hecho que se atribuyó a la posible absorción insuficiente del calcio por este tejido, dado que los niveles de calcio fueron dos y tres veces más altos en zanahorias ralladas, respectivamente. Adicionalmente, aumentar la concentración de  $\text{CaCl}_2$  en la solución de inmersión (0.5 % o 1 %) produjo un aumento en el contenido de calcio en el tejido de las muestras, sin una correlación subsecuente en la firmeza del tejido del vegetal (Izumi y Watada, 1994).

Con relación algunas experiencia en el uso estos tratamientos postcosecha, Luna y Barrett (2000), Abbott y Buta (2002), Soto e Yahia (2002) explican que el ácido láctico y sales de calcio, pueden ser utilizadas en cantidades promedio de 0.5 hasta 6 % en los alimentos, considerándose estas concentraciones totalmente inocuos para el consumo humano, siendo su aplicación sugerida para restablecer la firmeza del tejido a nivel de la lámina media de la pared celular y promover la formación de pectatos de calcio para fortalecer la resistencia textural del tejido fresco.

Adicionalmente, Robles *et al.*, (2007) indican que el uso combinado de estos compuestos con algún antioxidantes (Nacetilcisteina AC, ácido ascórbico AA, ácido isoascórbico AIA) contribuye en disminuir significativamente los cambios de color, sabor

y otros deterioros físicos, manteniendo la calidad del material troceado o cortado fresco por un periodo de hasta siete días bajo condiciones de refrigeración (Yahia y Flores, 2001, Quevedo *et al.*, 2005). Por otro lado, Bicalho *et al.* (2000), estudiaron las variaciones de la textura en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) sometidos a aplicaciones postcosecha de cloruro de calcio y empacados en cajas plásticas, encontrando que durante el periodo de 20 días de almacenamiento refrigerado a 10 °C y 85 % humedad relativa, estos presentaron una textura mayor que los no tratados. Resultando el efecto del calcio combinado con el empaque en una acción positiva para reducir la tasa metabólica respiratoria de los frutos y de la actividad de las enzimas pectimetilesterasa y poligalacturonasa, propiciando el mantenimiento de los niveles de firmeza de los frutos durante el periodo de almacenamiento (Camargo *et al.*, 2000).

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Ubicación del experimento**

Los frutos se trasladaron en cajas de madera, a las cámaras frigoríficas del Laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se procedió a almacenarlos a 5 °C durante 24 horas con la finalidad de eliminar el calor de campo.

### **4.2. Material vegetal**

Para la realización del presente estudio se utilizó tuna variedad “Alfajayucan” (*Opuntia albicarpa*), proveniente del municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México cosechada el 19 de septiembre de 2010. Los frutos de tuna fueron cosechados de manera manual y se realizó como se hace en la región, el índice de cosecha fue el recomendado en la zona en cuanto a su tamaño y la coloración externa característica de cada fruto esto con el fin de tener uniformidad en la muestra.

### **4.3. Características del Material de Empaque**

El material de empaque que se utilizó fueron charolas de unicel de poliestireno y película plástica pliofilm (polietileno de baja densidad).

### **4.4. Preparación de la tuna mínimamente procesada**

El procesado mínimo se realizó con el siguiente procedimiento: las tunas intactas fueron lavadas con agua, inmediatamente después se realizó una desinfección la cual consistió en una inmersión de la fruta por un tiempo de 10 minutos en una solución de

agua con hipoclorito de sodio a 100 ppm, así como todo el material que se utilizó en la elaboración del producto mínimamente procesado.

La eliminación de la cáscara se llevó a cabo con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable. Las tunas mondadas se escurrieron y se secaron, a continuación se sometieron a inmersiones de Cloruro de Calcio y Lactato de Calcio a concentraciones de 0, 3 y 5 % respectivamente, por un período de 5 minutos, enseguida se realizó el empacado en charolas de poliestireno en las que se colocaron 3 frutos por charola, esto fue una unidad experimental (UE). Las UE fueron distribuidas en los diferentes tratamientos, teniendo así tres UE por tratamiento. Las charolas se envolvieron con plástico pliofilm (poliestireno de baja densidad). En la Figura 1, se muestra el diagrama de flujo de las diferentes fases para la realización del proceso mínimo llevado a cabo en el experimento.

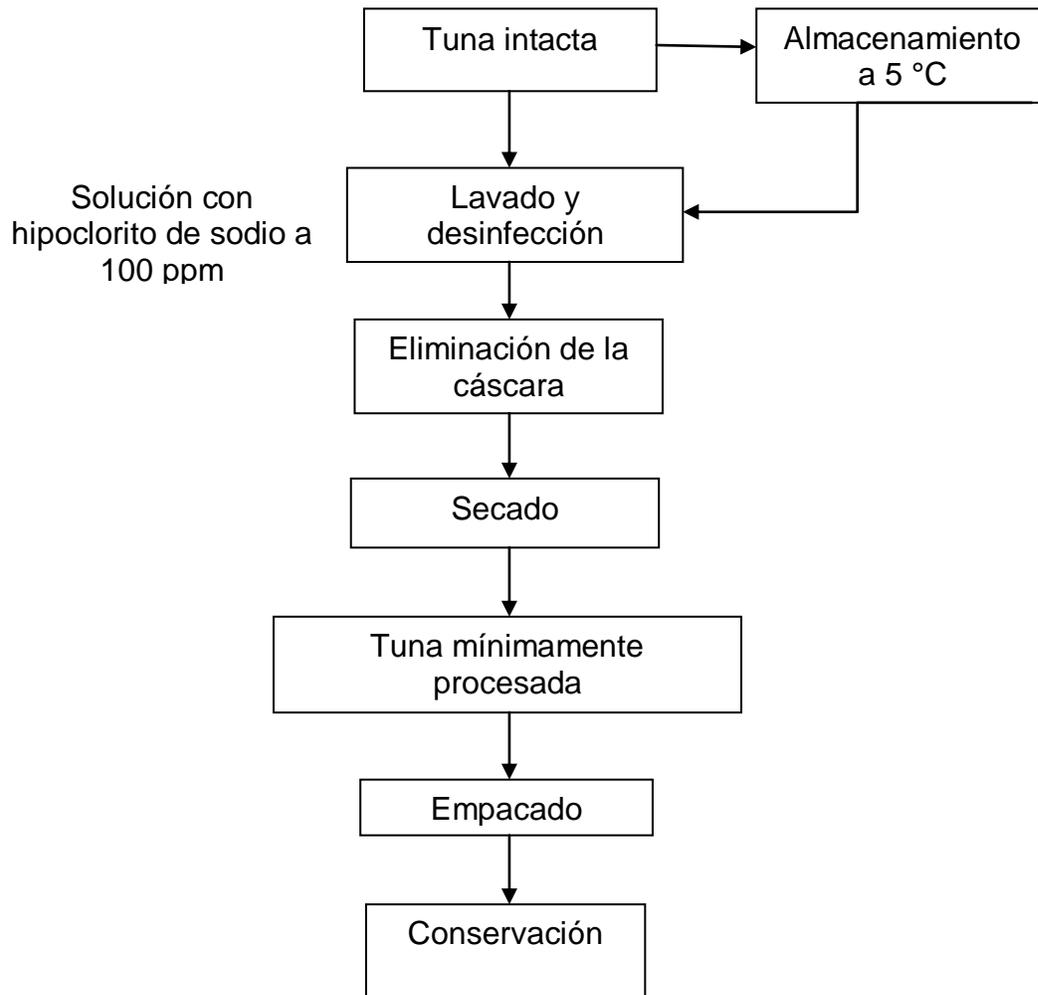


Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación de mínimo procesado en tuna.

#### **4.5. Fase Experimental**

Para la fase experimental de la tuna se realizó el muestreo, para los frutos a 5 °C fue cada 5 días, mientras que para los frutos a 20 °C se extrajeron cada 3 días, así mismo se utilizó recubrimiento en todos los tratamientos. Para la medición de las variables respuestas los frutos sometidos a 5 °C se evaluaron a 1, 5, 9, 13 y 17 días, mientras que para la tuna a 20°C se evaluaron a los 1, 3 y 5 días después de la fecha de instalación de la aplicación del mínimo procesado.

#### **4.6 Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue un arreglo completamente al azar incluyendo el control (testigo), evaluando dos niveles de temperatura (5 y 20 °C), dos soluciones (Cloruro de Calcio y Lactato de Calcio), concentraciones de las soluciones (3 y 5 %) y dos adicionales, que no fueron sometidos a ninguna aplicación de sal cálcica pero si a las dos diferentes temperaturas, se tuvieron tres repeticiones por cada tratamiento, obteniéndose un total de 30 unidades experimentales.

#### **4. 7. Tratamientos**

1. Tratamiento 5°C + Cloruro de Calcio 5 %.
2. Tratamiento 5°C + Cloruro de Calcio 3 %.
3. Tratamiento 5°C + Lactato de Calcio 5 %.
4. Tratamiento 5°C + Lactato de Calcio 3 %.
5. Tratamiento 20°C + Cloruro de Calcio 5 %.
6. Tratamiento 20°C + Cloruro de Calcio 3 %.
7. Tratamiento 20°C + Lactato de Calcio 5 %.

8. Tratamiento 20°C + Lactato de Calcio 3 %.

9. Testigo 5°C.

10. Testigo 20°C.

#### **4.8. Variables respuestas evaluadas**

##### **4.8.1. Pérdida de peso**

Se registraron los pesos en los días de muestreo de los frutos utilizado una balanza granataria marca Ohaus, y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{pérdida de peso (\%)} = \left[ \left( \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right) \right] * 100$$

##### **4.8.2. Color**

Se determinó en la pulpa tomando 3 lecturas de cada fruta con un colorímetro portátil marca ColorTec. Se calcularon los parámetros L, a y b de la escala tridimensional del sistema CIELAB. Los valores se expresaron como L, Chroma ( $\sqrt{a^2 + b^2}$ ) y Hue ( $\tan^{-1} b/a$ ).

##### **4.8.3. Firmeza**

Se retiró la cáscara de toda la fruta y sobre la pulpa se hizo la medición con ayuda de un penetrómetro mediante un puntal cónico de 0.5 cm de diámetro y se registraron las lecturas en Newtons (N).

#### **4.8.4. Sólidos Solubles Totales (SST)**

Se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC (1980). Se utilizó un refractómetro digital marca Atago. El contenido de SST se reportó en °Brix.

#### **4.8.5. Acidez titulable**

La acidez titulable representa el contenido mayor de ácidos libres del jugo, contribuyendo en mayor medida al ácido cítrico con alrededor de 85 a 90 %. Esta variable se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC (1990), para la cual se tomaron 10 g de pulpa y se licuaron posteriormente fue neutralizada con NaOH 0.01 N y se utilizó fenolftaleína como indicador. Para calcular el porcentaje de ácido cítrico se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{\text{ml NaOH} * \text{N} * \text{Meq. ácido} * \text{V} * 100}{\text{Peso muestra} * \text{alícuota}}$$

#### **4.8.6. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable**

La relación SST/acidez es un indicador confiable del grado de madurez y es un buen indicador como índice de calidad. Su determinación se realizó en función del cociente °Bx y acidez (%).

#### **4.8.7. Vitamina C**

La vitamina C se determinó haciendo una curva tipo con concentraciones conocidas de ácido ascórbico y se tituló con solución Tillman de acuerdo a la metodología establecida

por la AOAC (1990) y posteriormente se compararon los datos que se obtuvieron de la titulación del jugo de tuna con dicha curva.

#### **4.8.8. Concentraciones de etanol y acetaldehído**

Se aplicó la metodología de Davis y Chase (1969) de “espacio de cabeza” con un equipo de cromatografía de gases marca MCA Varian 3400. Para etanol y acetaldehído se usaron condiciones de 160, 170 y 170 °C, para la columna, el inyector y los detectores respectivamente. Por otro lado, los viales se pusieron a baño maría a 37 °C durante 5 minutos para facilitar el desprendimiento de los gases al momento de inyectar en el cromatógrafo. También, para auxiliar las determinaciones, se prepararon curvas patrón con muestras de etanol en concentraciones en un rango de 4 a 174 mg·mL<sup>-1</sup> y de acetaldehído en concentraciones en un rango de 0 a 31.4 mg·mL<sup>-1</sup>.

#### **4.8.9. Producción de CO<sub>2</sub> y Etileno**

La producción CO<sub>2</sub> y etileno se cuantificaron por el método de respiración estática en el cual los frutos con cubierta se les colocó una adherencia de silicón, se tomaron 5 ml de aire y se conservaron en Vacutainer a -20 °C hasta la lectura. Las muestras fueron leídas en un cromatógrafo de gases marca MCA Varian 3400. Para la producción de CO<sub>2</sub> y etileno las condiciones que se utilizaron 80, 150, 250 y 170 °C, para la columna, inyector, auxiliar y los detectores respectivamente.

#### **4.8.10. Sabor, color, olor, grado de oxidación y comercialización**

Se realizó una evaluación hedónica analizando cinco parámetros: sabor, color (visual), grado de oxidación (porcentaje), olor y comercialización, mediante una escala de cinco niveles: 1) muy malo, 2) malo, 3) bueno, 4) muy bueno y 5) excelente, posteriormente los resultados obtenidos se sometieron a una prueba no paramétrica para transformar los resultados, en este caso particular se utilizó Kruskal-Wallis.

#### **4.9. Análisis de datos**

El análisis de los datos se realizó mediante un diseño experimental completamente al azar, se realizaron análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) y pruebas de comparación de Medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). El paquete estadístico utilizado fue Statiscal Analysis System (SAS), versión 9. Para analizar los datos obtenidos de sabor, color, grado de oxidación, olor y comercialización se utilizó el programa estadístico Statiscal Analysis System (SAS) realizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Caracterización inicial

En el siguiente cuadro se observan las características iniciales de la tuna cv 'Alfajayucan' con cáscara utilizadas en la investigación.

Cuadro 2. Características iniciales de frutos con cáscara del cultivar 'Alfajayucan'.

Fruto	Peso (g)	Color			Firmeza (N)
		Luminosidad	Chroma	Tono	
1	136.5	56.89	47.84	-75.15	24.3
2	162.3	62.73	53.45	-51.66	21.7
3	161.5	52.94	67.69	2.38	24.6
4	175.7	56.44	41.58	-16.79	25.7
5	160	54.10	61.51	-21.30	28.6
6	169.7	59.35	36.14	-61.94	22.7
7	139.8	53.93	44.24	-64.00	31
8	157.8	55.27	42.69	-62.35	27.5
9	161.3	48.06	30.50	-10.40	42.4
10	193.8	45.40	26.82	12.33	42.1
<b>Media</b>	161.84	54.51	45.25	-34.89	29.05
<b>Error estándar</b>	5.19	1.59	4.087	9.98	2.36

En el Cuadro 3 se aprecian los valores obtenidos en la caracterización fisiológica inicial, cabe mencionar que para la elaboración de este cuadro se utilizaron los mismos frutos pero sin cáscara.

Cuadro 3. Características iniciales de frutos sin cáscara del cultivar 'Alfajayucan'.

Fruto	Peso (g)	L	Color		Firmeza (N)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	SST (°Brix)
			C	T				
1	86.1	38.16	28.10	-26.80	4.6	66.5	47.4	12
2	102.2	25.61	41.34	-38.36	5.3	63	50.5	12.6
3	94.1	41.14	28.12	-76.71	3.8	74.9	47.3	12
4	105.1	34.22	25.93	-23.70	4	69	51	13
5	108	63.14	43.28	13.89	4.7	67.2	51.3	11.4
6	100.8	38.28	23.03	-59.40	5.2	72.5	44.9	12.8
7	89.2	47.41	28.35	-10.51	4.7	61.1	49.9	13
8	103	60.16	25.97	-74.20	5.5	70.1	51.6	13
9	83.4	55.00	50.03	-46.61	6.4	65.6	49.9	11
10	116.6	42.70	53.72	-49.86	24.1	72.8	52.2	13
<b>Media</b>	98.85	44.58	34.79	-39.23	6.82	68.27	49.60	12.38
<b>Error estándar</b>	3.31	3.75	3.54	8.97	1.93	1.40	0.74	0.23

## 5.2. Pérdida de peso

En el análisis de varianza realizado a los resultados obtenidos se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de pérdida de peso durante toda la experimentación en las dos temperaturas utilizadas. En general el comportamiento de todos los tratamientos fue similar, es decir, que conforme transcurren los días de almacenamiento el porcentaje de pérdida de peso aumenta, sin embargo, para los frutos sometidos a 5 °C fueron menores los valores a excepción del día 17 con cloruro de calcio 3 % en el que se obtuvo el máximo valor (4.342 %) similar a los tratamientos sometidos a 20 °C, los cuales presentaron valores de hasta 4.59 %, esto debido principalmente a la transpiración, resultados semejantes fueron obtenidos por Arellano (2011), quien encontró mayores pérdidas de peso (5.85 %) para tuna mínimamente procesada a 20 °C, mientras que a 4 °C el resultado que obtuvo para pérdida de peso fue 1.69 % al cuarto día de almacenamiento. Las pérdidas fisiológicas de peso que presenta la tuna en postcosecha dependen de varios factores, dentro de los cuales los

más importantes son las condiciones de temperatura, humedad relativa, ventilación y las barreras naturales o artificiales de que disponga éste para impedir esa pérdida de agua durante el almacenamiento, también es importante el estado de desarrollo del fruto al momento de la cosecha y la variedad (Guarinoni, 2000; Corrales, 2003).

En el Cuadro 4 se muestran los resultados obtenidos a 5 °C, se observa principalmente que al utilizar el cloruro de calcio a 3 % y lactato de calcio 3 % no presentaron diferencias significativas a lo largo del experimento, pero si tuvo efecto la solución, mientras que el cloruro de calcio 5 %, lactato de calcio 5 % y el testigo solo existieron efectos significativos los días 9 y 13. El cloruro de calcio 3 % presentó el mayor valor el día 17 (4.342 %) y el lactato de calcio 5 % el menor porcentaje (0.834).

Cuadro 4. Pérdida de peso (%) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	0.313 b <sup>z</sup>	0.747 b	0.898 c	1.270 bc	1.355 b
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	1.002 a	1.144 a	1.502 a	2.086 a	4.342 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	0.123 b	0.500 b	0.456 d	0.409 d	0.834 b
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	0.313 b	0.760 b	1.169 b	1.362 b	1.642 b
<b>Testigo</b>	0.315 b	0.640 b	0.840 c	1.029 c	1.223 b
<b>DMSH</b>	0.384	0.287	0.235	0.282	1.458
<b>CV (%)</b>	34.546	14.095	9.016	8.526	28.881

<sup>z</sup> Medias dentro de columnas con mismas letras son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de pérdida de peso, reportados en porcentaje a 20 °C, aumentó considerablemente para todos los tratamientos excepto para el testigo el cual presentó una disminución al tercer día de almacenamiento considerando el valor que se tuvo al momento de la cosecha (Figura 1). En el

tratamiento testigo los frutos presentaron mayor incremento de pérdida de peso a excepción del tercer día que tuvo una ligera disminución para después presentar un aumento, sin embargo, en el quinto día de evaluación los tratamientos de cloruro de calcio 5 % y lactato de calcio 5 % diferencias significativas.

Cuadro 5. Pérdida peso (%) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	0.492 b <sup>z</sup>	2.408 a	4.590 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	0.505 b	2.366 a	4.280 ab
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	0.509 b	1.498 b	3.000 c
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	0.685 b	1.566 b	3.520 bc
<b>Testigo</b>	2.232 a	2.191 a	4.124 ab
<b>DMSH</b>	0.667	0.372	0.904
<b>CV (%)</b>	28.066	6.910	8.625

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Martínez (2008) evaluó la respuesta del período de almacenamiento en tuna y su relación con el mínimo procesado, encontró diferencias significativas de los productos mínimamente procesados cuando se les aplica refrigeración a 0 °C con respecto a su conservación a 20°C. La temperatura de frigoconservación favorece la creación de una micro atmósfera saturada alrededor de los frutos que impidió que se desarrollaran diferencias de presión de vapor de agua entre las tunas y su entorno (Thompson *et al.*, 2002).

La conservación a bajas temperaturas (5 °C) reduce la pérdida de agua mediante la reducción del déficit de presión de vapor (Chessa and Barbera, 1984; citado por

Cantwell, 1995). Se ha encontrado que el uso de atmósferas modificadas basadas en envases de materiales plásticos (cloruro de polivinilo, polietileno de baja densidad, polipropileno, entre otros) han permitido reducir la pérdida de peso en algunas frutas y hortalizas.

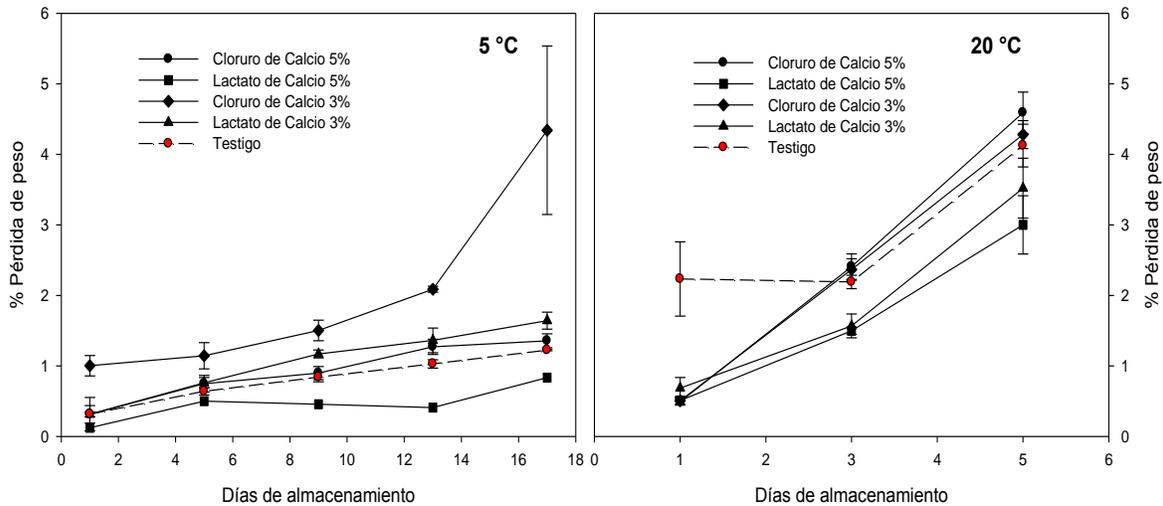


Figura 2. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de pérdida de peso en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C y 20 °C.

Ávila (2007) estimó las repuestas a diferentes condiciones de frigoconservación y películas plásticas de tuna mínimamente procesada, los frutos almacenados a 1.5 °C empacados en polipropileno tuvieron una pérdida de hasta 0.6 % en peso en un período de 20 días, mientras que las tunas almacenadas a 5.5 °C envasadas en polietileno presentaron pérdida de peso de 1.5 % durante un período de 15 días de almacenamiento.

Gorny *et al.* (2002) y Kader (2002) reportaron que el cortado del tejido de las frutas acelera la pérdida de peso de agua lo cual puede acelerar el oscurecimiento y el

ablandamiento del tejido. Los frutos mínimamente procesados son más susceptibles a la pérdida de agua que muchos productos vegetales intactos, porque muchas de las barreras que previenen la pérdida de agua son removidas durante su procesamiento.

Las pérdidas de peso se acentúan de acuerdo con la época de máximos valores de intensidad respiratoria; debido a los cambios estructurales en la pared y membrana celular durante la maduración, la epidermis presenta una menor resistencia a las pérdidas de agua (Paul y Chen, 1989).

### **5.3. Color**

#### **5.3.1. Luminosidad**

La luminosidad o también llamada brillantez mostró diferencias estadísticamente significativas a 5 °C (Cuadro 6), como era de esperarse, en esta variable influyó el color característico de cada tuna, el comportamiento del testigo fue de manera decreciente, es decir, conforme pasaban los días de experimentación fue disminuyendo (Figura 3), sin embargo, para los tratamientos que tenían inmersión los resultados son muy variables. En el noveno y decimoséptimo días todos los tratamientos incluido el testigo presentan diferencias significativas. En el caso del cloruro de calcio 5 % y el lactato de calcio 5 % los frutos presentan sus mínimos valores 27.754 y 29.703 respectivamente, mientras que para el lactato de calcio 3 % se presenta el menor valor (27.286) el día diecisiete. El testigo solo presenta diferencias significativas el día 17. La temperatura de conservación de la tuna mínimamente procesada influye en retrasar el oscurecimiento de la fruta presentando diferencias significativas desde un inicio del experimento, valores similares a los obtenidos por Añorve (1999). Al respecto Kader (2002) concluyó que almacenar frutos en frigoconservación reduce mecanismos metabólicos

degradativos que provocan pérdida de calidad, como lo es el oscurecimiento por acción de fenoles.

Los resultados obtenidos en este trabajo difieren de los reportados por Corrales *et al.* (2006) quienes encontraron que tuna entera mínimamente procesada y refrigerada a 4 °C tuvo una media de 54.21° de luminosidad cuyos valores son superiores a los obtenidos en esta investigación.

El pardeamiento o superficie oscura es uno de los principales problemas fisiológicos de las frutas mínimamente procesadas y conduce a la pérdida de calidad en productos de IV Gama. Es el resultado de la oxidación de sustratos fenólicos presentes en el producto por la enzima polifenoloxidasas PPO (McEvily *et al.* 1992). El grado de oscurecimiento depende de las concentraciones de PPO activa, compuestos fenólicos, pH, temperatura y oxígeno que se produce en los tejidos, así como de la presencia de compuestos antioxidantes (Kader, 2002). Los altos niveles de la enzima PPO se encuentran generalmente en los tejidos que son ricos en compuestos fenólicos. Los niveles de PPO y los sustratos de PPO cambian durante el ciclo de vida de las frutas y verduras.

El cambio en la brillantez es más acelerado en los frutos madurados en condiciones ambientales respecto a los mantenidos en frigoconservación, lo cual evidencia el retardo de las reacciones metabólicas a bajas temperaturas (Artés, 2000).

Cuadro 6. Luminosidad en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	37.370 a <sup>z</sup>	40.268 b	38.381 abc	27.754 a	34.879 ab
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	34.248 a	39.791 b	34.132 c	31.931 a	44.552 b
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	37.906 a	36.401 b	35.373 bc	29.703 a	33.533 ab
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	39.877 a	37.613 b	41.302 ab	31.418 a	27.286 b
<b>Testigo</b>	43.189 a	49.468 a	43.914 a	38.987 a	32.028 ab
<b>DMSH</b>	9.251	5.740	6.185	12.331	13.611
<b>CV (%)</b>	8.938	5.247	5.960	14.358	14.700

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de luminosidad a 20 °C, el testigo no presentó diferencias significativas durante el experimento, para los demás tratamientos si se manifestaron efectos relevantes con excepción del día 5 en el no se presentaron diferencias significativas. El testigo presenta su mayor valor (51.998°) el día 3, los tratamientos cloruro de calcio 5 %, cloruro de calcio 3 %, lactato de calcio 5 % y lactato de calcio 3 % presentan los valores más altos el día 17.

Cuadro 7. Luminosidad en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	38.677 b <sup>z</sup>	37.874 bc	49.050 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	30.343 c	41.543 ab	43.419 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	40.674 ab	40.579 bc	42.341 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	37.051 bc	30.227 c	40.883 a
<b>Testigo</b>	48.458 a	51.998 a	45.638 a
<b>DMSH</b>	8.228	11.226	15.108
<b>CV (%)</b>	7.843	10.329	12.701

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

El ácido ascórbico ha sido aplicado en combinación con los ácidos orgánicos y sales de calcio, particularmente cloruro de calcio, para evitar el oscurecimiento enzimático y mantener la firmeza de la fruta (Varela *et al.*, 2007).

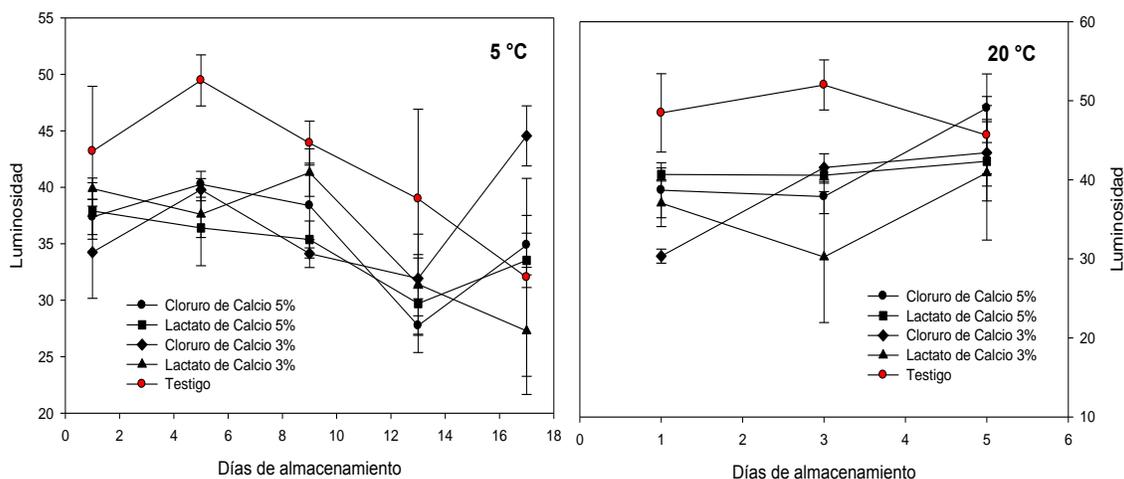


Figura 3. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de luminosidad en tuna mínimamente procesada a 5 y 20 °C de almacenamiento.

Generalmente se acepta que las atmósferas modificadas (AM) contribuyen a evitar la degradación de clorofila (Mir y Beaudry, 2004). Sin embargo, en este trabajo se muestra que el fruto de tuna si bien no se caracteriza por cambios importantes en los atributos de color, las AM tampoco contribuyen a mejorar la apariencia.

### 5.3.2. Croma

En el Cuadro 8 se observan los resultados de cromaticidad a 5 °C, se comprueba que no existe diferencia significativa entre los tratamientos a través de los días de almacenamiento, es importante mencionar que el uso de atmósferas modificadas e inmersiones de calcio no aportan ninguna mejora a la variable evaluada, ya que solo

ocurre un ligero aumento como consecuencia de los efectos de maduración y senescencia de los frutos.

Martínez (2008) reporta valores de cromaticidad de 20.38° para tuna mínimamente procesada y almacenada a 0 y 20 °C muy parecidos a los encontrados por Añorve (1999) y López (2001), quienes reportaron valores de cromaticidad de 19.2° estos resultados son inferiores a los encontrados en este experimento.

Cuadro 8. Croma en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	29.051a <sup>z</sup>	29.051 a	29.380 a	17.779 a	34.348 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	22.618 a	22.618 a	18.307 a	37.907 a	42.253 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	22.727 a	22.727 a	27.257 a	31.890 a	51.455 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	20.817 a	20.817 a	26.198 a	25.401 a	26.054 a
<b>Testigo</b>	21.207 a	19.634	28.577 a	24.192 a	30.101 a
<b>DMSH</b>	11.884	10.064	15.573	27.456	25.524
<b>CV (%)</b>	18.993	16.304	22.338	37.244	25.781

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Los resultados de cromaticidad a 20 °C, no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Se observa que el croma aumentó conforme transcurrió el período de almacenamiento a excepción del tratamiento de cloruro de calcio 5 % en el cual disminuye durante la investigación y el lactato de calcio 3 % en el que se presenta un ligero descenso el día 3 para posteriormente ascender (Cuadro 9).

Cuadro 9. Croma en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	23.631a <sup>z</sup>	20.515 a	19.611 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	21.582 a	25.120 a	25.324 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	21.720 a	21.728 a	26.379 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	21.218 a	18.427 a	26.379 a
<b>Testigo</b>	22.716 a	25.297 a	26.526 a
<b>DMSH</b>	11.921	21.111	16.674
<b>CV (%)</b>	20.006	35.360	24.976

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Los atributos sensoriales están dados por aroma, sabor, color y textura. Por lo que éstos, deben examinarse cuidadosamente cuando se determina la vida de anaquel de los frutos y vegetales frescos cortados (FVFC) (Beaulieu y Baldwin, 2001).

El color y su uniformidad son dos de las principales características que determinan la calidad de un fruto u hortaliza y se utilizan frecuentemente como un índice de frescura, palatabilidad y valor nutritivo del producto ya que se relaciona con la intensidad del sabor y la dulzura, siendo el más importante en la aceptabilidad del producto (Mercado-Silva y Aquino-Bolaños, 2005).

El comportamiento que siguieron los tratamientos durante el tiempo que duro el experimento con respecto al testigo fue muy similar, empero todos los tratamientos a 5 °C a excepción del lactato de calcio 5 % y cloruro de calcio 3 % que exhibieron los valores más altos el último día. Por otro lado los tratamientos a 20 °C presentan valores más bajos que el testigo (Figura 4).

Wang (1982) mencionó que las plantas sensibles al frío pueden sufrir diferentes tipos de estrés al someterse a bajas temperaturas, siendo reversibles estos cambios cuando el tiempo de exposición es corto e irreversible en períodos prolongados.

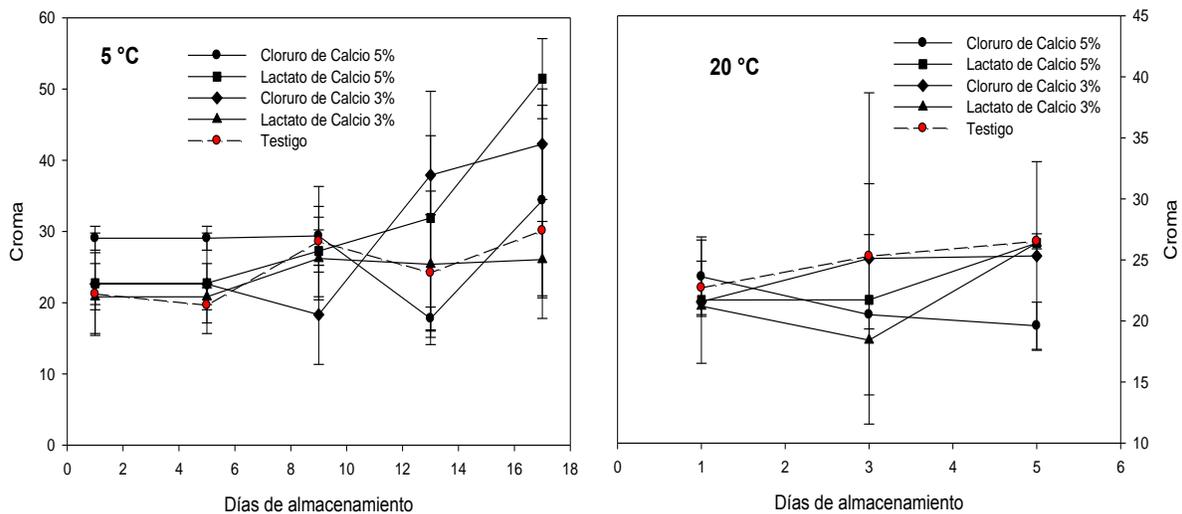


Figura 4. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de croma en tuna mínimamente procesada, almacenada a 5 y 20 °C.

### 5.3.3. Tono

El ángulo hue a 5 °C no presentó diferencias significativas entre tratamientos ni durante el tiempo de experimentación, se observa que al inicio del experimento los valores son altos, mientras que los días 5 y 9 disminuyen, el día 13 hay un aumento siendo en este día cuando se presentan los valores más altos en la variable evaluada para posteriormente disminuir (Cuadro 9), en general con la temperatura a 5 °C se presentaron valores más bajos en comparación a los resultados obtenidos a 20 °C y cuyos datos si presentan diferencias significativas entre tratamientos solo el primer día, en los tratamientos con cloruro de calcio 5 %, lactato de calcio 5 % y lactato de calcio 3 % los valores van disminuyendo conforme pasan los días de la experimentación,

mientras que con el cloruro de calcio 3 % y el testigo se presenta una ligera disminución para posteriormente aumentar (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tono en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	70.760 a <sup>z</sup>	29.051 a	29.380 a	73.655 a	30.63 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	62.938 a	22.618 a	18.307 a	77.011 a	68.96 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	60.158 a	22.727 a	27.257 a	75.414 a	62.52 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	75.260 a	20.817 a	26.198 a	65.875 a	74.64 a
<b>Testigo</b>	81.272 a	19.634 a	29.380 a	77.022 a	43.36 a
<b>DMSH</b>	31.288	10.064	15.573	30.917	55.014
<b>CV (%)</b>	16.615	16.304	22.338	15.591	36.543

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Corrales *et al.* (2006) encontraron valores de 109.85° para tuna mínimamente procesada a 4 °C, mientras que Ávila (2007) obtuvo resultados de 102.97° en la variable en cuestión para tuna mínimamente procesada, refrigerada a 5.5 °C y con cubierta plástica, valores por encima de los encontrados en este estudio, caso contrario lo obtuvo Martínez (2008) quien reportó valores de 68.47° en tuna mínimamente procesada a 5 y 20 °C.

La temperatura de conservación del mínimo procesado afectó esta variable ya que presentó diferencias significativas para la temperatura a 20 °C (Cuadro 11), efectos contrarios a los encontrados por Martínez (2008) el cual reportó que no existían diferencias significativas para tuna mínimamente procesada a 0 y 20 °C. De la misma

manera Añorve (1999) no encontró diferencia significativa de esta variable en frutos de tuna cv. Cristalina mínimamente procesada y conservada en refrigeración.

Cuadro 11. Tono en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	83.195 a <sup>z</sup>	76.271 a	70.53 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	56.807 b	80.322 a	47.12 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	80.956 a	74.070 a	70.18 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	82.823 a	73.498 a	64.68 a
<b>Testigo</b>	63.326 ab	87.335 a	73.61 a
<b>DMSH</b>	23.503	32.223	35.574
<b>CV (%)</b>	11.912	15.314	20.297

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Ajorva y Galvis (2000) afirman que los largos periodos de almacenamiento a bajas temperaturas pueden afectar considerablemente el color de los frutos, ya sea originando decoloración de la corteza o incapacidad para madurar.

Los cambios en la pigmentación de las frutas durante la maduración y almacenamiento son producto de diversos tipos de estrés donde pueden participar las enzimas oxidantes como la oxidasa y polifenoloxidasa, dadas las circunstancias de estrés en la fruta por las bajas temperaturas y periodos largos de almacenamiento (Knee, 1972).

El decremento del índice de saturación y del ángulo de tono con el periodo de almacenamiento (Figura 5) se relaciona directamente con el cambio en la apariencia de la tuna, provocando la pérdida del color verde característico, ligero oscurecimiento, como posibles síntomas de senescencia y daños por frío.

El procesamiento mínimo de los frutos provoca la destrucción de las superficies celulares y tejidos inferiores. Las reacciones enzimáticas promueven el deterioro en las características sensoriales de la fruta así como la alteración del aroma, decoloración y pérdida de firmeza (Wiley, 1997).

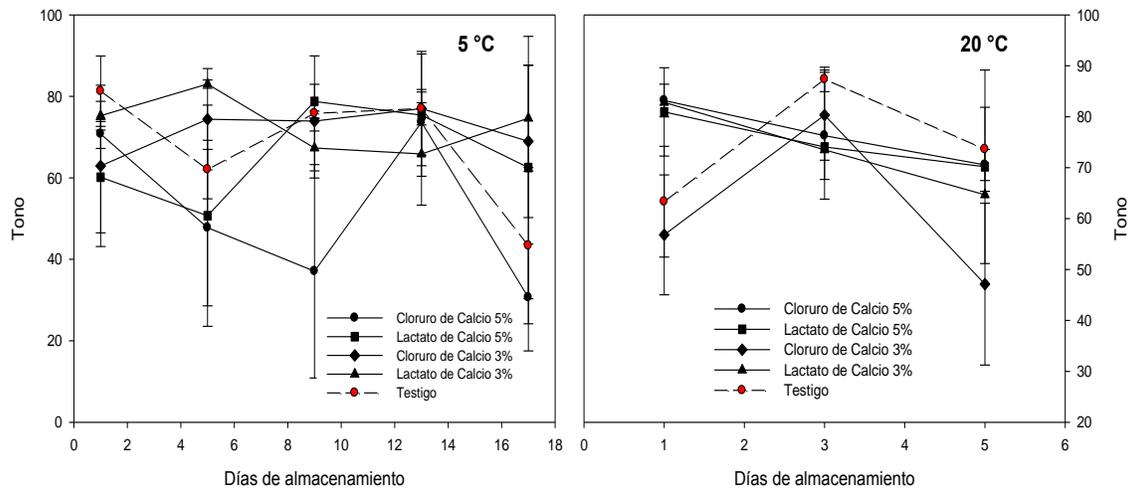


Figura 5. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de tono en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C.

#### 5.4. Firmeza

En el Cuadro 12 se observan los resultados de las medias de Tukey para la firmeza en tuna mínimamente procesada, no se encontraron diferencias significativas, lo que quiere decir es, que todos los tratamientos evaluados producen el mismo efecto en esta variable. En el caso de los tratamientos sometidos a una temperatura de almacenamiento de 5 °C, en el lactato de calcio 3 % se presentó al inicio del experimento el valor más bajo en comparación en los tratamientos restantes, con el cloruro de calcio 5 % se tuvo un comportamiento decreciente excepto el día 17 que hubo un aumento. En cambio con el cloruro de calcio 3 %, y lactato de calcio 5 % se

obtuvieron descensos los días 5 y 13. El testigo se comporto de manera ascendente durante la experimentación salvo el día 13 para posteriormente tener un ligero aumento.

Cuadro 12. Firmeza en frutos en tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	7.233 a <sup>z</sup>	6.066 a	5.933 a	4.600 a	6.300 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	6.633 a	5.733 a	6.700 a	4.733 a	6.333 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	7.166 a	6.633 a	7.133 a	5.433 a	5.900 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	4.966 a	6.666 a	7.233 a	5.266 a	6.733 a
<b>Testigo</b>	6.800 a	7.100 a	7.933 a	5.533 a	6.100 a
<b>DMSH</b>	2.284	1.717	2.419	2.647	2.796
<b>CV (%)</b>	12.958	9.926	12.886	19.267	16.591

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

El comportamiento de la firmeza a 20 °C en el cloruro de calcio 5 % fue decreciente, en comparación los tratamientos cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 5 % que tuvieron un descenso solo el tercer día, el lactato de calcio 3 % y el testigo presentan un incremento durante el estudio (Cuadro 13).

Cuadro 13. Firmeza en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	7.166 a <sup>z</sup>	6.066 a	5.933 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	6.633 a	5.733 a	6.700 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	7.233 a	6.633 a	7.133 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	4.966 a	6.666 a	7.233 a
<b>Testigo</b>	6.766 a	7.100 a	7.933 a
<b>DMSH</b>	2.747	1.717	2.419
<b>CV (%)</b>	15.601	9.926	12.886

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Martínez (2008) encontró diferencias significativas en cuanto al factor temperatura de almacenamiento (20 y 0 °C); en otro estudio López (2001), encontró diferencia si se almacenan tunas mínimamente procesadas a 2 o 5 °C, con respecto a 20 °C, en ambas investigaciones se encontraron valores superiores a los encontrados en este trabajo, al respecto Watada *et al.* (1996), mencionan que uno de los factores de deterioro de los productos mínimamente procesados lo constituye el rápido ablandamiento de los tejidos, principalmente por la acción de las enzimas hidrolíticas, las cuales son estimuladas por las pérdidas en la compartimentalización celular en cuyo caso se presenta la mezcla de los sustratos respectivos, al aplicar refrigeración se retrasa dicho proceso por lo que ayuda a mantener la firmeza de los frutos.

King (1990) estableció que la pérdida de firmeza está caracterizada por el ablandamiento de la pulpa, lo cual va acompañado por la hidrólisis de las pectinas por la acción de pectinesterasa y poligalacturonasa, con los subsecuentes debilitamientos de los tejidos y estructuras de la pared celular. Rolle y Chism (1987) reportaron que las heridas causan la degradación de la membrana lipídica propiciando degradación enzimática de los sistemas membranales dañados, causando pérdida de compartimentalización de enzimas y sustratos. El comportamiento observado durante el almacenamiento de los frutos de tuna mínimamente procesada, permite asumir pérdidas de firmeza debido a cambios en el metabolismo enzimático relacionado con la pared celular, inducidos por la temperatura y daño debido a la eliminación de la cáscara.

Lamikanra (2002) mencionó que el ablandamiento y la asociación con pérdida de la integridad y la filtración del jugo de algunos productos recién cortados puede ser la

causa principal de la mala calidad. El aumento de la concentración de calcio en el tejido puede ralentizar su tasa de ablandamiento. Además, la firmeza inicial, la temperatura y la vibración influyen en la tasa de ablandamiento y filtración del jugo de frutas de IV Gama.

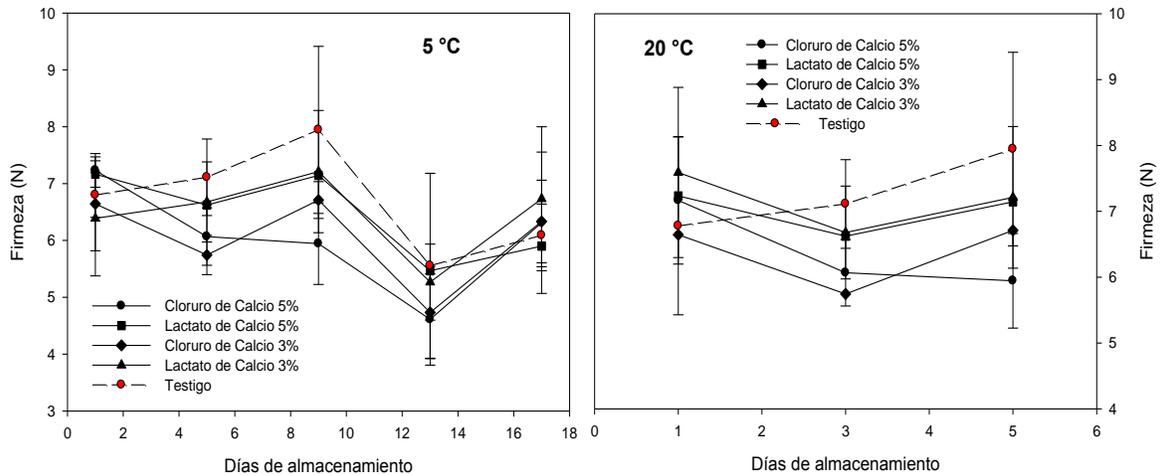


Figura 6. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de firmeza en tuna mínimamente procesada y refrigerada 5 y 20 °C.

### 5.5. Sólidos solubles totales

Se puede observar el máximo aumento el quinto día de muestreo de los sólidos solubles totales en tuna mínimamente procesada a 5 °C para después disminuir, solo hubo efecto significativo el día 5 (Cuadro 13), mientras que a 20 °C el primer día del experimento presentó los valores más bajos para posteriormente aumentar, cabe mencionar que a esta temperatura solo existió diferencia el quinto día (Cuadro 14). Chávez y Saucedo (1985) reportaron aumento en el contenido de sólidos solubles en tunas almacenadas a 18 °C de la misma forma Barbera *et al.* (1992) y Cantwell (1995) publicaron incrementos en el contenido de sólidos solubles así como de azúcares, a

medida que avanzaba el estado de madurez de los frutos debido a la hidrólisis de carbohidratos complejos a azúcares.

Cuadro 14. Sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	11.777 a <sup>2</sup>	13.733 a	12.933 ab	12.910 a	13.490a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	11.355 a	13.888 a	12.977 ab	12.623 a	13.156 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	11.311 a	12.733 a	12.733 ab	12.490 a	12.490 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	12.200 a	12.444 a	12.511 b	12.266 a	12.490 a
<b>Testigo</b>	12.755 a	13.977 a	14.022 a	12.710 a	13.066 a
<b>DMSH</b>	2.316	2.328	1.364	1.808	0.030
<b>CV (%)</b>	7.257	6.489	3.894	5.341	3.968

<sup>2</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Por su parte Cantwell *et al.* (1985) manifestaron que en frutos maduros de tres selecciones de tuna blanca, los SST de la pulpa se incrementaron en menos de 1 % durante su almacenamiento por un mes a 20 °C. Los mismos autores comentaron un decremento ligero en los SST debido probablemente a la hidrólisis de algún tipo de derivado de carbohidrato diferente al almidón.

Corrales *et al.* (2006) encontraron para tuna mínimamente procesada a diferentes temperaturas (2, 6 y 10 °C) para el día 0 un porcentaje de SST de 13.8 para las temperaturas evaluadas, mientras que a los 12 días de experimentación reportan una disminución de 11.9, 11.7 y 11.5 para cada temperatura estudiada. Martínez (2008) encontró un aumento en la concentración de sólidos cuando se almacena la tuna

mínimamente procesada a 20 °C y un aumento más lento en refrigeración a 0 °C con diferencia significativa a partir del segundo día de evaluación (Cuadro 15).

Cuadro 15. Sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	12.800 a <sup>z</sup>	13.511 a	13.266 b
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	12.377 a	13.333 a	13.577 ab
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	12.933 a	12.333 a	12.777 b
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	12.733 a	13.511 a	13.266 b
<b>Testigo</b>	13.311 a	12.822 a	15.400 a
<b>DMSH</b>	0.005	1.892	1.997
<b>CV (%)</b>	2.963	5.375	5.442

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Arellano (2011) reportó diferencias en las temperaturas utilizadas (4 y 20 °C) de tuna mínimamente procesada, observó que a 4 °C presentaron mayor concentración de °Brix.

En general el comportamiento de los °Brix en el transcurso del tiempo fue disminuyendo (Figura 7) en comparación a un estudio realizado en mango mínimamente procesado y cortado en rectángulos, refrigerado a 30 y 10 °C respectivamente, donde el comportamiento fué en aumento durante el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Sothornvit and Rodsamran, 2008).

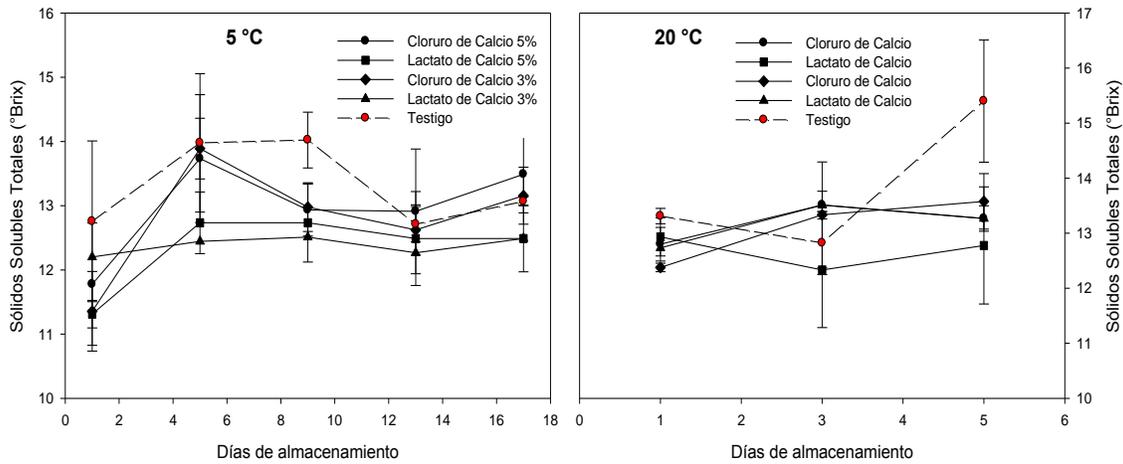


Figura 7. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de sólidos solubles totales en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C.

### 5.6. Acidez titulable

La acidez titulable es un parámetro bastante objetivo de la percepción ácida detectada para los consumidores (Hobson, 1993), sin embargo, los compuestos ácidos encontrados en tuna aparecen en bajas cantidades y el fruto no está reconocido con un carácter ácido. De esta forma, se considera que los cambios detectados no resultan importantes en la modificación de la percepción del sabor.

Para esta variable el análisis estadístico arrojó efecto significativo para las temperaturas evaluadas particularmente el noveno, decimotercero y decimoséptimo día en el caso de frutos refrigerados a 5 °C (Cuadro 16), mientras que a 20 °C se presentaron diferencias los días 3 y 5. La refrigeración a 5 °C generó mayores porcentajes de ácido cítrico y se presentaron los máximos valores el primer día, después disminuyeron para posteriormente incrementar. De la misma forma a 20 °C el comportamiento de la acidez de los frutos fue en aumento (Cuadro 17).

Cuadro 16. Acidez titulable (% ácido cítrico) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	0.396 a <sup>z</sup>	0.035 a	0.960 a	0.962 a	1.089 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	0.313 a	0.037 a	0.520 abc	0.526 ab	0.974 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	0.311 a	0.045 a	0.067 bc	0.081 b	0.091 b
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	0.292 a	0.037 a	0.551 ab	0.864 a	1.029 a
<b>Testigo</b>	0.405 a	0.034 a	0.061 c	0.045 b	0.062 b
<b>DMSH</b>	0.124	0.014	0.487	0.635	0.497
<b>CV (%)</b>	13.463	14.096	41.927	47.700	28.523

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 17. Acidez titulable (% ácido cítrico) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	0.097a <sup>z</sup>	0.143 ab	0.438 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	0.035 a	0.208 a	0.176 bc
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	0.074 a	0.143 ab	0.068 c
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	0.090 a	0.163 ab	0.338 ab
<b>Testigo</b>	0.050 a	0.061 b	0.123 c
<b>DMSH</b>	0.071	0.123	0.167
<b>CV (%)</b>	38.108	31.946	27.214

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Los resultados obtenidos indican que la acidez titulable de tuna cv. 'Alfajayuca' mínimamente procesada, está influenciada por la temperatura durante el almacenamiento.

Diversas investigaciones han reportado tanto en frutos intactos como mínimamente procesados de tuna y de otros frutos (Martínez, 2008; Domínguez, 1995; Sepúlveda, 1999, Añorve, 1999; López, 2001) una disminución de la acidez titulable en

poscosecha, atribuyendo esto a que los frutos utilizan principalmente ácidos orgánicos como sustratos respiratorios, ocasionado con esto una disminución considerable de los mismos.

El comportamiento de la acidez titulable a 5 °C presentó los máximos valores al inicio del experimento para inmediatamente tener un descenso en el caso del tratamiento con lactato de calcio 5 % y el testigo que mantuvieron una tendencia constante, en los tres tratamientos restantes los frutos incrementaron su acidez después del quinto día, con respecto a los frutos sometidos a 20 °C el primer día presenta sus valores más bajos, posteriormente y en particular el cloruro de calcio 5 %, lactato de calcio 3 % y testigo mantuvieron una tendencia ascendente mientras que el cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 5 % tuvieron un aumento el día 3 y finalmente descendieron (Figura 8).

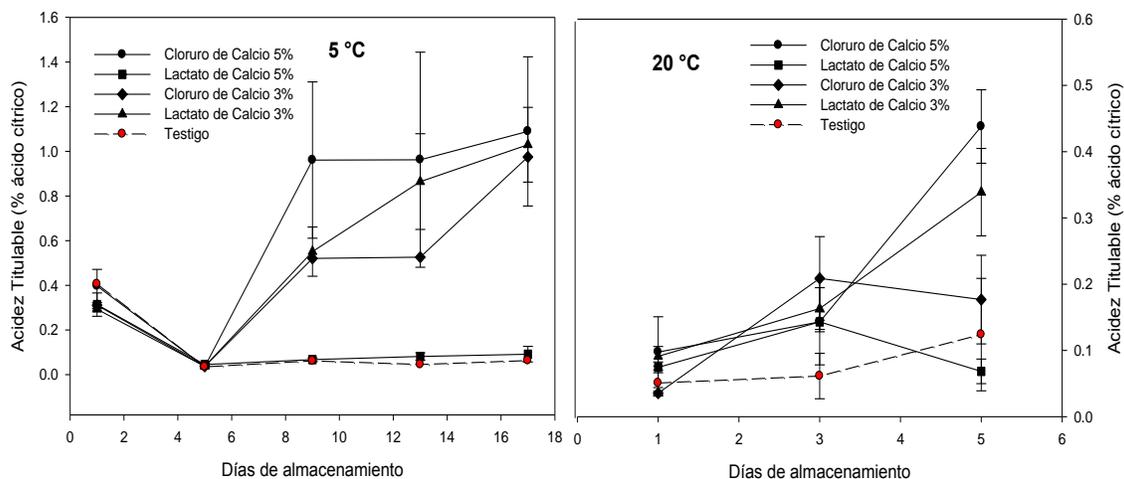


Figura 8. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de acidez titulable en tuna mínimamente procesada refrigerada a 5 y 20 °C.

El aumento de la acidez en los frutos almacenados en atmósferas modificadas es producto de la actividad fermentativa de los frutos que han presentado anaerobiosis.

El comportamiento de acidez puede explicarse por la presencia de altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. La acumulación de CO<sub>2</sub> durante la respiración es la responsable del incremento de la acidez (Bown, 1985).

### **5.7. Relación SST/AT**

A partir del noveno día se presentaron las diferencias significativas en la relación SST/AT, sin embargo, el día uno se hallaron los valores más bajos como consecuencia de la disminución de los sólidos solubles totales y aumento de la acidez titulable, entretanto el tercer día se presenta un aumento en todos los tratamientos evaluados como efecto del incremento de los sólidos solubles y disminución de la acidez titulable, a partir del noveno día los tratamientos manifestaron diferentes comportamientos. Los tratamientos de cloruro de calcio 5 % y testigo exhiben un descenso el noveno día, posteriormente un ligero aumento el día 13 para después disminuir el día 17, mientras que los tratados con cloruro de calcio 3 %, lactato de calcio 5 % y lactato de calcio 3 % a partir del noveno día y hasta el final del experimento presentaron una disminución, el valor más bajo 2.919 lo presentó el lactato de calcio 5 % el primer día y el más alto 281.83 lo presentó el testigo del decimotercer día, este último mostró los mayores datos durante la investigación (Cuadro 18).

Cuadro 18. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	3.850 a <sup>z</sup>	39.314 a	14.47 b	17.46 c	13.01 b
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	2.919 a	31.307 a	26.99 b	24.13 c	13.72 b
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	3.712 a	34.142 a	190.91 a	156.86 b	148.93 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	4.165 a	33.871 a	23.41 b	14.61 c	12.28 b
<b>Testigo</b>	3.151 a	40.602 a	239.87 a	281.83 a	215.44 a
<b>DMSH</b>	1.540	13.285	87.151	48.55	84.242
<b>CV (%)</b>	16.108	13.791	32.717	18.253	38.860

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En el Cuadro 19 se muestran los resultados obtenidos para tuna mínimamente procesada y refrigerada a 20 °C los cuales presentaron diferencias significativas los días 1 y 3 a excepción del día 5 que no hubo efectos importantes, es relevante mencionar que el máximo valor lo presentó el testigo al tercer día de frigoconservación, mientras que el dato más pequeño se encontró en el lactato de calcio 3 % al inicio de la investigación, entretanto el cloruro de calcio 5 % manifestó un comportamiento de manera descendente a medida que transcurrieron los días de refrigeración, mientras que el cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 5 % arrojaron un incremento al paso de los días de muestreo, durante la investigación el lactato de calcio 3 % y testigo manifestaron un aumento significativo el día 3 posteriormente el día 5 disminuir.

Cuadro 19. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable de frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	189.922 a <sup>z</sup>	94.05 ab	30.63 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	16.765 c	67.54 b	113.53 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	36.541 cd	87.19 b	194.61 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	14.252 d	85.07 b	40.17 a
<b>Testigo</b>	28.638 bc	254.92 a	216.86 a
<b>DMSH</b>	14.039	162.95	259.67
<b>CV (%)</b>	9.129	51.497	81.096

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Los tratamientos que tuvieron la máxima relación sólidos solubles totales/ acidez titulable durante el periodo de evaluación fueron: el lactato de calcio 5 % y el testigo a 5 °C, así también se observa que los tratamientos que al final de la evaluación tuvieron la mínima relación de SST/AT fueron: cloruro de calcio 5 %, cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 3 % almacenados en frío a 5 °C. El día 9 el lactato de calcio presentó un pico en el registro de la variable antes mencionada, mientras que el testigo presentó un máximo el día 13.

El lactato de calcio 5 %, cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 3 % tuvieron una tendencia ascendente durante el periodo de experimentación excluido el último que manifestó un descenso contrario al cloruro de calcio 5 % que presentó un comportamiento descendente durante el período de frigoconservación mientras que el testigo mostró la mayor relación de SST/AT teniendo su máximo el día 3 a 20 °C (Figura 9).

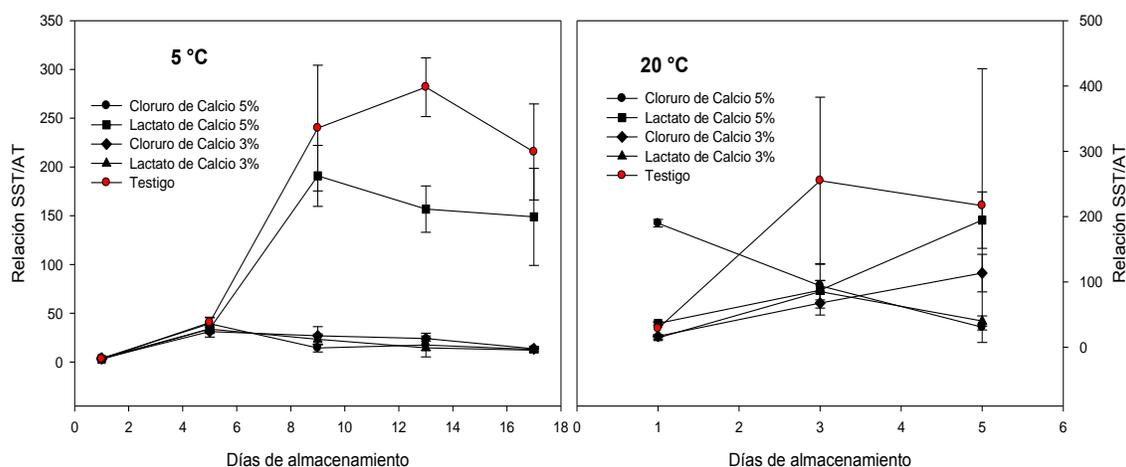


Figura 9. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de relación sólidos solubles totales/acidez titulable en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C.

Añorve *et al.* (2006) encontraron que los sólidos solubles totales experimentaron un ligero descenso en comparación con el valor inicial (11.8 °Bx), mientras que la AT disminuyó de 0.06 a 0.040-0.50%, asociado con el aumento de pH. Cantwell (1991) también encontró incremento en azúcares totales y decremento en sólidos solubles asociándolos con la hidrólisis de carbohidratos complejos de azúcares. La presencia de hidratos de carbono afectó el índice de refracción, como los hidratos de carbono son hidrolizados, los valores de sólidos solubles cambiaron y el contenido de azúcares aumentó. Los valores de pH y acidez demostraron que este producto tiene baja acidez que disminuyó durante el almacenamiento, sin embargo, los valores están dentro de la amplia gama de variabilidad reportados para esta fruta (Domínguez-López, 1995).

## 5.8. Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico es uno de los compuestos que más rápido se degradan (Barbeau, 1990). Las diferencias significativas para la variable en cuestión solo se

presentaron para el quinto y decimoséptimo día a 5 °C, por otro lado la fruta refrigerada a 20 °C solo tuvo efecto el primer día de experimentación. Martínez (2008) determinó 39.95 mg·100 g<sup>-1</sup> de contenido de vitamina C para 0 y 20 °C, existiendo diferencias significativas a ambas temperaturas evaluadas, sin embargo, en el caso de esta investigación se presentaron valores inferiores. Lee y Kader (2000) mencionaron que por lo que general los frutos y vegetales recién cosechados contienen más vitamina C que aquellos que ya están almacenados, así mismo mencionan que para evitar las pérdidas de poscosecha deberá encontrarse a una temperatura de conservación adecuada y esta dependerá del tipo de fruta, del estado de madurez y del tiempo de almacenamiento.

Cuadro 20. Vitamina C (mg/100g) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	35.354a <sup>z</sup>	28.806 ab	28.806 a	28.806 a	26.935 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	31.612 a	27.871 ab	25.064 a	20.387 a	11.968 bc
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	35.354 a	25.064 b	19.452 a	26.000 a	11.032 bc
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	27.871 a	20.387 b	33.483 a	25.064 a	8.226 c
<b>Testigo</b>	23.847 a	39.096	44.709 a	25.064 a	20.387 ab
<b>DMSH</b>	23.847	11.519	27.05	13.905	12.16
<b>CV (%)</b>	24.969	15.177	33.219	20.645	28.805

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 21. Vitamina C (mg/100 g) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	24.129 a <sup>z</sup>	33.483 a	24.129 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	32.548 ab	37.225 a	24.129 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	25.064 b	27.871 a	25.064 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	24.129 b	31.612 a	15.710 a
<b>Testigo</b>	41.902 a	32.548 a	26.000 a
<b>DMSH</b>	13.49	15.818	14.44
<b>CV (%)</b>	16.986	18.086	23.357

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En la Figura 10 se muestra el comportamiento gráfico de los resultados obtenidos de la variable vitamina C, se observa que los frutos evaluados a 5 °C tienden a descender durante los días de almacenamiento así mismo el control muestra un aumento el día 9 para finalmente disminuir, en cambio a 20 °C solo el testigo presenta un descenso y los demás tratamientos asumieron un ligero aumento el tercer día de almacenamiento. Kader y Mitcham (1998) mencionaron que el tejido cortado puede acelerar la pérdida de vitaminas, especialmente las solubles en agua como la vitamina C, Shewfelt (1987), reportó que las condiciones de transporte y comercialización afectan las concentraciones de ácido ascórbico y vitamina C. Jaconimo *et al.* (2005) mencionaron que las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y bajas concentraciones de O<sub>2</sub> inhiben la síntesis de ácido ascórbico.

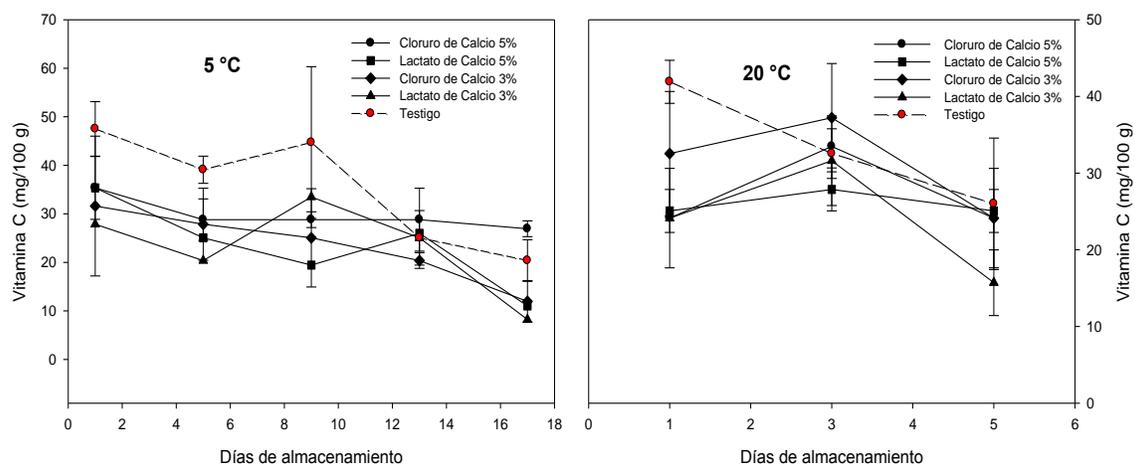


Figura 10. Comparación de tratamientos, contra testigo para la variable de vitamina C en tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 y 20 °C.

## 5.9. Producción de etanol y acetaldehído

### 5.9.1. Producción de etanol

En el Cuadro 22 se presentan los resultados de esta variable durante el almacenamiento, reportando un ligero incremento y diferencias significativas desde el día 5 hasta el 17, día en que se concluyó el experimento alcanzando una concentración máxima y que posteriormente un decremento significativo en el último día de frigoconservación. El incremento de la producción de etanol en los días finales se puede atribuir al aumento del estrés cuando se prolonga el tiempo de exposición, así como a la progresiva acumulación de este metabolito. La disminución de la producción en la parte final probablemente es respuesta al grado de desorden celular (de los tejidos), que provocan una rápida volatilidad de este metabolito a razón de la temperatura y flujo de aire en el medio que circulada al fruto (Kader, 1985). La producción de etanol por un período más largo puede atribuirse a la actividad de la

enzima alcohol deshidrogenasa en las condiciones de refrigeración que se establecieron 5.5 °C (Ávila, 2007).

Cuadro 22. Concentración de etanol (mg/100mL) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	42.11 a <sup>z</sup>	34.686 c	164.365 a	256.42 a	218.79 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	50.07 a	78.616 a	31.072 c	142.98 b	101.44 b
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	56.87 a	41.319 bc	83.700 b	31.07 c	58.09 b
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	56.80 a	60.440 abc	58.087 bc	95.70 bc	78.37 b
<b>Testigo</b>	37.66	62.352 ab	57.775 bc	47.72 bc	103.77 b
<b>DMSH</b>	38.158 a	26.391	27.602	103.58	96.029
<b>CV (%)</b>	29.158	17.701	13.002	33.583	31.880

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En el Cuadro 23 se muestran los resultados a 20 °C, los cuales presentan efecto significativo los tres días de experimentación, teniendo una producción mayor el día 3, también este mismo día se presentaron los máximos valores 605.38 mg·100ml<sup>-1</sup> y 537.65 mg·100ml<sup>-1</sup> para testigo y cloruro de calcio 5 %, respectivamente.

El agotamiento de O<sub>2</sub> en la atmósfera modificada, la acumulación de CO<sub>2</sub> y la misma permeabilidad de la película plástica favorecieron la desviación de la ruta respiratoria a un metabolismo fermentativo.

Cuadro 23. Concentración de etanol (mg/100mL) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	156.84 a <sup>z</sup>	537.65 ab	1397.8 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	131.87 a	348.38 c	261.6 b
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	43.25 b	404.60 bc	60.9 b
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	121.11 a	24.42 d	351.8 b
<b>Testigo</b>	6.54 b	605.38 a	284.2 b
<b>DMSH</b>	59.159	144.37	524.35
<b>CV (%)</b>	23.949	13.988	41.407

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Se observa el comportamiento de las temperaturas evaluadas a 5 y 20 °C (Figura 11), particularmente el tratamiento de cloruro de calcio 5 % presentó un incremento significativo de etanol en ambas temperaturas estudiadas en comparación a los demás tratamientos, conforme transcurrió el experimento fue aumentando la producción del metabolito hasta concluir el estudio. Es relevante mencionar que la temperatura es un factor importante en la producción de etanol en tuna mínimamente procesada esto debido a que a 20 °C existió más cantidad de etanol en un rango de 6.54-1397.8  $\text{mg} \cdot 100\text{ml}^{-1}$ , a diferencia de la producción obtenida a 5 °C que tuvo una tasa de 37.66-256.42  $\text{mg} \cdot 100\text{ml}^{-1}$ . De lo anterior es evidente que la temperatura induce al estrés en los frutos frigoconservados originando desviaciones metabólicas y la producción de metabolitos como el etanol (Figura 11). Al respecto Ávila (2007), reportó la concentración de etanol significativamente mayor en la atmósfera de los frutos expuestos a 5.5 °C respecto a 1.5 °C, resultados similares a esta investigación ya que a mayor temperatura más contenido de etanol.

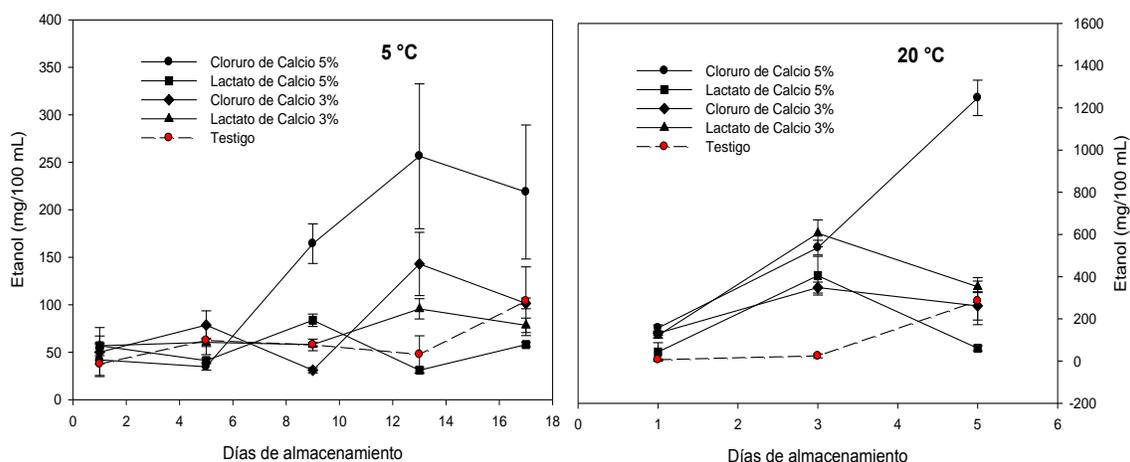


Figura 11. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de concentración de etanol en tuna mínimamente procesada y almacenada 5 y 20 °C.

La composición de la atmósfera inmediata a los frutos y la concentración de cada uno de sus componentes representan uno de los factores más importantes en la conservación de productos hortofrutícolas cuando se emplean tecnologías como lo son las atmósferas modificadas.

### 5.9.2. Producción de acetaldehído

Se presentaron diferencias significativas en la producción de acetaldehído a 5 °C el quinto, noveno y decimoséptimo día de experimentación y los resultados muestran un descenso durante el almacenamiento, es relevante mencionar que al inicio del experimento se presentaron los valores más altos de producción de este metabolito. En general todos los tratamientos incluido el testigo presentaron una baja considerable al noveno día de muestreo para posteriormente aumentar (cloruro de calcio 5 %, cloruro

de calcio 3 % y lactato de calcio 3 %) mientras que los restantes (lactato de calcio 5 % y el testigo) mostraron un descenso (Cuadro 24).

Cuadro 24. Concentración de acetaldehído (mg/100ml) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	29.935 a <sup>z</sup>	2.449 b	2.984 a	4.734 a	3.049 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	25.256 a	29.999 a	0.323 b	0.584 a	1.441 ab
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	31.239 a	13.932 b	0.904 ab	0.617 a	0.221 b
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	43.033 a	31.964 a	0.151 b	0.994 a	1.280 ab
<b>Testigo</b>	24.645 a	12.066 b	2.294 ab	0.694 a	1.096 ab
<b>DMSH</b>	24.602	13.538	2.599	4.273	2.422
<b>CV (%)</b>	29.705	27.862	72.637	104.319	63.581

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

La concentración de acetaldehído a 20 °C (Cuadro 25) presentó diferencias significativas en cuanto a la temperatura utilizada y la inmersión evaluada, también muestran una disminución conforme trascurrieron los días de almacenamiento. Por su parte el cloruro de calcio 3 % mostró el valor más alto al inicio del experimento y el valor más bajo al finalizar el experimento, el testigo presento los más bajos. Los valores oscilaron 0.221-43.033 mg·100mL<sup>-1</sup> a 5 °C entretanto los frutos refrigerados a 20 °C fluctuaron 0.338-54.992 mg·100mL<sup>-1</sup>. De acuerdo a lo encontrado por Ávila (2007) expuso que el contenido de acetaldehído de frutos empacados en polietileno y refrigerados a 1.5 °C al término del período de frigoconservación fue menor a los frutos que fueron empacados en polietileno y expuestos a 5.5 °C resultados que no concuerdan con los encontrados en esta investigación. Por su parte Smagula y Bramlage (1977) mencionan en el sentido de la concentración de acetaldehído se incrementa marcadamente durante la maduración a baja o alta temperatura. Según

Kader (1985), la epidermis, la cutícula, el tipo y grosor de cáscara, entre otros, fueron factores que influyen determinadamente en la concentración de este tipo de metabolitos, ya que están involucrados en la facilidad de su volatilización.

Cuadro 25. Concentración de acetaldehído (mg/100mL) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	45.931 a <sup>z</sup>	26.916 a	11.442 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	54.992 a	5.349 b	0.338 c
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	24.044 b	37.490 a	0.894 c
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	49.001 a	25.117 a	8.828 ab
<b>Testigo</b>	13.588 b	7.414 b	2.432 bc
<b>DMSH</b>	20.472	14.072	6.897
<b>CV (%)</b>	20.309	25.598	53.626

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

Corrales *et al.* (2006) encontró en tuna mínimamente procesada y frigoconservada a 4 °C una producción de acetaldehído ( $0.78 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ ) valor que se encuentran dentro de los encontrados en este trabajo.

Los cambios poscosecha de características internas del fruto, tales como pH, acidez, sólidos solubles, concentración de acetaldehído y etanol son relativamente bajos, mientras que el contenido de vitamina C puede reducirse de manera importante según las condiciones de almacenamiento (Inglese *et al.* 2002).

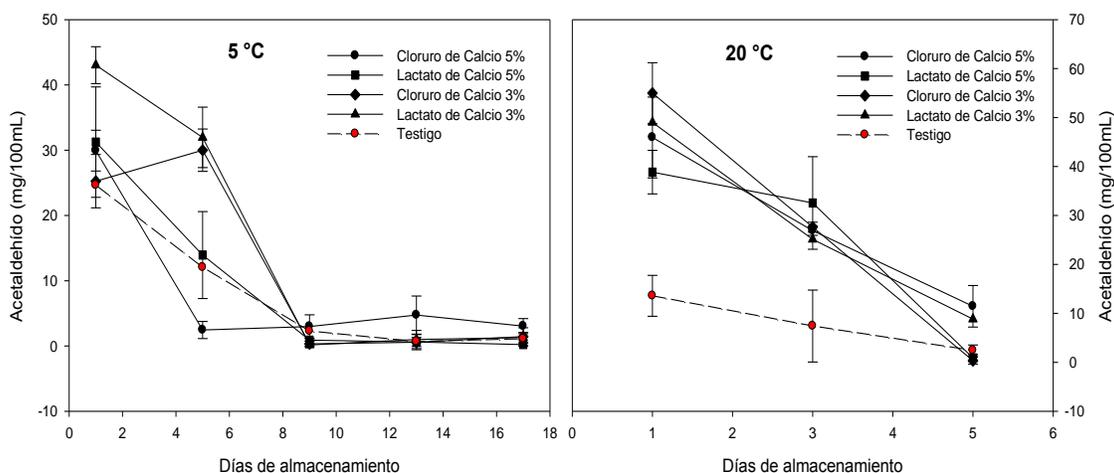


Figura 12. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de concentración de acetaldehído en tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 y 20 °C.

En la Figura 12 se muestra el comportamiento de los datos de la concentración de acetaldehído a 5 y 20 °C, se observa un decremento de la producción de acetaldehído en ambas temperaturas.

## 5.10. Tasa respiratoria

### 5.10.1. Producción de CO<sub>2</sub>

Los resultados encontrados a 5 °C de frigoconservación se exponen en el Cuadro 26 mostrando que no existieron diferencias significativas, cabe mencionar que los máximos valores se presentaron el último día de almacenamiento, no obstante se observa que el quinto día hubo un ligero descenso en la concentración de CO<sub>2</sub> en algunos de los tratamientos evaluados tal como lo es el cloruro de calcio a 5 % y cloruro de calcio 3 %, los demás tratamientos lactato de calcio 5 %, lactato de calcio 3 % y testigo manifestaron un ligero incremento. El máximo valor ( $6.335 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) lo exhibió el tratamiento con lactato de calcio 3 % al final del experimento, entretanto el menor valor

(1.715 mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) lo mostraron los frutos tratados con cloruro de calcio 5 % el día cinco. Añorve *et al.* (2006) apreciaron valores superiores de 8 a 22 mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> resultados superiores a los encontrados en este estudio. La velocidad de respiración de los productos mínimamente procesados es mayor en comparación con los productos intactos (Watada *et al.* 1996; Cantwell, 1996b; Aquino-Bolaños *et al.* 2000). Estos autores atribuyen esta respuesta a los daños mecánicos causados en el producto. Añorve *et al.* (2006) encontraron que no hubo efecto significativo en tuna mínimamente procesada refrigerada a 2 y 6 °C, lo que sugiere que estas temperaturas minimizan la respuesta a los daños mecánicos. Las concentraciones de bajo O<sub>2</sub> y alto CO<sub>2</sub> reducen la velocidad de respiración y la producción de etileno por lo tanto, retardan la maduración (Kader, 1985).

Cuadro 26. Producción de CO<sub>2</sub> (mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	1.740 a <sup>z</sup>	1.715 a	4.798 a	5.461 a	5.148 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	2.274 a	1.771 a	3.817 a	4.905 a	5.191 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	1.452 a	2.054 a	3.305 a	3.731 a	4.506 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	2.582 a	3.226 a	5.200 a	5.016 a	6.335 a
<b>Testigo</b>	2.235 a	2.655 a	3.229 a	4.251 a	4.770 a
<b>DMSH</b>	1.972	2.575	3.222	5.112	5.489
<b>CV (%)</b>	35.693	41.952	29.463	40.716	39.362

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

La producción de CO<sub>2</sub> en tuna mínimamente procesada a 20 °C si presentó diferencias significativas (Cuadro 27). Todos los tratamientos muestran un comportamiento ascendente a excepción del testigo que presenta un ligero descenso el tercer día de almacenamiento. El valor más bajo (4.893 mL·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) lo presentó el lactato de calcio 5

% al inicio del experimento, entretanto el valor más alto ( $35.259 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) lo obtuvo el cloruro de calcio 5 % al finalizar la investigación. De acuerdo con Arellano (2011) encontró mayor concentración de  $\text{CO}_2$  en los frutos almacenados a  $20^\circ\text{C}$  resultados que coinciden con este estudio.

Cuadro 27. Producción de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a  $20^\circ\text{C}$ .

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	5.534 ab <sup>z</sup>	14.072 a	35.259 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	7.334 ab	7.838 ab	25.569 ab
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	4.893 b	8.850 ab	14.849 ab
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	6.511 ab	7.415 b	19.087 ab
<b>Testigo</b>	9.479 a	8.412 ab	10.742 b
<b>DMSH</b>	4.337	6.412	22.33
<b>CV (%)</b>	23.909	25.608	39.381

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En la Figura 13 se observa el comportamiento de ésta variable, a  $5^\circ\text{C}$  se reportó un incremento gradual de la concentración de  $\text{CO}_2$ , mientras que los frutos almacenados a  $20^\circ\text{C}$ , en el caso del cloruro de calcio 5 % tuvo la mayor producción el final de experimento, los tratamientos restantes mantuvieron un aumento al concluir el estudio.

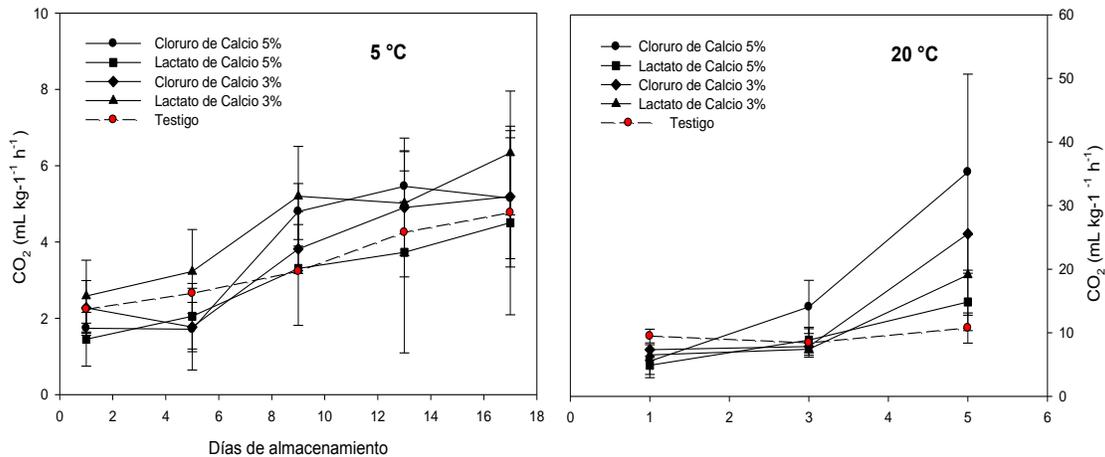


Figura 13. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de producción de CO<sub>2</sub> en tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 y 20 °C.

### 5.10.2. Producción de etileno

En el Cuadro 28 se observan las medias de producción de etileno de tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 °C, las cuales muestran diferencias significativas los días primero, quinto y decimotercero a excepción de los días noveno y decimoséptimo que no presentaron efectos significativos. Se puede apreciar que el cloruro de calcio 5 % tiene un comportamiento decreciente a excepción del decimoséptimo día que tuvo un ligero aumento, el cloruro de calcio 3 % inicio con un valor bajo para posteriormente incrementar el día 5, después nuevamente disminuyó ligeramente los días restantes. En el tratamiento con lactato de calcio 5 % se observó un valor bajo al principio del experimento siguiendo un aumento del día 5 al 13 y finalmente disminuyó drásticamente, por otro lado el lactato de calcio 3 % comienza con un bajo valor el día 1 después aumentó el día 5 baja el día 9 incrementa el día 13 y finalmente cerró el período de almacenamiento con un descenso, el testigo muestra el máximo valor el día 1, tiene un descenso el día 5 y 9, subsecuentemente aumenta el día 13 y después

disminuye el día 17. El valor más bajo lo presentó el cloruro de calcio 5 % el día 13 y el dato más alto lo presentó el control el primer día de almacenamiento.

Cuadro 28. Producción de etileno ( $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 5 °C.

Tratamiento	Días				
	1	5	9	13	17
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	23.833 ab <sup>z</sup>	14.757 b	7.957 a	3.243 c	3.902 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	8.998 bc	14.049 b	14.030 a	5.312 c	4.923 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	5.127 c	12.617 b	15.639 a	19.736 a	6.009 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	8.865 bc	17.062 b	6.624 a	9.479 bc	7.374 a
<b>Testigo</b>	32.825 a	28.580 a	7.609 a	17.002 ab	7.307 a
<b>DMSH</b>	16.824	10.77	11.079	9.057	5.533
<b>CV (%)</b>	39.303	23.017	39.753	30.767	34.885

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P\leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

La producción de etileno a 20 °C de tuna mínimamente procesada y con inmersiones de calcio manifestó efectos significativos particularmente el primer día de investigación, los días siguientes no hubo diferencias. Tres de los cinco tratamientos evaluados tuvieron un incremento el día tres en base a su valor inicial de experimentación (cloruro de calcio 5 %, lactato de calcio 5 % y testigo) sin embargo, el día cinco disminuyó la producción de etileno con la inmersión de cloruro de calcio 5 % y lactato de calcio 5 % entretanto el testigo obtuvo un aumento, mientras que el cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 3 % mantuvieron el tercer día un descenso, durante el quinto día presentaron un aumento y un descenso respectivamente. El menor valor lo presentó el cloruro de calcio 3 % el día tres, el valor más alto lo exhibió el testigo el día uno (Cuadro 29).

Cuadro 29. Producción de etileno ( $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en frutos de tuna mínimamente procesada almacenada a 20 °C.

Tratamiento	Días		
	1	3	5
<b>Cloruro de calcio 5 %</b>	20.650 ab <sup>z</sup>	22.187 a	9.712 a
<b>Cloruro de calcio 3 %</b>	12.807 b	7.491 b	15.763 a
<b>Lactato de calcio 5 %</b>	19.771 ab	23.943 a	11.916 a
<b>Lactato de calcio 3 %</b>	28.454 a	23.998 a	14.719 a
<b>Testigo</b>	28.875 a	17.647 a	20.901 a
<b>DMSH</b>	9.989	10.046	13.409
<b>CV (%)</b>	16.811	19.620	34.172

<sup>z</sup>Valores con letras distintas dentro de columnas indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P\leq 0.05$ . DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

En la Figura 14 se muestra el comportamiento de la producción de etileno el cual es muy cambiante durante los días de almacenamiento, pues conforme transcurrieron los días los tratamientos presentaron tendencias diferentes a excepción del cloruro de calcio 3 % y testigo a 20 °C que presentaron un comportamiento similar aunque el primero tuvo los valores más bajos, empero, todos los demás tratamientos en las dos temperaturas evaluadas mantuvieron un proceder distinto.

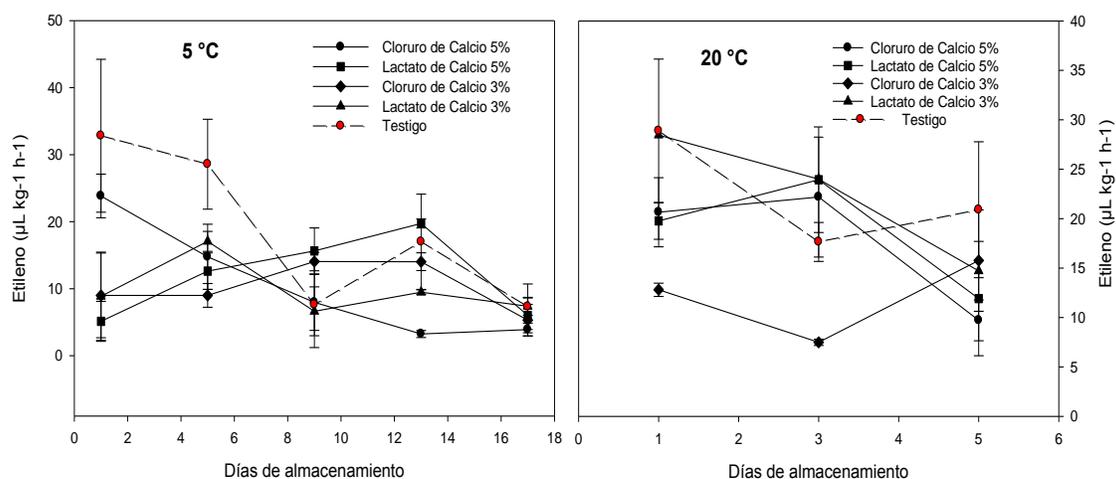


Figura 14. Comparación de tratamientos contra testigo para la variable de producción de etileno en tuna mínimamente procesada y refrigerada a 5 y 20 °C.

### **5.10.3. Sabor**

El sabor de las frutas y hortalizas depende del gusto (balance entre el dulzor y la acidez y la baja o ninguna astringencia) y el aroma (concentraciones de compuestos volátiles activos desde el punto de vista del olor) (Kader, 2008).

En el Cuadro 30 se observan los valores sensoriales de sabor y color, así como el olor, grado de oxidación y la comercialización de las muestras a 1, 9 y 17 d a 5 °C. Donde se nota que el sabor fue el único parámetro que presentó diferencias significativas el día 1 en comparación a los parámetros restantes, se muestra que los tratamientos tratados con cloruro de calcio mostraron diferencias significativas respecto a la concentración añadida, así mismo el lactato de calcio no presenta diferencias significativas respecto a la concentración, sin embargo el testigo y el cloruro de calcio 3 % se encuentran como los mejores. Para el noveno día las muestras con cloruro de calcio presentan discrepancias en cuanto a la concentración, empero los tratamientos con lactato de calcio mostraron el mismo comportamiento que el día 1, para este día los tratamientos que manifestaron mejor sabor fueron el testigo y el cloruro de calcio 5 %. Finalmente el último día de evaluación (día 17) solo manifestó diferencias significativas el testigo cabe mencionar que para este día los frutos ya se encontraban con un avanzado grado de senescencia.

En el Cuadro 31 se pueden observar los resultados obtenidos para el sabor a 20 °C los cuales manifestaron diferencia significativa solo el día 1, este día solo manifestó discrepancia el testigo por lo tanto fue el mejor durante el experimento, para los dos días restantes no hubo diferencias.

#### 5.10. 4. Color

Para cada producto, se debe plantear una estrategia para retardar la aparición de los síntomas de deterioro; así por ejemplo, para productos como manzana y pera, los cambios de color pueden ser controlados con tratamientos antioxidantes y utilizado atmosferas modificada, y la pérdida de firmeza mediante tratamientos con sales de calcio (Oms-Oliu *et al.*, 2008; Rojas-Graü *et al.*, 2007a). El color presento diferencias significativas solo el día 9 y 17 de tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 °C, el día 9 los tratamientos que tuvieron mejor percepción de color fueron el cloruro de calcio a 3 y 5 % y lactato de calcio 3 %, cabe mencionar que este día hubo diferencia en cuanto a la concentración añadida a los tratamientos con lactato de calcio. Para el día 17 los mejores tratamientos fueron: cloruro de calcio a 3 y 5 % y lactato de calcio 3 y 5 %.

En el Cuadro 31 se muestran los resultados de color de tuna mínimamente procesada a 20 °C solo hubo diferencias los días 1 y 3 de evaluación, en el caso del primer día se presentaron diferencias tanto en la concentración como en la solución agregada a los frutos sin embargo los tratamientos más recomendados son el cloruro de calcio a 5 % y el lactato de calcio 5 %, que presento diferencias significativas el primer y tercer día de evaluación, es importante mencionar que el cloruro de calcio 3 % y lactato de calcio 3 % presentan diferencias en comparación a los tratamientos restantes, se observa también que la concentración y la solución tuvieron efectos el día 1, mientras que para el día 3 muestran discrepancia el cloruro de calcio 5 %, lactato de calcio 5 % y el testigo, en consecuencia estos tratamientos son los más recomendables. Para el día 5 no manifestaron diferencias significativas.

#### **5.10.5. Olor**

En el Cuadro 30 se puede notar que este parámetro presentó diferencia significativa los días 9 y 17, el noveno día solo mostro efecto el lactato de calcio 3 %, mientras que para el decimoséptimo día el testigo fue el que presento discrepancia. En el caso de la variable antes mencionada pero a 20 °C se presentaron diferencias significativas solo el primer día de experimentación, el tratamiento que mostro discrepancia y por consecuencia más efectivo fue el cloruro de calcio 5 %, es importante mencionar que la temperatura y el grado de madurez y senescencia influyen de manera considerable en los resultados obtenidos (Cuadro 31).

#### **5.10.6. Grado de oxidación**

En el Cuadro 30 se muestran los resultados de tuna mínimamente procesada y almacenada a 5 °C se observa que solo en dos de las tres estaciones de trabajo existieron efectos significativos (día 9 y 17) para el noveno día los tratamientos con mejores efectos fueron el cloruro de calcio a 3 y 5 % y el lactato de calcio 3 % mientras que para el decimoséptimo día cualquiera de los tratamientos aplicados a excepción del cloruro de calcio muestran el mismo efecto. Para la variable de grado de oxidación solo mantuvo diferencias los día 1 y 3, al comparar estas dos fechas se hace notar que para el día 1 los tratamientos que presentaron mayor efectividad fueron el cloruro de calcio 5 % y lactato de calcio 5 % y el día 3 nuevamente el lactato de calcio vuelve a ser el mejor tratamiento y por ende el más recomendado (Cuadro 31).

### **5.10.7. Comercialización**

Esta característica solo presentó diferencias significativas el noveno día de evaluación, los tratamientos que mostraron variación y mejores características de comercialización fueron: cloruro de calcio 3 y 5 % y lactato de calcio 3 % (Cuadro 30).

Finalmente en el Cuadro 31 se observan los resultados de la comercialización de la tuna mínimamente procesada a 20 °C, los cuales solo hacen notar diferencia significativa el día 1, los tratamientos con mejores características de comercialización fueron cloruro de calcio 3 y 5 % y lactato de calcio 3 y 5 %.

Cuadro 30. Prueba de Kruskal-Wallis en tuna mínimamente procesada almacenada bajo diferentes inmersiones de calcio a 5 °C durante 1, 9 y 17 d.

<b>Tratamiento</b>	1 día	9 día	17 día
<b>Sabor</b>			
Cloruro Ca 5 %	4.0 b <sup>z</sup>	2.0 a	2.0 a
Cloruro Ca 3 %	3.0 a	3.0 b	1.6 a
Lactato Ca 5 %	3.3 b	3.0 b	2.0 a
Lactato Ca 3 %	3.6 b	3.0 b	2.0 a
Testigo	3.0 a	2.3 a	1.0 b
<b>Color</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Cloruro Ca 3 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	2.0 b	1.0 a
Lactato Ca 3 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Testigo	5.0 a	2.0 b	1.6 b
<b>Olor</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a	3.0 a	1.6 a
Cloruro Ca 3 %	5.0 a	3.0 a	1.6 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	2.6 a	2.0 a
Lactato Ca 3 %	5.0 a	2,3 b	1.6 a
Testigo	5.0 a	3.0 a	1.0 b
<b>Grado de oxidación</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a	3.0 a	1.6 b
Cloruro Ca 3 %	5.0 a	3.3 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	2.0 b	1.0 a
Lactato Ca 3 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Testigo	5.0 a	2.0 b	1.0 a
<b>Si es comercializable</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a	3.0 a	1.3 a
Cloruro Ca 3 %	5.0 a	2.3 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	2.0 b	1.0 a
Lactato Ca 3 %	5.0 a	2.6 a	1.3 a
Testigo	5.0 a	2.0 b	1.0 a

<sup>z</sup>Letras distintas dentro de misma columna indican diferencias de acuerdo a la prueba de comparación de medias  $P \leq 0.05$

Sabor, color, olor, grado de oxidación y comercialización se vieron afectados por la temperatura de refrigeración y por la inmersión utilizada en los frutos, es decir, conforme transcurrió el almacenamiento fue disminuyendo el color debido al aumento

del grado de oxidación, aparición de microorganismos y senescencia por consecuencia disminuyó su color, olor, sabor y por ende comercialización.

Almacenar la fruta a baja temperatura es un método muy efectivo para reducir la pérdida de agua (Cantwell, 1991). Sin refrigeración, los frutos de tuna senescen rápidamente y comienzan a ser susceptibles a infecciones de microorganismos, especialmente *Penicillium* spp. y *Alternaria* spp.

Cuadro 31. Prueba de Kruskal-Wallis en tuna mínimamente procesada almacenada bajo diferentes inmersiones de calcio a 20 °C durante 1, 3 y 5 d.

<b>Tratamiento</b>	<b>1 día</b>	<b>3 día</b>	<b>5 día</b>
<b>Sabor</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a <sup>z</sup>	4.0 a	1.0 a
Cloruro Ca 3 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	4.0 a	1.0 a
Lactato Ca 3 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Testigo	4.0 b	4.0 a	1.0 a
<b>Color</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a	3.0 a	1.0 a
Cloruro Ca 3 %	4.0 b	2.0 b	1.0 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	4.0 a	1.0 a
Lactato Ca 3 %	3.0 b	2.0 b	1.0 a
Testigo	4.0 b	3.0 a	1.0 a
<b>Olor</b>			
Cloruro Ca 5 %	4.0 a	1.3 a	1.0 a
Cloruro Ca 3 %	3.6 b	1.3 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	3.6 b	1.0 a	1.0 a
Lactato Ca 3 %	3.6 b	1.0 a	1.0 a
Testigo	3.6 b	1.6 a	1.0 a
<b>Grado de oxidación</b>			
Cloruro Ca 5 %	5.0 a	3.3 a	1.0 a
Cloruro Ca 3 %	3.0 b	2.0 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	5.0 a	4.0 b	1.0 a
Lactato Ca 3 %	3.0 b	2.3 a	1.0 a
Testigo	3.0 b	2.6 a	1.0 a
<b>Si es comercializable</b>			
Cloruro Ca 5 %	3.0 a	2.6 a	1.0 a
Cloruro Ca 3 %	3.0 a	1.6 a	1.0 a
Lactato Ca 5 %	3.0 a	1.6 a	1.0 a
Lactato Ca 3 %	3.0 a	1.6 a	1.0 a
Testigo	4.0 b	2.0 a	1.0 a

<sup>z</sup>Letras distintas dentro de misma columna indican diferencias de acuerdo a la prueba de comparación de medias  $P \leq 0.05$

## 6. CONCLUSIONES

1. La temperatura de almacenamiento a 5 °C disminuye la luminosidad, incrementa los valores de croma, disminuye el porcentaje de ácido cítrico así como el contenido de ácido ascórbico e inhibe la pérdida de peso.
2. Todos los frutos tratados con cloruro de calcio al 3 % presentaron el mayor porcentaje de pérdida de peso con refrigeración a 5 °C.
3. Con la temperatura de 20 °C se incrementan en los frutos los valores de ácido cítrico y se mantiene la luminosidad sin cambios.
4. A 5 y 20 °C la producción de etanol aumentó, mientras que la producción de acetaldehído mantuvo un descenso constante, mientras tanto, la producción de CO<sub>2</sub> aumentó constantemente, por otro lado, la mayor producción de etanol se dió en el tratamiento con cloruro de calcio al 5 % en ambas temperaturas, la firmeza no se vió beneficiada a las dos temperaturas evaluadas.
5. La temperatura de 5 °C inhibe el proceso de senescencia y por consecuencia mantiene la calidad sensorial particularmente de los frutos tratados con cloruro de calcio 3 y 5 % y lactato de calcio 3 % los cuales mostraron una buena comercialización hasta el noveno día de evaluación.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Abbott, J.; Buta, G. 2002. Effect of antibrowning treatment on color and firmness of freshcut pears. *Journal of Food Quality*, 25: 333-341.

Ajorva. D. H.; Galvis. V. J. 2000. Influencia de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la conservación de mango (*manguífera indica* L.) variedad van dyke. En segundo congreso Internacional Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. Universidad Autónoma de Colombia. Santa Fé de Bogotá, Colombia 79-85 p.

Alvarado, S. L. 1978. Fisiología y bioquímica del desarrollo del fruto del nopal tunero (*Opuntia amyclaea* Tenore). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México. 73 p.

Antoniolli, L.R.; Benedetti, B.C.; de Souza Filho M.d.M. 2003. Effect of calcium chloride on quality of fresh-cut Pérola pineapple. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 38(9): 1105-1110.

Añorve, M. J. 1999. Efecto de los factores ambientales y de empaque en la conservación de productos mínimamente procesados (tuna y jícama). Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 141 p.

Añorve, M. J.; Aquino, B. E. N.; Mercado, S. E. 2006. Effect of controlled atmosphere on the preservation of minimally processed cactus pears. *Acta Horticulturae* 728:211-216.

AOAC 1980. *Official Methods of Analysis*, 13<sup>th</sup> ed. Association Official Analytical Chemist. Washington D. C, USA. 376-384.

AOAC. 1990. *Official methods of analysis* 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. USA. 770-771.

Aquino-Bolaños, E. N.; Cantwell, G. M. I.; Peiser G.; Mercado-Silva, E. 2000. Changes in the quality of fresh-cut jicama to storage temperature and controlled atmospheres. *Journal Food Science* 65(7): 1238-1243.

Arellano, A. J. E. 2011. Recubrimiento de quitosano en tuna blanca (*Opuntia amyoclaea*) mínimamente procesada. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 86 p.

Artés, S. C. F. 2001. Conservación de productos hortofrutícolas en atmosferas controlada y modificada. VII Curso Superior de Ingeniería y Aplicaciones del Frío en la Conservación de Vegetales. CTC, UPCT, CEBAS-CSIC. 28 pp.

Artés, F.; Conesa, M. A.; Hernández, S.; Gil, M. I. 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology* 17: 153-162.

Ávila, G.J. 2007. Respuestas a diferentes condiciones de frigoconservación y películas plásticas de tuna (*Opuntia amyclaea* T.) mínimamente procesada. Tesis de licenciatura. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. México. 90 p.

Barbeau, G. 1990. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. *Fruits* 45:141-147.

Barbera, G. F. Carimi, P. Inglese, M. Panno. 1992. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, (*Opuntia ficus indica* L.) *Miller Journal Horticultural Science* 67(3): 307-312.

Beaulieu, J. C.; Baldwin E. A. 2001. Flavor and aroma of fresh-cut fruits and vegetables. *In: Lamikanra, O. (Eds.). Fresh cut fruit and vegetables. Science Technology and Market. Technomics Publishing Co., Inc. Washington, D. C. 167 pp.*

Bicalho, U.; Chitarra; M. A.; Chitarra; C. A. 2000. Modificações texturais em Mamões submetidos á aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. *Ciência e agrotecnologia*, 24 (1): 136-146.

Bown, A. W. 1985. CO<sub>2</sub> and intracellular pH. *Plant Cell Enviroment* 8:459-465.

Bramlage, W. J. 1982. Cl of crops of temperate origin. *HortScience* 17(2): 165-168.

Camargo, Y.; Lima, S.; Scalon, L.; Siquiera, A. 2000. Efeito do cálcio sobre amadurecimento de Morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) CV. Campineiro. Ciência e agrotecnologia, Lavras, 24 (4): 968 -972.´

Cantwell, M. 1991. Quality and postharvest physiology of nopalitos and tunas. Proc. 2nd Ann. Texas Prickly Pear Council. 50-66.

Cantwell, M. 1992. Aspectos de calidad y manejo postcosecha de los nopalitos. Conocimiento y Aprovechamiento 5° Congreso Nacional y 3° Congreso Internacional. Memorias de Resúmenes. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. 110 p.

Cantwell, M. 1995. Postharvest Management of fruits and vegetables stems. *In: Agroecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. G. Barbera, P. Inglese, E. Pimienta-Barrios (eds). FAO, Rome, Italy. Paper 132: 120-143.

Cantwell M. 1996b. Plant and workers sanitation: a brief review. *In: Fresh-cut products: maintaining quality and safety*. UC Davis. Section 12:1.

Cantwell, M. 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. pp. 126-143. *In: Agroecología, cultivo y usos del nopal*. Barbera, G.; Inglese, P.; Y Pimienta, E. (eds.) Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 132. Roma.

Chávez, F.; Saucedo, C. 1985. Conservación en refrigeración de dos variedades de tunas. *Horticultura Mexicana*. 1(1): 6-13.

Chessa, I.; Nieddu, G. 1997. Descriptors for cactus pear (*Opuntia* spp.). Ed. P. Inglese. Università degli Studi di Reggio Calabria. Cactusnet Newsletter. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus pear. Special Issue May 1997.

Colomé, E. 1999 Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósfera modificada. *Alimentos, equipos y tecnología*, 5: 109-113 pp.

Consejo Nacional Sistema Nopal y Tuna. 2008. Sistema producto Nopal y Tuna.

Corbo, M. R.; Altieri, C.; D'Amato, D.; Campaniello, D.; Del Nobile, M. A.; Sinigaglia, M. 2004. Effect of temperature on shelf life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit. *Postharvest Biology and Technology* 31: 93-104.

Corrales, G. J. 1992. Descripción y análisis de la cosecha y manejo en fresco de nopalito y tuna. Memoria de Resúmenes 5° Congreso Nacional y 3° Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. UACH. Chapingo, México. 109 p.

Corrales, G. J.; Ayala, V. G.; Franco, E. A. M.; García O. P. 2006. Minimal processing of cactus pear and tender cactus cladodes. Ed. Mondragón Jacobo, *et al.* Proc. V<sup>th</sup> Int'l. Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Horticulturae* 728.

Corrales, G. J. 2003. Fisiología y tecnología postcosecha de la tuna y el nopalito. *In*: Flores Valdéz, C. y Corrales G. J. E. Nopalitos y tunas: producción, comercialización, postcosecha e industrialización. CIESTAAM–Programa nopal. Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 118-165.

Davis, P. L.; Chase W. G. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of head space. *HortScience* 4: 117-119.

Domínguez-López, A. 1995. Estudio sobre el potencia de la tuna (*Opuntia* spp) como fuente de colorantes alimentarios. *Ciencias Agrícolas Informa* 4:5-10.

Do Nascimento, N. M.C.; Pierre, E. J. 2003. Storage temperature. Chapter 8, pp. 1-20. *In*: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. Bartz, A. J., Brencht, K. J. (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

Evans, N. H.; McAinsh, M. R.; Hetherington, A. M. 2001. Calcium oscillations in higher plants. *Current Opinion in Plant Biology* 4: 415-420.

García, J. M.; Salvador, H.; Morilla, A. 2003. Effect of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal Agriculture Food Chemistry* 44:30-33.

Gómez, P.; Artés-Hernández, F.; Aguayo, E.; Escalona, V.; Artés, F. 2007. Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *Phytoma*. 189: 124-129.

Gorny, J. R.; Gil, M. I.; Kader, A. A. 1998. Postharvest Physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. *Acta Horticulturae*. 464: 231-236.

Gorny, J. R.; Hess-Pierce, B.; Cifuentes, R. A.; Kader, A. A. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharvest Biology and Technology*. 24: 271-278.

Guarinoni, A. 2000. Efecto del estado de madurez de los frutos a la cosecha sobre su conservación. En: Segundo Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Universidad Nacional de Colombia. Santa Fé de Bogotá, Colombia. 29-38.

Hobson, G. E. 1993. Maduración del fruto. *In*: Azcon-Bieto, J y Talón M. (Eds). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Interamericana-McGraw. Hill. New York. 463-478 p.

Inglese, P.; Basile, F.; Schirra, M. 2002. Cacturs pear fruits production. *In*: Park. S. Nobel (ed). *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press. California, USA. 280 p.

Izumi, H.; Watada, A.E. 1994. "Calcium treatments affect storage quality of shredded carrots." *Journal Food Science* 59(1):106-109.

Jacomino, A. P; Urbano, B. I.; Sarantópoulos, C. I. G De L.; Sigrist, J. M. M. 2005. Preservation of cold-stored guavas influenced by package materials. *Packaging Technology and Science*. 18(2):71-76.

Joyce, D. C.; Shorter, A. J.; Hockings, P. D. 2001. Mango fruit calcium levels and the effect of postharvest calcium infiltration at different maturities. *Scientia Horticulturae* 91: 81-99.

Kader, A. A. 1985. Modified atmospheres and low-pressure systems during transport and storage. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California 58-68 p.

Kader, A.A. Mitcham, E. 1998. Standardization of quality. 1-3 p. *In: Fresh cut products: Maintaining Quality and Safety*. University of California, Davis, CA. *Postharvest Horticulture Series* 10(3).

Kader, A. A. 2002. *Postharvest Technology Horticultural Crops*. Universidad de California. 3ra Edición. 537 p.

Kader, A. A 2008. Perspectivas: La calidad del sabor de frutas y hortalizas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88:1863–1868.

King, K. 1990. Partial characterization of the in situ activity of pectinase in bramley apple. *International Journal Food Science Technology* 44(2): 132-135.

Knee, M. 1972. Anthocyanin, carotenoid and chlorophyll changes in peel of Cox's Orange Pippin apples during ripening on and off the tree. *Journal Experimental Botanic* 23: 184-196.

Lamikanra, O. 2002. *Fresh-cut fruits and vegetables science, technology and market*. Ed. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, D.C. 452 p.

Lee, S. K.; Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.

López, M. 2001. Evaluación de películas plásticas sobre la calidad de la tuna (*Opuntia* spp.) mínimamente procesada bajo condiciones de refrigeración. Tesis de maestría en ciencias en fruticultura. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México. 98 p.

Luchsinger, L.; Artés, F. 2000. Alleviating chilling injuries in stone fruit. *In: Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals*. Edit. Internacional Institute of Refrigeration. Artés, F.; Gil, M.I. (eds.). Conesa, M.A. L: 474-479.

Luna-Guzmán, I.; Barrett, D. M. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19(1): 61-72.

Luna-Guzmán, I.; Cantwell, M.; Barret, D. M. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of  $\text{CaCl}_2$  dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17: 201-213.

Main, G. L.; Morris, J. R.; Wehunt, E. J. 1986. "Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing." *J. Food Sci.* 51:391-394.

Marcellin, P.; Ulrich, R. 1983. Comportement des fruits et legumes en conditions modules et programées. *Internacional Journal Refrigeration* 6: 329-336.

Martínez, H. C. J. 2008. Periodo de almacenamiento en tuna y su relación con el mínimo procesado. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 86 p.

McEvily, A.J.; Inengar, R.; Otwell, W.S. 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32: 253-273.

Mckellar, R., C.; Odumeru, J.; Zhou, T.; Harrison, A.; Mercer, D. G.; Young, J. C.; Lu, X.; Boulter, J.; Piyasena, P.; Karr, S. 2004. Influence of a commercial warm chlorinated water treatment and packaging on the shelf-life of ready-to-use lettuce. *Food Research International*, 37: 343–354.

Mercado-Silva E.; Aquino-Bolaños E. N. 2005. Enzimas involucradas en el deterioro. En: González-Aguilar, G. A.; Gardea, A. A.; Cuamea-Navarro F (eds) Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. CIAD AC. Hermosillo, Sonora. 558 p.

Mir, N. A.; Beaudry, R. M. 2004. Modified Atmosphere Packaging. Michigan State University. East Lansing, Michigan.

Molina, F. M.; Duran, T. S. 1970. Frigoconservación y manejo de frutas, flores y hortalizas. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 278 p.

Mondragón-Jacobo, C. 2004. Mejoramiento genético del nopal: avances al 2003 y perspectivas. pp. 49-71. *In*: El nopal, tópicos de actualidad. Esparza, G., Valdez R. D.; Méndez, S. (ed.). Universidad Autónoma Chapingo, México.

Montero, C. M.; Rojas, G. M. A.; Soliva, F. R.; Martín, B. O. 2009. Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. *Horticultura Internacional*. 69: 48-51.

Morales, C. M.; López, V. R. S. 1995. Efecto del Ethrel en el desahuetado de tuna (*Opuntia spp.*) y almacenamiento en atmósfera controlada. Tesis Profesional. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 96 p.

Ochoa, J. 2003. Principales características de las distintas variedades de tuna (*Opuntia* spp.) de la República Argentina. *In*: Inglese, P. y Nefzaoui, A. eds. Cactusnet Newsletter. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus pear. Número especial. Roma. 32 p.

Oms-Oliu, G.; Raybaudi-Massilia, R.M.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. 2008. Effect of superatmospheric and low oxygen modified atmospheres on shelf-life extension of fresh-cut melon. *Food Control*. 191-199.

Paul, R. E.; Chen, N. J. 1989. Waxing and plastic wraps influence water loss from papaya fruit during storage and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 114:937-942.

Picchioni, G. A.; Watada, A. E.; Whitaker, B. D.; Reyes, A. 1996. Calcium delays senescence related membrane lipid changes and increases net synthesis of membrane lipid components in shredded carrots. *Postharvest Biology and Technology* 9: 235-245.

Quevedo, K.; Villegas, M.; González, H.; Rodríguez, A. 2005. Calidad de nopal verdura mínimamente procesada. Efecto de la temperatura e inhibidores del oscurecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(3):261-270.

Reddy, A. S. N. 2001. Calcium: silver bullet in signaling. *Plant Science* 160: 381-404.

Robles, M.; Gorinstein, S.; Martín, O.; Astiazarán, H.; González, G.; Cruz, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Revista Interciencia* 32 (4): 227-232.

Rojas-Graü, M.A.; Raybaudi-Massilia, R.M.; Soliva-Fortuny, R.C.; Avena-Bustillos, R.J.; McHugh, T.H.; Martín-Belloso, O. 2007. Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*.

Rolle, R. S.; Chism, G. W. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality* 10. 157-177.

Román, L.; Gutiérrez, M. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar la calidad, cantidad y vida de anaquel de tres tipos de melón. *Revista Terra-Latinoamericana*, 16(1):149-54.

Rosen, J. C.; Kader, A. A. 1989. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal Food Science* 54: 656-659.

Saucedo, V. C. 1981. Preenfriamiento de frutas y hortalizas (principios). Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 97.

Schlimmen, D. V.; Rooney, M. L. 1994. Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In: Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Wiley, R.C. (Ed.). Ed. Chapman and Hall: New York, EE.UU.135-182.

Sepúlveda , E.; Saenz, H. C. 1990. Características físicas y químicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*). Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos 30(4): 551-555.

Serrano, M.; Martínez-Romero, M.; Castillo, S.; Guillén, F.; Valero, D. 2004. Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damages in plum. Postharvest Biology and Technology 34: 155-167.

Shewfelt, R. L. 1987. Quality of minimally processed fruits and vegetables. Journal of Food Quality 10(3): 143-156.

Smagula, J.; Bramlage, W. 1977. Acetaldehyde accumulation: Is it a cause of physiological deterioration of fruits? HortScience 12: 200-203.

Sothornvit, R.; Rodsamran, P. 2008. Effect of mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. Postharvest Biology and Technology 47:407-415.

Soto, M.; Yahia, M. 2002. Compuestos antioxidantes y tratamientos postcosecha. Revista Horticultura 160:48-54.

Suutarinen, J.; Heiska, K.; Moss, P.; Autio, K. 2000. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 33: 89-102.

Thomidis, T. 2003. Effect of calcium, boron, zinc, magnesium, potassium and pre-storage water dip treatment on firmness of peaches. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 23: 185-187.

Thompson, J.; Mitchell, F.G.; Kasmire, R. F. 2002. Cooling horticultural commodities. In: Kader, A. A. (Ed.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. California: University of California, Agriculture and Natural Resources. Davis, USA. 45-86.

Tornadijo, Ma. E. Y Fresno, J.M. 2004. Fundamento, tecnología y aplicaciones del envasado de los alimentos en atmósfera modificada. *Alimentación, equipos y tecnología* 189: 101-109.

Tovar, B.; Garcia, H. S.; Mata, M. 2001. Physiology of pre-cut mango. II. Evolution of organic acids. *Food Research International*, 34: 705–714.

Varela, P.; Salvador, A.; Fiszman, S. M. 2007. The use of calcium chloride in minimally processed apples: A sensory approach. *European Food Research and Technology* 224: 461-467.

Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. Hortscience. 17(2): 173-181.

Watada, A. E. 1982. CI of horticultural crops: Introduction. HortScience 17(2): 160.

Watada, A. N. Ko.; Monott. D. 1996. Factor affecting quality of fresh cut horticultural products. Postharvest Biology and Technology 9: 115-125.

Whitaker, B. D.; Klein, J. D.; Conway, W. S.; Sams, C. E. 1997. Influence of prestorage heat and calcium treatments on lipid metabolism. *In*: 'Golden Delicious' apples. Phytochemistry 45: 465-472

White, P.J. 2001. The pathways of calcium movement to the xylem. Journal of Experimental Botany. 52: 891-899.

White, P.J.; Broadley, M.R. 2003. Calcium in plants. Annals of Botany 92: 487-511.

Wiley, C. R. 1997. Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesada y Refrigeradas. Traducción al español de C. J. Fernández. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 176 p.

Yahia, M. E.; Ciapara, H. I. 1992. Fisiología y Tecnología Poscosecha de Productos Hortícolas. Centro de Investigación y Desarrollo. Limusa, S. A. de C. V. México, D. F. 303 p.

Yahia, M; Flores, A. 2001.Tratamientos físicos en postcosecha de frutas y hortalizas.  
Revista Horticultura-Extra: 80-88.

## 8. ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1.38325855	0.34581464	16.93	3.11	*
Error	10	0.20431103	0.02043110			
Total correcto	14	1.58756958				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 2A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.68866930	0.17216733	15.06	3.11	*
Error	10	0.11429707	0.01142971			
Total correcto	14	0.80296638				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 3A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1.82579403	0.45644851	59.24	3.11	*
Error	10	0.07705513	0.00770551			
Total correcto	14	1.90284916				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 4A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	4.40233248	1.10058312	99.80	3.11	*
Error	10	0.11028425	0.01102843			
Total correcto	14	4.51261673				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 5A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	23.75321455	5.93830364	20.15	3.11	*
Error	10	2.94661915	0.29466192			
Total correcto	14	26.69983370				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 6A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	6.88224463	1.72056116	27.88	3.11	*
Error	10	0.61702835	0.06170283			
Total correcto	14	7.49927298				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 7A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	2.33072250	0.58268063	30.31	3.11	*
Error	10	0.19222125	0.01922213			
Total correcto	14	2.52294375				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 8A. Análisis de varianza del porcentaje pérdida de peso a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	4.87411622	1.21852906	10.75	3.11	*
Error	10	1.13347585	0.11334759			
Total correcto	14	6.00759208				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 9A. Análisis de varianza de luminosidad al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	130.7738532	32.6934633	2.76	3.11	NS
Error	10	118.5294889	11.8529489			
Total correcto	14	249.3033421				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 10A. Análisis de varianza de luminosidad a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	317.6830286	79.4207571	17.40	3.11	*
Error	10	45.6349822	4.5634982			
Total correcto	14	363.3180107				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 11A. Análisis de varianza de luminosidad a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	197.8900952	49.4725238	9.34	3.11	*
Error	10	52.9896250	5.2989625			
Total correcto	14	250.8797202				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 12A. Análisis de varianza de luminosidad a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	217.3446693	54.3361673	2.58	3.11	NS
Error	10	210.5824882	21.0582488			
Total correcto	14	427.9271575				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 13A. Análisis de varianza de luminosidad a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	480.8265481	120.2066370	4.69	3.11	*
Error	10	256.5491666	25.6549167			
Total correcto	14	737.3757148				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 14A. Análisis de varianza de luminosidad al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	513.2566604	128.3141651	13.68	3.11	*
Error	10	93.7631738	9.3763174			
Total correcto	14	607.0198342				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 15A. Análisis de varianza de luminosidad a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	737.1407709	184.2851927	10.56	3.11	*
Error	10	174.5183580	17.4518358			
Total correcto	14	911.6591289				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 16A. Análisis de varianza de luminosidad a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	121.9012295	30.4753074	0.96	3.11	NS
Error	10	316.1222658	31.6122266			
Total correcto	14	438.0234953				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 17A. Análisis de varianza de croma al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	133.2300809	33.3075202	1.70	3.11	NS
Error	10	195.5751450	19.5575145			
Total correcto	14	328.8052259				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 18A. Análisis de varianza de croma al 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	158.7680002	39.6920001	2.83	3.11	NS
Error	10	140.2532620	14.0253262			
Total correcto	14	299.0212623				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 19A. Análisis de varianza de croma a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	236.5649587	59.1412397	1.76	3.11	NS
Error	10	335.8644297	33.5864430			
Total correcto	14	572.4293884				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 20A. Análisis de varianza de croma a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	712.199595	178.049899	1.71	3.11	NS
Error	10	1043.957109	104.395711			
Total correcto	14	1756.156703				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 21A. Análisis de varianza de croma a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1232.617358	308.154340	3.42	3.11	NS
Error	10	902.225838	90.222584			
Total correcto	14	2134.843197				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 22A. Análisis de varianza de croma al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	11.6634272	2.9158568	0.15	3.11	NS
Error	10	196.8000667	19.6800067			
Total correcto	14	208.4634939				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 23A. Análisis de varianza de croma a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	106.2347670	26.5586917	0.43	3.11	NS
Error	10	617.2025949	61.7202595			
Total correcto	14	723.4373619				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 24A. Análisis de varianza de croma a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	105.4628991	26.3657248	0.68	3.11	NS
Error	10	385.0315636	38.5031564			
Total correcto	14	490.4944627				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 25A. Análisis de varianza de tono al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	906.011563	226.502891	1.67	3.11	NS
Error	10	1355.712953	135.571295			
Total correcto	14	2261.724516				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 26A. Análisis de varianza de tono a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	158.7680002	39.6920001	2.83	3.11	NS
Error	10	140.2532620	14.0253262			
Total correcto	14	299.0212623				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 27A. Análisis de varianza de tono a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	236.5649587	59.1412397	1.76	3.11	NS
Error	10	335.8644297	33.5864430			
Total correcto	14	572.4293884				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 28A. Análisis de varianza de tono a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	258.388016	64.597004	0.49	3.11	NS
Error	10	1323.778483	132.377848			
Total correcto	14	1582.166499				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 29A. Análisis de varianza de tono a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	4084.258516	1021.064629	2.44	3.11	NS
Error	10	4191.359346	419.135935			
Total correcto	14	8275.617862				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 30A. Análisis de varianza de tono al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1855.917301	463.979325	6.06	3.11	*
Error	10	765.016959	76.501696			
Total correcto	14	2620.934260				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 31A. Análisis de varianza de tono a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	392.329807	98.082452	0.68	3.11	NS
Error	10	1437.944888	143.794489			
Total correcto	14	1830.274694				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 32A. Análisis de varianza de tono a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1353.169842	338.292460	1.93	3.11	NS
Error	10	1752.610469	175.261047			
Total correcto	14	3105.780311				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 33A. Análisis de varianza de firmeza al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	10.26933333	2.56733333	3.55	3.11	NS
Error	10	7.22666667	0.72266667			
Total correcto	14	17.49600000				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 34A. Análisis de varianza de firmeza a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3.48933333	0.87233333	2.13	3.11	NS
Error	10	4.08666667	0.40866667			
Total correcto	14	7.57600000				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 35A. Análisis de varianza de firmeza a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	6.51066667	1.62766667	2.01	3.11	NS
Error	10	8.10666667	0.81066667			
Total correcto	14	14.61733333				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 36A. Análisis de varianza de firmeza a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	2.13066667	0.53266667	0.55	3.11	NS
Error	10	9.70666667	0.97066667			
Total correcto	14	11.83733333				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 37A. Análisis de varianza de firmeza a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1.15600000	0.28900000	0.27	3.11	NS
Error	10	10.83333333	1.08333333			
Total correcto	14	11.98933333				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 38A. Análisis de varianza de firmeza al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	10.22400000	2.55600000	2.45	3.11	NS
Error	10	10.45333333	1.04533333			
Total correcto	14	20.67733333				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 39A. Análisis de varianza de firmeza a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3.48933333	0.87233333	2.13	3.11	NS
Error	10	4.08666667	0.40866667			
Total correcto	14	7.57600000				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 40A. Análisis de varianza de firmeza a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	6.51066667	1.62766667	2.01	3.11	NS
Error	10	8.10666667	0.81066667			
Total correcto	14	14.61733333				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 41A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	4.43438874	1.10859719	1.49	3.11	NS
Error	10	7.43414815	0.74341482			
Total correcto	14	11.86853690				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 42A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	6.09468741	1.52367185	2.03	3.11	NS
Error	10	7.51104001	0.75110400			
Total correcto	14	13.60572742				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 43A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	4.06102519	1.01525630	3.94	3.11	*
Error	10	2.57778223	0.25777822			
Total correcto	14	6.63880741				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 44A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.69586667	0.17396667	0.38	3.11	NS
Error	10	4.52913333	0.45291333			
Total correcto	14	5.22500000				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 45A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	2.31144000	0.57786000	2.19	3.11	NS
Error	10	2.63673333	0.26367333			
Total correcto	14	4.94817333				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 46A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1.37074667	0.34268667	2.37	3.11	NS
Error	10	1.44586075	0.14458607			
Total correcto	14	2.81660742				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 47A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3.17213096	0.79303274	1.60	3.11	NS
Error	10	4.96014667	0.49601467			
Total correcto	14	8.13227764				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 48A. Análisis de varianza de sólidos solubles totales a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	12.36618845	3.09154711	5.59	3.11	*
Error	10	5.52609630	0.55260963			
Total correcto	14	17.89228475				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 49A. Análisis de varianza de acidez titulable al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.03364297	0.00841074	3.92	3.11	*
Error	10	0.02144647	0.00214465			
Total correcto	14	0.05508944				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 50A. Análisis de varianza de acidez titulable a los 5 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.00020358	0.00005090	1.77	3.11	*
Error	10	0.00028713	0.00002871			
Total correcto	14	0.0004907				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 51A. Análisis de varianza de acidez titulable a los 9 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1.71575019	0.42893755	13.06	3.11	*
Error	10	0.32847738	0.03284774			
Total correcto	14	2.04422757				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 52A. Análisis de varianza de acidez titulable a los 13 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	2.18758640	0.54689660	9.77	3.11	*
Error	10	0.55965526	0.05596553			
Total correcto	14	2.74724166				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 53A. Análisis de varianza de acidez titulable a los 17 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3.29808907	0.82452227	24.03	3.11	*
Error	10	0.34317267	0.03431727			
Total correcto	14	3.64126173				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 54A. Análisis de varianza de acidez titulable al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.00832108	0.00208027	2.94	3.11	NS
Error	10	0.00707829	0.00070783			
Total correcto	14	0.01539938				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 55A. Análisis de varianza de acidez titulable a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.03417035	0.00854259	4.05	3.11	*
Error	10	0.02110841	0.00211084			
Total correcto	14	0.05527876				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 56A. Análisis de varianza de acidez titulable a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	0.28598615	0.07149654	18.38	3.11	*
Error	10	0.03889862	0.00388986			
Total correcto	14	0.32488477				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 57A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3.15572523	0.78893131	2.40	3.11	NS
Error	10	3.28804867	0.32880487			
Total correcto	14	6.44377390				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 58A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	186.1379978	46.5344994	1.90	3.11	NS
Error	10	244.4343923	24.4434392			
Total correcto	14	430.5723901				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 59A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	139012.6964	34753.1741	33.04	3.11	*
Error	10	10518.7345	1051.8734			
Total correcto	14	149531.4309				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 60A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	168457.3940	42114.3485	129.01	3.11	*
Error	10	3264.3687	326.4369			
Total correcto	14	171721.7627				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 61A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	109676.2624	27419.0656	27.90	3.11	*
Error	10	9828.2058	982.8206			
Total correcto	14	119504.4683				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 62A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	67011.29164	16752.82291	613.80	3.11	*
Error	10	272.93653	27.29365			
Total correcto	14	67284.22817				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 63A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	71699.4955	17924.8739	4.87	3.11	*
Error	10	36772.5180	3677.2518			
Total correcto	14	108472.0135				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 64A. Análisis de varianza de relación sólidos solubles totales/acidez titulable a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	88042.1878	22010.5470	2.36	3.11	NS
Error	10	93380.7703	9338.0770			
Total correcto	14	181422.9581				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 65A. Análisis de varianza de vitamina C al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	653.146157	163.286539	2.07	3.11	NS
Error	10	787.556852	78.755685			
Total correcto	14	1440.703009				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 66A. Análisis de varianza de vitamina C a los 5 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	570.1915550	142.5478888	7.76	3.11	*
<b>Error</b>	<b>10</b>	<b>183.7634463</b>	<b>18.3763446</b>			
Total correcto	14	753.9550013				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 67A. Análisis de varianza de vitamina C a los 9 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1095.226675	273.806669	2.70	3.11	NS
Error	10	1013.326867	101.332687			
Total correcto	14	2108.553542				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 68A. Análisis de varianza de vitamina C los 13 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	110.2587787	27.5646947	1.03	3.11	NS
Error	10	267.7705981	26.7770598			
Total correcto	14	378.0293768				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 69A. Análisis de varianza de vitamina C a los 17 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	719.3255969	179.8313992	8.78	3.11	*
Error	10	204.7706607	20.4770661			
Total correcto	14	924.0962576				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 70A. Análisis de varianza de vitamina C al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	721.4019213	180.3504803	7.16	3.11	*
Error	10	252.0184620	25.2018462			
Total correcto	14	973.4203832				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 71A. Análisis de varianza de vitamina C a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	136.5102185	34.1275546	0.98	3.11	NS
Error	10	346.5237949	34.6523795			
Total correcto	14	483.0340134				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 72A. Análisis de varianza de vitamina C a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	206.8640098	51.7160025	1.79	3.11	NS
Error	10	288.7716377	28.8771638			
Total correcto	14	495.6356475				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 73A. Análisis de varianza de etanol al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	899.103479	224.775870	1.11	3.11	NS
Error	10	2016.406127	201.640613			
Total correcto	14	2915.509606				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 74A. Análisis de varianza de etanol a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3720.011486	930.002872	9.64	3.11	*
Error	10	964.527843	96.452784			
Total correcto	14	4684.539329				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 75A. Análisis de varianza de etanol a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	31482.49935	7870.62484	74.60	3.11	*
Error	10	1055.10089	105.51009			
Total correcto	14	32537.60025				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 76A. Análisis de varianza de etanol a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	98172.6783	24543.1696	16.52	3.11	*
Error	10	14858.4493	1485.8449			
Total correcto	14	113031.1276				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 77A. Análisis de varianza de etanol a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	46864.48968	11716.12242	9.17	3.11	*
Error	10	12770.87541	1277.08754			
Total correcto	14	59635.36509				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 78A. Análisis de varianza de etanol al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	48961.02247	12240.25562	25.25	3.11	*
Error	10	4846.76941	484.67694			
Total correcto	14	53807.79188				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 79A. Análisis de varianza de etanol a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	610833.6073	152708.4018	52.90	3.11	*
Error	10	28865.2330	2886.5233			
Total correcto	14	639698.8402				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 80A. Análisis de varianza de etanol a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3360317.779	840079.445	22.06	3.11	*
Error	10	380765.627	38076.563			
Total correcto	14	3741083.406				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 81A. Análisis de varianza de acetaldehído al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	657.589408	164.397352	1.96	3.11	NS
Error	10	838.237124	83.823712			
Total correcto	14	1495.826532				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 82A. Análisis de varianza de acetaldehído a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1897.577296	474.394324	18.69	3.11	*
Error	10	253.821402	25.382140			
Total correcto	14	2151.398698				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 82A. Análisis de varianza de acetaldehído a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	18.75174342	4.68793586	5.01	3.11	*
Error	10	9.35534439	0.93553444			
Total correcto	14	28.10708781				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 83A. Análisis de varianza de acetaldehído a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	38.93596591	9.73399148	3.85	3.11	*
Error	10	25.28830135	2.52883013			
Total correcto	14	64.22426726				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 84A. Análisis de varianza de acetaldehído a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	12.64492362	3.16123090	3.89	3.11	*
Error	10	8.12822793	0.81282279			
Total correcto	14	20.77315154				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 85A. Análisis de varianza de acetaldehído al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	3786.546520	946.636630	16.31	3.11	*
Error	10	580.407264	58.040726			
Total correcto	14	4366.953784				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 86A. Análisis de varianza de acetaldehído a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	2255.726009	563.931502	20.56	3.11	*
Error	10	274.240715	27.424072			
Total correcto	14	2529.966725				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 87A. Análisis de varianza de acetaldehído a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	303.3622078	75.8405519	11.51	3.11	*
Error	10	65.8947718	6.5894772			
Total correcto	14	369.2569796				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 88A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	2.46377460	0.61594365	1.14	3.11	NS
Error	10	5.39020949	0.53902095			
Total correcto	14	7.85398409				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 89A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> a los 5 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	4.99564510	1.24891127	1.36	3.11	NS
Error	10	9.18649962	0.91864996			
Total correcto	14	14.18214472				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 90A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> a los 9 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	9.49235416	2.37308854	1.65	3.11	NS
Error	10	14.38164289	1.43816429			
Total correcto	14	23.87399705				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 91A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> a los 13 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	5.57197207	1.39299302	0.38	3.11	NS
Error	10	36.20294369	3.62029437			
Total correcto	14	41.77491575				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 92A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> a los 17 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	5.87021640	1.46755410	0.35	3.11	NS
Error	10	41.73299133	4.17329913			
Total correcto	14	47.60320773				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 93A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	38.30566275	9.57641569	3.68	3.11	*
Error	10	26.04931249	2.60493125			
Total correcto	14	64.35497524				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 94A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	88.3537947	22.0884487	3.88	3.11	*
Error	10	56.9375982	5.6937598			
Total correcto	14	145.2913929				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 95A. Análisis de varianza de producción de CO<sub>2</sub> a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1112.542532	278.135633	4.03	3.11	*
Error	10	690.557223	69.055722			
Total correcto	14	1803.099754				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 96A. Análisis de varianza de producción de etileno al 1 día después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	1687.653266	421.913317	10.76	3.11	*
Error	10	391.996705	39.199670			
Total correcto	14	2079.649971				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 97A. Análisis de varianza de producción de etileno a los 5 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	498.5916834	124.6479209	7.76	3.11	*
Error	10	160.6420751	16.0642075			
Total correcto	14	659.2337586				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 98A. Análisis de varianza de producción de etileno a los 9 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	205.8969239	51.4742310	3.03	3.11	NS
Error	10	169.9967156	16.9996716			
Total correcto	14	375.8936395				

\*: Significativo Fc>Ft con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo Fc<Ft.

Cuadro 99A. Análisis de varianza de producción de etileno a los 13 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	621.5133143	155.3783286	13.68	3.11	*
Error	10	113.6023633	11.3602363			
Total correcto	14	735.1156776				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 100A. Análisis de varianza de producción de etileno a los 17 días después del almacenamiento a 5 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	27.32969560	6.83242390	1.61	3.11	NS
Error	10	42.40548133	4.24054813			
Total correcto	14	69.73517693				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 101A. Análisis de varianza de producción de etileno al 1 día después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	540.4751046	135.1187762	9.78	3.11	*
Error	10	138.1855529	13.8185553			
Total correcto	14	678.6606575				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 102A. Análisis de varianza de producción de etileno a los 3 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	581.5745688	145.3936422	10.40	3.11	*
Error	10	139.7547930	13.9754793			
Total correcto	14	721.3293618				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .

Cuadro 103A. Análisis de varianza de producción de etileno a los 5 días después del almacenamiento a 20 °C.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Ft</b>	<b>SIG</b>
Modelo	4	216.4978528	54.1244632	2.17	3.11	NS
Error	10	248.9861644	24.8986164			
Total correcto	14	465.4840172				

\*: Significativo  $F_c > F_t$  con  $\alpha=0.05$ , NS: No significativo  $F_c < F_t$ .