

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería



**Evaluación de diferentes técnicas de procesamiento para la producción industrial de trozos de manzana mínimamente procesados empacados al vacío**

Trabajo de graduación presentado por Evelyn Roxanna Chavac Sánchez para optar al grado académico de Maestría en Tecnología de Alimentos y Gestión

Guatemala

2013



**Evaluación de diferentes técnicas de procesamiento para la producción industrial de trozos de manzana mínimamente procesados empacados al vacío**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería

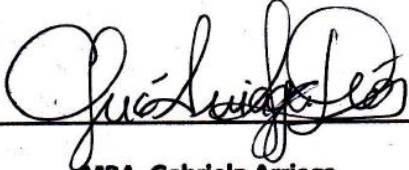


**Evaluación de diferentes técnicas de procesamiento para la producción industrial de trozos de manzana mínimamente procesados empacados al vacío**

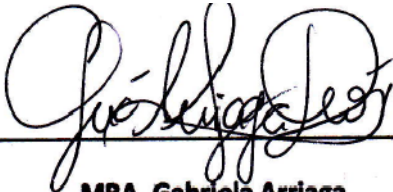
Guatemala

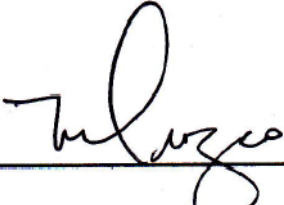
2013

Vo. Bo.

(f)   
MBA. Gabriela Arriaga

Tribunal examinador

(f)   
MBA. Gabriela Arriaga

(f)   
PhD. Mónica Orozco de Dekkers

(f)   
Msc. Ana Silvia Colmenares

Fecha de aprobación: Guatemala, 30 de Mayo de 2013

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	ii
LISTA DE GRÁFICAS.....	iii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	iv
RESUMEN.....	v
CAPÍTULOS	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	10
IV. JUSTIFICACIÓN.....	18
V. OBJETIVOS.....	19
VI. METODOLOGÍA .....	20
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
VIII. CONCLUSIONES.....	64
IX. RECOMENDACIONES.....	65
X. BIBLIOGRAFÍA.....	66
XI. ANEXOS.....	69

## LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1	Medición de Luminosidad de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 4°C y 20°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío .....	34
Tabla No. 2	Medición de a* de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 4°C y 20°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.....	37
Tabla No. 3	Medición de b* de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 20°C y 4°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.....	40
Tabla No. 4	Medición de pH de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 4°C y 20°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.....	47
Tabla No. 5	Medición de sólidos solubles (°Brix) de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 20°C y 4°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.....	50
Tabla No. 6	Medición de % de acidez de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 20°C y 4°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío .....	53
Tabla No. 7	Análisis microbiológico de los trozos de manzanas almacenados a 4°C y 20°C en el día 7 y 14.....	55
Tabla No. 8	Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de color de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	56
Tabla No. 9	Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de color de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	57
Tabla No. 10	Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de sabor de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	57

Tabla No. 11 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de sabor de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	58
Tabla No. 12 Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de aroma de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	58
Tabla No. 13 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de aroma de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	59
Tabla No. 14 Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de textura de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	59
Tabla No. 15 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de textura de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C.....	60
Tabla No. 16 Costos para tratamiento con ácido ascórbico.....	61
Tabla No. 17 Costos para tratamiento con ácido cítrico.....	62
Tabla No. 18 Costos para tratamiento con miel.....	63
Tabla No. 19 Costos para tratamiento con cloruro de sodio.....	64

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica No. 1 Medición de luminosidad ( $L^*$ ) de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 4°C en los días 0, 7 y 14.....	35
Gráfica No. 2 Medición de luminosidad ( $L^*$ ) de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 20°C en los días 0, 7 y 14.....	35
Gráfica No. 3 Medición del parámetro de $a^*$ de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 4°C en los días 0, 7 y 14.....	38
Gráfica No. 4 Medición del parámetro de $a^*$ de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 20°C en los días 0, 7 y 14.....	38
Gráfica No. 5 Medición colorimétrica de $b^*$ de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 4°C en los días 0, 7 y 14.....	41
Gráfica No. 6 Medición colorimétrica de $b^*$ de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 20°C en los días 0, 7 y 14.....	41
Gráfica No. 7 Medición de pH de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 4°C.....	48
Gráfica No. 8 Medición de pH de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 20°C.....	48

Gráfica No. 09 Sólidos solubles (°Brix) de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 4°C.....	51
Gráfica No. 10 Sólidos solubles (°Brix) de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 20°C.....	52
Gráfica No. 11 Porcentaje de acidez de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 4°C.....	54
Gráfica No. 12 Porcentaje de acidez de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 20°C.....	54

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1 Etapas de la reacción del pardeamiento enzimático.....	3
Ilustración No. 2 Composición nutricional de la manzana.....	11
Ilustración No. 3 Trozos de manzana con diferentes tratamientos después de 14 días empacados al vacío a 4°C.....	42
Ilustración No. 4 Trozos de manzana con diferentes tratamientos después de 14 días empacados al vacío 20°C.....	42

## RESUMEN

Conservar frutas cortadas es un reto debido al daño fisiológico que se produce en éstas. Para evitar este tipo de inconvenientes se han realizado múltiples investigaciones para el control del pardeamiento de diversos frutos entre ellos manzanas cortadas en trozos. Se realizaron diversas diferentes pruebas como lo fueron colorimétricas, pH, acidez y sólidos solubles con los tratamientos de ácido cítrico, ascórbico, miel y cloruro de sodio en trozos de manzana los cuales fueron empacados al vacío. Se realizó un monitoreo al día 0, 7 y 14 a una temperatura de 4°C y de 20°C. Se determinó cuál de todos los tratamientos utilizados tiene una mejor aceptación por el consumidor mediante un panel sensorial y se evaluó el costo de los diferentes tratamientos utilizados.

Como resultado se obtuvo que el tratamiento con ácido ascórbico con una concentración de 0.5 M empacadas al vacío a una temperatura de 4°C presentó los mejores resultados respecto al pardeamiento enzimático, ya que al realizar la medición colorimétrica se observó que los resultados eran satisfactorios. En la realización del panel sensorial se midieron 4 parámetros con una escala hedónica. Los parámetros medidos fueron sabor, color, textura y aroma en los cuales el tratamiento con ácido ascórbico 0.5 M fue el preferido por los panelistas. En el análisis de costos se observó que el tratamiento con cloruro de sodio es el de menor costo pero no presenta resultados satisfactorios. El tratamiento con ácido ascórbico que fue el de mayor aceptación no tiene un costo tan elevado así que también puede ser un tratamiento rentable brindando un snack saludable al consumidor.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos mínimamente procesados invierte año con año en la investigación de nuevas técnicas para la conservación de sus productos. El daño producido al tejido celular del fruto es un factor de calidad que afecta al producto. Para evitar este tipo de problemas se han realizado investigaciones en las cuales se utilizan diversos antioxidantes, recubrimientos comestibles o empaques con atmosfera al vacio y atmosfera modificada. Actualmente la población no consume frutas o vegetales debido al factor tiempo que implica el cortado y pelado de las mismas, entre otros. Prefieren comidas rápidas y fáciles de adquirir las cuales no son saludables. La creación de un producto listo para comer, con aumento en la vida de anaquel y con las cualidades características del producto es un reto para la industria de alimentos. Según estudios realizados el uso de este tipo de tratamientos a trozos de frutas ayudan a conservarla durante un periodo de tiempo mayor y al mismo tiempo conserva las propiedades de la fruta. Este tipo de tratamiento ayuda tanto a la población como a la industria de alimentos.

El objetivo de este estudio fue realizar diferentes pruebas con ácido cítrico, ascórbico, miel y cloruro de sodio en trozos de manzana los cuales fueron empacados al vacio. Se hizo un monitoreo al día 0, 7 y 14 a una temperatura de 4°C y de 20°C. Se determinó cuál de todos los tratamientos utilizados tiene una mejor aceptación por el consumidor y se evaluó el costo de los diferentes tratamientos. Con los resultados obtenidos en dicho estudio se concluyó que el tratamiento utilizado con mejores resultados sobre el efecto del pardeamiento y prolongamiento de la vida de anaquel a los 14 días fue el de ácido ascórbico 0.5 M utilizando una temperatura de 4°C y empacada al vacío. Se llevó a cabo un análisis sensorial de todos los tratamientos a una temperatura de 4°C, ya que a esta temperatura se obtuvieron mejores resultados respecto al pardeamiento. De los 4 parámetros evaluados sabor, textura, color y aroma, hubo diferencia significativa entre todos los tratamientos en los distintos parámetros. El ácido ascórbico fue el tratamiento con mayor aceptación en el análisis sensorial seguido del tratamiento con miel. En la evaluación de costos se observa que el tratamiento de menor costo es el de cloruro de sodio pero este no muestra los resultados esperados. Aun así el tratamiento con ácido ascórbico es un proyecto prometedor y rentable el cual brinda un producto saludable y a un costo accesible al consumidor.

## II. ANTECEDENTES

Para obtener un efecto benéfico para la salud es recomendable el consumo de frutas y hortalizas en la dieta diaria, ya que estas son una gran fuente de macronutrientes y micronutrientes, además poseen un bajo contenido calórico. El consumo de frutas y hortalizas es muy bajo en la población respecto a las recomendaciones de profesionales de la salud. Una forma de lograr que el consumidor consuma más este tipo de producto es mediante la introducción al mercado de productos frescos en trozos ya que estos poseen una presentación atractiva (C. Tortoe, 2006).

Es importante conocer la fisiología del fruto tanto cortado en trozos como entero, para poder asegurar un producto con estabilidad, calidad nutricional, agradables características organolépticas y disminución de la pérdida de componentes propios del producto por manipulación y almacenamiento del mismo. Esto es de gran importancia para la aceptación del consumidor y el éxito final de estos productos (G. González, 2005).

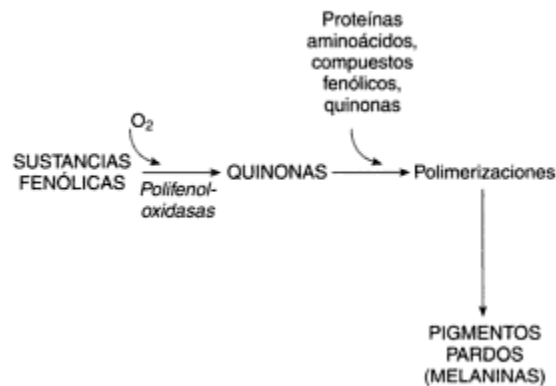
La industria de frutas mínimamente procesadas aún sigue realizando diversas investigaciones para obtener un producto con aceptación por el consumidor. Entre los daños que puede sufrir el producto se encuentran trastornos fisiológicos inducidos por corte, heridas, daño microbiano, crecimiento en los exudados de la superficie de corte del producto y condiciones de procesamiento insatisfactorios. Conservar frutas cortadas es un reto aún más grande debido al daño fisiológico que se produce en estas. Para evitar este tipo de inconvenientes se han realizado múltiples investigaciones para el control del pardeamiento de diversos frutos entre ellos manzanas cortadas en trozos (G. González, 2005).

### A. Pardeamiento enzimático

El pardeamiento enzimático es un indicador de calidad importante en frutas y verduras frescas cortadas en trozos, debido a que disminuye las propiedades sensoriales del producto y es poco atractivo para el consumidor.

El pardeamiento enzimático se produce mayormente en las frutas y vegetales y se producen por enzimas llamadas polifenoloxidasas las cuales causan una oxidación enzimática de fenoles a quinonas en presencia de oxígeno (O. Atrooz, 2008).

### Ilustración No. 1 Etapas de la reacción del pardeamiento enzimático



(M. Hernandez, 1999)

El pardeamiento enzimático consiste en la oxidación de fenoles los cuales forman quinonas reactivas, las cuales pueden crear un acoplamiento mediante la interacción con residuos de péptidos, aminoácidos y azúcares reductores para formar oligómeros de color café que varían de intensidad. Para que el pardeamiento enzimático se lleve a cabo se necesitan tres factores esenciales:

- Presencia de sustratos fenólicos adecuados para el pardeamiento
- Sistema enzimático activo
- Presencia de oxígeno (J. Gutiérrez, 2000).

Los sustratos para que se lleve a cabo el pardeamiento son compuestos como monofenoles, difenoles y polifenoles. De todos estos los monofenoles son los que producen procesos más lentos ya que una hidroxilación enzimática es requerida. Los sustratos principales que pueden ser objeto propias del pardeamiento enzimático se encuentran: el orto-difenol y sus derivados, los compuestos derivados de la L-tirosina, ácidos orgánicos que poseen anillos aromáticos, compuestos flavonoides, ligninas y taninos (J. Gutiérrez, 2000).

En el pardeamiento enzimático intervienen varios sistemas de la polifenol-oxidasa también se conoce como catecol oxidasa, tirosinasa, fenolasa, catecolasa, oxidasa o-difenol y monofenoloxidasa. Esta se encuentra en muchas frutas y vegetales, cuya función es oxidar diversos sustratos. Normalmente después de una lesión en los tejidos se puede observar polímeros coloreados los cuales pueden constituir en un mecanismo de defensa contra los microorganismos. Estas enzimas y sustratos se mantienen en compartimientos como en los cloroplastos, peroxisomas, mitocondrias y en la fracción soluble de la membrana celular, siempre que el fruto o vegetal se encuentre sano sin lesiones. El pardeamiento enzimático se produce cuando se rompe la estructura tisular y con ayuda del oxígeno se activa el sistema enzimático (J. Gutiérrez, 2000).

Las polifenol-oxidasas, las cuales oxidan compuestos fenólicos en orto-quinonas poseen una doble actividad:

- Conversión de monofenoles a orto-difenoles llevando a cabo una actividad cresolasa la cual implica una hidroxilación.
- Conversión de orto-difenoles a orto-quinonas llevando a cabo una actividad de catecolasa, la cual implica una oxidación (J. Gutiérrez, 2000).

Esta reacción se lleva a cabo en un pH que comprende entre los 5.0 – 7.0 ya que el pH óptimo no se encuentra bien definido. La actividad de la enzima se inactiva con un pH ácido menor a 3.0. El mecanismo de reacción del pardeamiento enzimático se lleva a cabo en cinco etapas:

- Hidroxilación inicial mediante la actividad de la creolasa
- Oxidación a quinonas por medio de la actividad de la catecolasa
- Hidroxilación química secundaria de las quinonas: esta depende de la presencia de oxígeno y de la enzima. Se llevan a cabo reacciones en las cuales las quinonas pueden ser hidroxiladas de manera secundaria debido a reacciones que se llevan a cabo con moléculas de agua formando trihidroxibencenos.
- Cambios intramoleculares entre quinonas y fenoles: la reacción de compuestos trifenólicos produce cambios intramoleculares entre quinonas y fenoles formando hidroxiquinonas.

- Condensación de quinonas para dar lugar a polímeros: las hidroxiquinonas conducen a la formación de polímeros denominados melaninas, que luego de pasar una variedad de colores se obtiene una coloración la cual puede ser parda o negra (J. Gutiérrez, 2000).

Esta formación de pigmentos en trozos de manzana mínimamente procesados, es un índice de calidad importante. Para evitar el pardeamiento por un periodo de tiempo pueden ser utilizados tratamientos enzimáticos, tratamientos con calor, inhibidores químicos, recubrimientos comestibles o con diferentes tipos de empaques (O. Atrooz, 2008).

Cuando se realiza un tratamiento con calor se provoca una inactivación de la enzima, lo importante es que no utiliza ningún tipo de aditivo pero puede ocasionar cambios en las características organolépticas del producto. Otro método utilizado es la inactivación de la enzima mediante inhibidores químicos como lo son el ácido ascórbico. El cual además de sus propiedades vitamínicas, también puede oxidarse a ácido dehi-hidroascórbico, reduciendo la quinona a fenol. Puede ser agregado después de haberse formado las quinonas. La utilización de sales en soluciones por ejemplo la de cloruro de sodio impide la actividad de la polifenoloxidasas frente al ácido clorogénico (M. Montenegro, 2009).

## **B. Tratamientos para evitar el pardeamiento de manzanas**

1. Ácido ascórbico. Por más de 50 años para evitar el pardeamiento enzimático se ha utilizado el ácido ascórbico y su isómero el ácido eritórbito en combinación de ácidos orgánicos como el ácido cítrico y sales de calcio. Según estudios el aumento de vida de anaquel de manzanas cortadas en trozos puede lograrse con una combinación de antioxidantes y exclusión de oxígeno con un empaque al vacío. Los productos que utilizan una mezcla de estas dos técnicas obtienen mejores resultados incluso después que el consumidor abre el empaque. La vida de anaquel de las manzanas cortadas en trozos mínimamente procesadas puede ser aumentada mediante un almacenamiento al vacío y un tratamiento con ácido ascórbico al 2% (M. Gil, 1998).

También se han realizado investigaciones sobre el papel del ácido ascórbico endógeno en la sensibilidad al oscurecimiento de piñas, manzanas y peras recién cortadas en trozos durante el almacenamiento. Se hizo un estudio con piña, manzana y pera las cuales fueron evaluadas como fruta fresca cortada en trozos en comparación con fruta entera durante el almacenamiento a 4°C.

Se midieron los cambios obtenidos en el contenido de sólidos solubles, firmeza de la pulpa y la capacidad antioxidante. La piña no mostró ningún síntoma relacionado con el pardeamiento enzimático, incluso después de 216 h de almacenamiento, en comparación síntomas eran evidentes en manzana y pera tan pronto como 24 horas después del corte. La sensibilidad diferente de los tres tipos de frutas estaba relacionada con el alto contenido en ácido ascórbico en la piña, en comparación con manzana y pera. Lo cual indica que la adición de una solución de 0.5 M de ácido ascórbico a las manzanas puede favorecer la vida de anaquel y evitar el pardeamiento (S. Tavarini, 2010).

Otro tipo de agente antioxidantes utilizado es el clorito de sodio, que es capaz de generar gas de dióxido de cloro en un medio ácido. El dióxido de cloro, también un potente agente oxidante, puede ser utilizado en aplicaciones tales como la desinfección de los alimentos y para purificar agua. En estudios anteriores se ha demostrado que la reacción de pardeamiento y el crecimiento microbiano pueden ser controlados por el clorito de sodio. La forma acidificada de clorito de sodio es un agente antimicrobiano muy eficaz el cual es producido por un descenso del pH de 2.5 a 3.2. El FDA (Food and Drug Administration) ha aprobado su uso en frutas y verduras crudas en el rango de 0.5-1.2 gramos por litro seguido por un enjuague con agua potable. Al añadir a la solución ácidos orgánicos como el ácido cinámico y salicílico, se logra una mayor inhibición del pardeamiento que el obtenido con ácido cítrico. El uso únicamente de clorito de sodio es una buena opción para la industria alimenticia ya que retarda el pardeamiento, es económico, es estable y tiene buena aceptación por el consumidor (S. Lu, 2007).

La alta ingestión de clorito de sodio puede causar síntomas clínicos similares a los producidos por el clorato de sodio entre los cuales se puede destacar metahemoglobinemia, insuficiencia renal y hemólisis. Al ser ingerido el cuerpo lo reconoce como toxina por lo que es eliminado por los riñones causando insuficiencia renal. En dosis de 1 gramo pueden causar vómitos, náuseas y otros efectos secundarios. Si es ingerido en dosis de 10 a 15 gramos puede ser letal (S. Lu, 2007).

El uso de soluciones de ácido ascórbico, cisteína, ácido cítrico, cloruro de sodio, cloruro de calcio y ascorbato de sodio empleados de manera independiente o en combinación fue investigado en un intento de encontrar el tratamiento más eficaz para inhibir el pardeamiento

enzimático y la decadencia del producto en manzanas cortadas en trozos. Para inhibir la polifenoloxidasas, la cual produce el pardeamiento, y por su acción antimicrobiana se han utilizado el ácido ascórbico como agente reductor, compuestos sulfidrilos como la cisteína, calcio y sales de sodio. Al realizar el estudio con diferentes soluciones de estos compuestos, se obtuvo que el ácido ascórbico mostró mayores niveles de inhibición de pardeamiento de todas las soluciones ensayadas. Se muestra una considerable promesa como un inhibidor de la oxidación enzimática de manzanas cortadas en trozos. El ácido ascórbico y cloruro de calcio pueden ser compuestos de elección para alimentos mínimamente procesados, debido a su adicional valor nutricional (C. Tortoe, 2006).

2. Recubrimientos comestibles. La actividad respiratoria de las frutas mínimamente procesadas aumenta 1.2 a 7.0 veces, dependiendo de los productos, el grado de daño físico y la temperatura. El deterioro de un producto puede ser medido por la tasa de respiración de una fruta. Un aumento en la respiración puede ser debido lesiones en el tejido las cuales reducen en gran medida la vida útil en comparación con frutas enteras. El uso de recubrimientos comestibles puede reducir la respiración, lo que prolonga la vida útil del producto. Los recubrimientos comestibles a proporcionan una barrera semipermeable contra el oxígeno, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la humedad y el movimiento de solutos, por lo tanto reduce la respiración, pérdida de agua y la tasa de oxidación. Existen estudios los cuales indican que los recubrimientos comestibles en combinación con agentes antipardeamiento extienden efectivamente la vida útil de rodajas de manzana mínimamente procesadas, teniendo una aceptación sensorial aceptable, por un periodo de dos semanas al ser almacenadas en bandejas a una temperatura de 3 °C (J. Lee, 2002).

3. Miel. La miel ha sido investigada por su actividad antioxidante y potencial aplicación como agente que reduce el pardeamiento de forma natural en diferentes aplicaciones alimentarias. Se ha investigado la capacidad antioxidante de la miel para determinar su efectividad en la inhibición de la pardeamiento enzimático en las manzanas recién cortadas al utilizar un empaque al vacío. La función antioxidante de la miel se atribuye por una variedad de ingredientes funcionales y como la vitamina C, pequeños péptidos, flavonoides y compuestos fenólicos, enzimas (glucosa oxidasa y catalasa) y su bajo pH (M. Jeon, 2005).

La miel no sólo inhibe la oxidación enzimática de los polifenoles, si no también convierte una porción de o-quinonas en los polifenoles originales. Las enzimas en la miel pueden actuar como un antioxidante al promover la eliminación del oxígeno. Un péptido de peso molecular 600 en la miel también posee un efecto inhibitor sobre la actividad polifenoloxidasas en uvas blancas y en trozos de manzanas. Según estudios la capacidad antioxidante de la miel está íntimamente relacionada con el color de la miel, mientras más oscura sea posee mayor capacidad antioxidante en combinación con un empaque al vacío. Otro estudio también identifica la capacidad antioxidante de 2 tipos de miel la Mexicana y la Argentina y el objetivo fue la mejora de los trozos de manzana cortados por impregnación al vacío con dos tipos de mieles y determinar los cambios fisicoquímicos y los niveles de antioxidantes de más de 7 días de almacenamiento a 2-4 ° C. Obteniendo resultados positivos con este tipo de tratamiento al igual que el estudio anterior, combinando ambas técnicas (C. Rößle, 2011).

4. Recubrimientos con proteínas de la leche. Se han realizado estudios en los cuales se indica que el uso de recubrimientos a base de proteína de la leche puede ser utilizado para controlar el pardeamiento enzimático en trozos de manzana cortadas sin producir daño en los tejidos. Esto puede ser beneficioso debido a que no producen sabor, olor y es comestible. Los resultados obtenidos mostraron que las formulaciones de proteína láctea utilizadas mostraron un retraso en el pardeamiento, debido a que actúan como barreras o captadores de oxígeno y evitan la formación de hidroperoxidasas (C. LE TIEN, 2001).

5. Utilización de atmosferas modificadas. Para reducir los niveles de O<sub>2</sub> se puede utilizar la técnica de impregnación al vacío la cual ha demostrado resultados positivos en la conservación de frutas mínimamente procesadas al disminuir pérdidas y mantener la calidad de las frutas. Las soluciones isotónicas de glucosa con grados Brix similares al de las diferentes frutas utilizadas las cuales son manzana, fresa, melocotón y sandía y aplicar la técnica de impregnación al vacío tienen efecto sobre el índice respiratorio. En el estudio se observó la variación de CO<sub>2</sub> de las diferentes frutas cortadas en trozos con y sin tratamiento al vacío con soluciones isotónicas a 5-10 °C, de las cuales se obtuvo como resultado que las frutas cortadas, que tuvieron tratamiento al vacío y estaban en solución isotónica tuvieron un índice respiratorio mayor que las frutas que se encontraban enteras. Este tratamiento presenta ventajas sobre las frutas en trozos que no se encontraban en soluciones isotónicas y no poseían impregnación al vacío por lo es una tecnología

que puede ser utilizada ya que puede disminuir el metabolismo respiratorio y aumentar la vida de anaquel (G. Giraldo, 2006).

6. **Empaque al vacío.** La eliminación de oxígeno es una medida que es utilizada para evitar el pardeamiento y permite conservar la fruta con mejores condiciones de sabor y textura. Este tipo de tratamiento es utilizado cuando se quiere conservar las frutas y verduras lo más cercano a su estado natural. La eliminación de oxígeno hace no se active la polifenoloxidasas lo cual impide el pardeamiento en los frutos. Para realizar el empaque al vacío se han evidenciado varios materiales en los que se encuentra que el polietileno de baja densidad produce los mejores resultados (D. Desrosier, 1993).

7. **Refrigeración.** La refrigeración es el descenso de la temperatura para prolongar el período de conservación de los alimentos. La refrigeración disminuye el proceso de respiración del fruto por lo que evita el pardeamiento. Mediante la refrigeración las células de los vegetales continúan con vida por un mayor período de tiempo y los metabolismos celulares son detenidos (J. Cheftel, 1992).

Mediante la disminución de la temperatura se aumenta la vida útil del producto fresco o procesado por la disminución en la proliferación de microorganismos, las actividades metabólicas de tejidos y reacciones deteriorantes. La refrigeración retarda o modera la maduración y más concretamente las reacciones de la respiración las cuales llevan a un pardeamiento del producto mínimamente procesado, en la cual el fruto se conserva durante un largo período de tiempo (días o semanas) sin que aparezcan alteraciones y se conserven las cualidades organolépticas (J. Cheftel, 1992).

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Descripción botánica

El manzano o *malus domestica* es un árbol de la familia de las roceáceas. Este árbol posee un tamaño relativamente pequeño aproximadamente 12 metros de altura, de ramas espaciadas, caducifolio, de hermosa floración, copa redondeada y numerosas ramas. El manzano florece en primavera, antes de la aparición de sus hojas, y su fruto es desarrollado a partir de un pedúnculo floral el cual da origen a la manzana (I. Palomo, 2010).

#### B. Características de la manzana

La manzana es una fruta comestible, pomácea, la cual posee diversas características que la convierten en uno de los frutos más populares dentro de la población.

- Forma: ovoides con numerosas semillas en su interior, también puede encontrarse en forma alargada o redonda.
- Peso: 170 – 250 gramos.
- Tamaño: 75 – 85 milímetros.
- Color: existen diversos colores entre los cuales se pueden agrupar en rojas, amarillas, verdes y bicolors. Cada una con un sabor y aroma diferentes.
- Sabor: su sabor puede ser de dulce a ácido debido a su pulpa la cual puede ser dura o blanda pero siempre jugosa (I. Palomo, 2010).

#### C. Propiedades nutricionales

La manzana es una de las frutas con más beneficios para la salud ya que es muy completa y enriquecedora con sus diversos nutrientes que aporta. Entre su composición se tiene que un 84% es agua la cual la convierte en un alimento hidratante y el 14% está compuesto de carbohidratos fundamentales como fructosa, glucosa y sacarosa. Contiene fibra soluble e insoluble, siendo la fibra insoluble la más abundante la cual es reguladora de enfermedades del intestino grueso (P. Dolz, 2008).

La manzana también contiene diversos ácidos orgánicos como lo son el ácido málico, ácido tartárico y ácido cítrico. En pequeñas cantidades posee componentes como fenoles, pectinas, lípidos y prótidos (R. Morales, 1998). Entre sus características beneficiosas para la salud humana que brinda la manzana es que posee una actividad antioxiante, la cual se debe al contenido de fenoles flavonoides. Los fenoles se agrupan en 5: ácidos hidrocinámicos, flavanoles, flavonoles, dihidrochalconas y antocianinas. Los flavonoides son sintetizados a partir de la fenilalanina y tirosina lo cual forman los ácidos cinámicos y cinámico y p-hidroxicinámico. Cuando estos se condensan con acetato forman el cinamol de los flavonoides. Los grupos hidroxifenólicos, los dobles enlaces y los grupos cetónicos que se encuentran en los flavonoides brindan la actividad antioxiante. Entre los diversos factores que influyen en el contenido de flavonoides en la fruta se encuentran la forma de cultivar, la nutrición mineral de la planta, almacenaje refrigerado, zona climática en donde se desarrolla la planta y el tipo de tejido del fruto (I. Palomo, 2010).

## Ilustración No. 2 Composición nutricional de la manzana

### Composición nutricional

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad (200 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
<b>Energía (Kcal)</b>	49	82	3.000	2.300
<b>Proteínas (g)</b>	0,3	0,5	54	41
<b>Lípidos totales (g)</b>	Tr	Tr	< 100	< 77
AG saturados (g)	—	—	< 23	< 18
AG monosaturados (g)	—	—	> 57	> 43
AG polinsaturados (g)	—	—	10-20	8-15
ω-3 (g)	—	—	0,33-3,3	0,25-2,6
ω-6 (g)	—	—	1,3-16,5	1,2-10,4
Colesterol (mg)	0	0,0	< 300	< 230
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	12	20,2	375-450	288-345
<b>Fibra (g)</b>	2	3,4	38	29
<b>Agua (g)</b>	85,7	144,0	1.000-2.000	1.000-2.000
<b>Calcio (mg)</b>	6	10,1	800	800
<b>Hierro (mg)</b>	0,4	0,7	10	18
<b>Yodo (µg)</b>	2	3,4	140	110
<b>Magnesio (mg)</b>	5	8,4	350	330
<b>Zinc (mg)</b>	0,1	0,2	15	15
<b>Sodio (mg)</b>	2	3,4	< 2.400	< 2.400
<b>Potasio (mg)</b>	120	201,6	3.500	3.500
<b>Fósforo (mg)</b>	8	13,4	700	700
<b>Selenio (µg)</b>	Tr	Tr	70	55
<b>Tiamina (mg)</b>	0,04	0,07	1,2	0,9
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,02	0,03	1,8	1,4
<b>Equivalentes niacina (mg)</b>	0,2	0,3	20	15
<b>Vitamina B<sub>6</sub> (mg)</b>	0,03	0,05	1,8	1,6
<b>Ácido Fólico (µg)</b>	5	8,4	400	400
<b>Vitamina B<sub>12</sub> (µg)</b>	0	0,0	2	2
<b>Vitamina C (mg)</b>	10	16,8	60	60
<b>Vitamina A: Eq. Retinol (µg)</b>	4	6,7	1.000	800
<b>Vitamina D (µg)</b>	0	0,00	5	5
<b>Vitamina E (mg)</b>	0,2	0,3	12	12

Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras y col., 2007. (MANZANA). Recomendaciones: ■ Ingestas Recomendadas/día para hombres y mujeres de 20 a 39 años con una actividad física moderada. Recomendaciones: ■ Objetivos Nutricionales/día. Moreiras y col., 2007. —: Dato no disponible. Tr: Trazas.

(O. Moreiras, 2007)

#### **D. Efecto del consumo de la manzana para la salud**

1. **Cáncer.** Se han realizado varios estudios en donde la reducción del riesgo de cáncer se encuentra relacionado con el consumo de manzanas. Se examinaron diversas frutas y verduras por separado para observar su efecto, sin embargo al examinar las manzanas por separado se pudo observar que eran un factor determinante para disminuir el riesgo de cáncer de pulmón. Según estudio las mujeres que consumían al menos una manzana o pera al día disminuían el riesgo de cáncer de pulmón (J. Boyer, 2004).

Existen dos tipos de mecanismos en los cuales las manzanas producen un efecto anticancerígeno los cuales son la disminución de la proliferación celular y activación de la apoptosis. En la disminución de la proliferación celular los extractos de manzana son capaces de inhibir a las proteínas ciclina D1 y Cdk4, participan en el paso de la fase G1 a la fase S en el ciclo celular, lo que disminuye la proliferación de células tumorales. La manzana contiene pectina el muy importante ya que se expresan genes supresores de tumores en las células de cáncer de colon. En la activación de la apoptosis. se ha observado que las quercetinas de las manzanas pueden activar la caspasa 3 lo cual induce la apoptosis de las células tumorales (I. Palomo, 2010).

2. **Diabetes Mellitus.** La incidencia de diabetes tipo II ha ido aumentando drásticamente alrededor del mundo por lo que ha llamado el interés de los investigadores para disminuir su incidencia. Según estudios se han obtenido nuevos datos los cuales indican que existe una relación entre la ingesta de manzana y la disminución de diabetes mellitus tipo II. Se realizó un estudio en el cual se quería determinar si el consumo de flavonoides se encontraba relacionado con el riesgo de diabetes, marcadores de resistencia a la insulina e inflamación. Las manzanas fueron el único alimento rico en flavonoides que mostraba un efecto protector respecto a la diabetes. Se observó que existía una disminución del 27 a 28% del riesgo al consumir 2 a 6 manzanas por semana (D. Hyson, 2011)

3. Enfermedades cardiovasculares. La ingesta de manzanas protege de la oxidación a las lipoproteínas de baja densidad (LDL). Las manzanas tienen la capacidad de disminuir los niveles de colesterol sérico. También en estudios realizados con ratones se observa que el consumo de manzana disminuye el riesgo de producir aterosclerosis. En otro estudio realizados personas que poseen un índice de masa corporal alto recibieron capsulas de polifenoles de manzanas en un tiempo de tres meses, después de este periodo mostraron disminución en niveles de colesterol total y de LDL (I. Palomo, 2010).

#### **E. Factores que afectan la calidad de frutas mínimamente procesadas**

1. Condicionantes de la calidad de frutas o vegetales cortados mínimamente procesados. La textura, apariencia, sabor, olor, seguridad microbiológica y larga vida de anaquel son parámetros de calidad en una fruta o vegetal mínimamente procesado. Estos parámetros se encuentran determinadas por el manejo de las frutas durante la cosecha, como el estado de madurez al momento de la recolección y el tratamiento post cosecha como las condiciones de almacenamiento, los cuales pueden afectar los parámetros anteriormente mencionados teniendo como resultado una alteración en la calidad del producto final (G. González, 2005).

2. Materia prima. Una selección adecuada de la materia prima es importante para la elaboración de productos mínimamente procesados. La fruta debe recolectarse al tener un grado adecuado de madurez y en condiciones asépticas. El estado de madurez en el que se encuentra la fruta es fundamental durante la recolección y el procesado ya que tienen un efecto significativo en la calidad del producto. Una fruta muy madura es más propensa a sufrir daño fisiológico como crecimiento fúngico y daño mecánico. Una recolección anticipada del fruto puede disminuir las características organolépticas (G. González, 2005).

La materia prima ha de seleccionarse teniendo en cuenta dos aspectos: el cultivar y el grado de madurez. Una buena selección del cultivar es crucial ya que implica que se puede simplificar el proceso en las etapas y tratamiento de conservación. Al hacer una selección de la materia prima por madurez hay que tener en cuenta los dos tipos de frutos los climatéricos y los no climatéricos. Los frutos climatéricos se recolectan cuando alcanzan la madurez fisiológica para minimizar los daños mecánicos durante la manipulación. Con las frutas no climatéricas se realiza la recolección

una vez se han desarrollado sus características organolépticas. Los cambios que se dan después de recolectada la fruta son mínimos y pueden ser evidenciados en la piel la textura (Y. Hernández, 2007).

3. Manejo post-cosecha. El manejo post cosecha se refiere a las etapas que van desde la recolección, manipulación, conservación y distribución de la materia prima. La materia prima debe ser manejada con especial cuidado para evitar el menor daño posible a los tejidos. Durante la recolección se realiza una selección de la materia prima la cual es llevada a la industria de alimentos. Esta es colocada en camiones sin refrigeración cuando son distancias relativamente cortas y en camiones con cadena de frío si es una distancia más larga. Cuando los productos se pre refrigeran a 1-2°C y son llevados a la bodega de materia prima y son introducidos en una cámara con temperatura entre 0 y 5°C con una humedad relativa adecuada según el producto (G. González, 2005).

4. Acondicionamiento del producto. Cada una de las operaciones llevadas a cabo en el procesado de las frutas tiene un papel significativo en la alteración del producto. En términos fisiológicos existe una diferencia notable entre una fruta entera y una cortada (G. González, 2005).

El pelado y troceado deben realizarse produciendo un daño mínimo en el tejido debido a que tienen influencia en la calidad del producto final. Al romper el tejido aumenta la respiración, se pierden las propiedades organolépticas. El corte mecanizado es menos preciso que el corte manual por lo que se produce una mayor pérdida de fluidos de los tejidos, favoreciendo el crecimiento microbiano y pérdida de calidad. Debido a estos problemas la tecnología está desarrollando equipos que minimicen los daños a las frutas y cumplan con requisitos higiénicos (R. Soliva, 2005).

5. Lavado y desinfección . El lavado y desinfección de la materia prima como las frutas es importante para mantener adecuadas condiciones higiénicas durante el proceso. Para dicho proceso existen diversos métodos los cuales reducen la flora superficial en las frutas. Cada método posee ventajas y desventajas según el producto y el proceso a realizar. Los métodos utilizados pueden ser de dos tipos físicos en los que se puede mencionar la remoción mecánica, tratamiento térmico e irradiación o químicos en el que se utilizan agentes como desinfectantes superficiales los cuales se utilizan en soluciones acuosas (G. Garmendia, 2007).

Para disminuir la carga microbiana inicial es importante el lavado y desinfección de las frutas enteras, lo cual elimina plagas, tierra, materiales extrañas, etc. El lavado y desinfección se realiza sumergiendo los frutos en soluciones cloradas aproximadamente de 200 ppm. Otro compuesto que ha empezado a surgir para la desinfección de frutas es el peróxido de hidrógeno, debida a su acción germicida en las superficies de las frutas. Entre otras tecnologías se han utilizado métodos como aplicación de luz ultravioleta o la utilización de ozono, han tenido un fuerte auge debido a su capacidad para la destrucción de microorganismo y la seguridad de no dejar residuos en el producto (G. González, 2005).

Diversas técnicas se han utilizado para evitar este tipo de deterioro como lo son el uso los agentes antimicrobianos también son utilizados ya que controlan el crecimiento de microorganismos deteriorantes, responsables del mal olor y sabor en algunas frutas (M. Montenegro, 2009).

Se recomienda el uso de maquinaria de acero inoxidable, para el proceso de pelado y troceado, ya que estas permiten una limpieza más profunda de las superficies. Es necesaria una buena limpieza, lavado y desinfección de todas las secciones que forman parte de las líneas de producción, maquinarias e instalaciones, así como del local en donde se lleva a cabo la fabricación (G. González, 2005).

Las buenas prácticas de manufactura son importantes en todo momento del proceso de elaboración de productos. Todas las personas que manipulan alimentos deben tener conocimiento de las buenas prácticas que esto implica la cual es una manera efectiva de asegurar la inocuidad de

los alimentos durante la manipulación. Los manipuladores de alimentos pueden transmitir microorganismo por medio de sus manos, por lo que el lavado de manos es una medida importante durante la manipulación de alimentos. El lavado debe realizarse antes de tocar los alimentos, después de haber ido al baño, luego de manipular cualquier otro objeto que no tenga que no esté relacionado con el proceso de producción (M. Salud, 2011).

6. Envasado. El envasado y empaque es muy importante ya este protege al producto de daños físicos, evita la entrada de microorganismos y evita la salida de compuestos aromáticos. En la actualidad existen una gran variedad de polímeros con diversas características de permeabilidad que pueden ser utilizados para este fin. Otra metodología utilizada es el empleo de atmosferas modificas las cuales retardan el deterioro, cambios en el color y disminuye la tasa respiratoria. El resultado de esta metodología depende del estado de madurez del producto, Buenas Prácticas de Manufactura pre y post cosecha y de la temperatura durante el proceso (M. Montenegro, 2009).

7. Temperatura durante el proceso. La temperatura es un punto crítico en la producción de trozos de frutas mínimamente procesadas. El inicio de la cadena de frío es importante desde el momento de la recolección hasta que sea comprado por el consumidor. Para la distribución y comercialización de estos productos se recomienda una temperatura durante el proceso entre 0 y 1°C y una temperatura de almacenamiento entre 1 y 4°C (G. González, 2005).

Al utilizar temperaturas por encima de las de congelación se induce a una inactivación de las enzimas que se encargan de catalizar reacciones de deterioro y la disminución de la velocidad de crecimiento de diferentes especies de patógenos y microorganismos. Los alimentos mínimamente procesados deben procesarse a una temperatura baja y la temperatura óptima depende de cada fruta, la cadena de frío debe ser continua para que actúe sinérgicamente con diferentes métodos utilizados para garantizar la conservación de los productos (M. Parzanese, 2006).

Si se emplean temperaturas mayores a las recomendadas pueden acelerar el proceso de senescencia de un producto que se encuentra envasado, ya que se producen cambios en la atmósfera dando como resultado olores y sabores extraños. Bajas temperaturas minimizan la diferencia de respiración y reducen el crecimiento microbiano entre un producto cortado y uno entero (G. González, 2005).

La calidad de las frutas cortadas en trozos es el resultado de una combinación de técnicas como lo son la refrigeración lo más cercana a 5°C, buena selección de materia prima, buenas prácticas de manufactura, selección adecuada de envases y de la atmósfera interna que beneficie a cada producto. Estas técnicas son complementadas con agentes antioxidantes, antimicrobianos, recubrimientos comestibles, adición de sales de calcio, etc. (M. Montenegro, 2009).

## IV. JUSTIFICACIÓN

En este mundo agitado en el que nos encontramos el consumo de frutas es reducido debido a la falta de tiempo y el trabajo que implica el lavado y pelado, las cuales son las excusas para que sea más fácil optar por alguna golosina antes que una fruta fresca. El mercado de frutas y hortalizas mínimamente procesadas está creciendo sostenidamente desde los años 80 y 90, marcado por una continua innovación en los productos y mejora de los canales de distribución. Los diferentes estudios realizados tanto en Europa como en EEUU indican un bajo consumo de frutas y hortalizas y una tendencia negativa del mismo (M. Montero, 2009).

Este aspecto también se ve reflejado en la población infantil y juvenil la cual posee una alimentación a base de comida rápida sin incluir frutas y hortalizas en la dieta. Esto hace que las personas sean menos saludables y afecte la calidad de vida.

Guatemala posee una gama de frutas y hortalizas las cuales pueden ayudar a combatir este problema. Entre sus frutas se encuentra la manzana la cual posee macronutrientes importantes para el organismo y varias ventajas medicinales. Esta fruta es muy importante a nivel comercial pero disminuye su calidad al enfrentarse al pardeamiento enzimático lo cual hace que su valor sea menor. Obtener un producto con las características que exige el consumidor es todo un reto para el mundo científico e industrial, por lo que todos los esfuerzos actuales están dirigidos a controlar aquellos precursores que de una u otra manera puedan desencadenar características que vayan en detrimento de la calidad del producto final.

Por lo mismo es importante el diseño de un producto que permita mantener las propiedades de la fruta, aumentar la vida de anaquel y facilitar el consumo para la población es de vital importancia. La fruta mínimamente procesada puede usarse como un postre listo para el consumo. Esto puede ser logrado mediante diferentes técnicas ofreciendo un producto de calidad y listo para consumir. Ayudando a facilitar la vida del consumidor consiguiendo elaborar un producto fresco muy similar al original, pero que a su vez sea microbiológicamente seguro y de buena calidad, tanto sensorial como nutricionalmente. Los cuales pueden llegar a tener un alto valor comercial en supermercados, restaurantes y hoteles.

## V. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

- Evaluar diferentes técnicas de procesamiento para aumentar la vida de anaquel de trozos de manzana mínimamente procesados.

### B. Objetivos específicos

- Determinar cuál de los tratamientos utilizados (ácido ascórbico, ácido cítrico, miel y cloruro de sodio) es el mejor tratamiento post cosecha para retardar el pardeamiento de trozos de manzana empacados al vacío durante 14 días.
- Determinar a lo largo del tiempo el efecto de la temperatura (refrigeración 4°C y 20°C) sobre el pardeamiento en los trozos de manzana empacados al vacío con las diferentes soluciones individuales durante 14 días.
- Comparar los parámetros de pH, sólidos solubles, acidez y pardeamiento de cada uno de los tratamientos utilizados a 4°C y 20°C después de los 14 días.
- Determinar mediante un análisis sensorial con las manzanas sometidas a diversos tratamientos post cosecha la aceptabilidad del producto por el consumidor.
- Realizar un análisis de costos de los diversos tratamientos.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales

- Manzanas Gala obtenidas de los supermercados del país.
- Bolsa de polietileno
- Cuchillos de acero inoxidable
- Tablas para picar
- Beacker de 1000 mL
- Kimpwipes White 11-4/5 x 11-4/5". Kimberly Clark
- 3M™ Petrifilm™ E. coli/Coliform Count Plates 6404
- Botellas de vidrio con rosca de 100 ml
- Tips desechables para pipeta automática Merck de 1 ml
- Bandejas de plásticas de color blanco
- Vasos desechables
- Servilletas
- Cuestionario para panel
- Agua mineral
- Cabinas blancas para 7 panelistas, Laboratorio análisis sensorial Nestlé Fabrica Antigua.

### B. Reactivos para tratamiento de frutas mínimamente procesadas

- Ácido cítrico anhidro para síntesis. Merck número de producto 8187071000
- Ácido ascórbico anhidro para síntesis. Merck número de producto 1004680100
- Miel El Panal presentación 750 gramos.
- Cloruro de sodio para síntesis. Merck número de producto 1099450001
- Cloro Magia Blanca en presentación de galón
- Agua potable
- Agua destilada
- Solución tampón trazable a SRM de NIST y PTB pH 7.00 (20°C) Certipur® Merck número de producto 109439.
- Solución tampón trazable a SRM de NIST y PTB pH 4.00 (20°C) Certipur® Merck número de producto 109435
- Hidróxido de sodio en lentejas p.a. Merck número de producto 106498

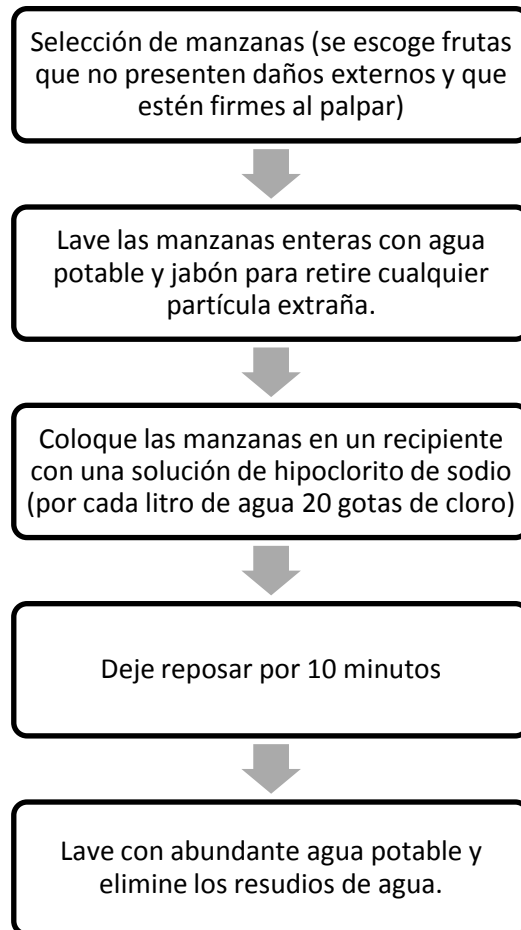
- Fenolftaleína en solución 1 % etanólica. Merck número de producto 107227
- Peptona por digestión pancreática, granulado, para microbiología. Merck número de producto 1072131000

### **C. Equipo**

- Balanza analítica Mettler Toledo Modelo XP204
- Empacadora al vacío New Diamond Vac Modelo J-V002
- MA130 Advanced Portable Ion/pH/mV/°C Meter Mettler Toledo
- Electrodo InLab® Expert Pro Mettler Toledo
- Colorímetro ColorQuest II Hunter Lab
- Agitador magnético RET Basic, de IKA
- Barra magnéticas
- Refractómetro Refracto 30PX. Mettler Toledo
- Autoclave FEDEGARI P21207272
- Incubadora de laboratorio 5 - 105 °C, 60 - 180 L | Heratherm series
- Dosificador Weaton UNISPENSE CATALOG NUMBER 374301
- Pipeta automática volumen variable Merck 1 ml

## D. Metodología

### 1. Método para desinfección de manzanas



## 2. Método para preparación de soluciones

Prepare las diversas soluciones en un becker de vidrio de 1000 mL pesando en una balanza analítica en 1L de agua desmineralizada.

Soluciones:

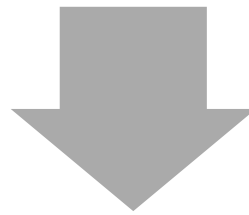
Control: agua destilada

0.5 M de ácido ascórbico: pesar 88 gramos

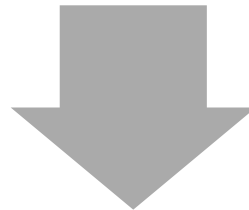
0.05 M de cloruro de sodio: pesar 2.92 gramos

0.25 M de ácido cítrico: pesar 48.03 gramos

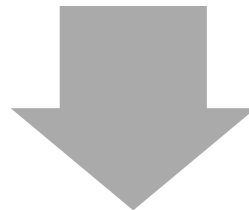
Solución al 10% con miel: pesar 100 gramos de miel



Sumerja los trozos de manzana en cada una de las soluciones durante 10 minutos

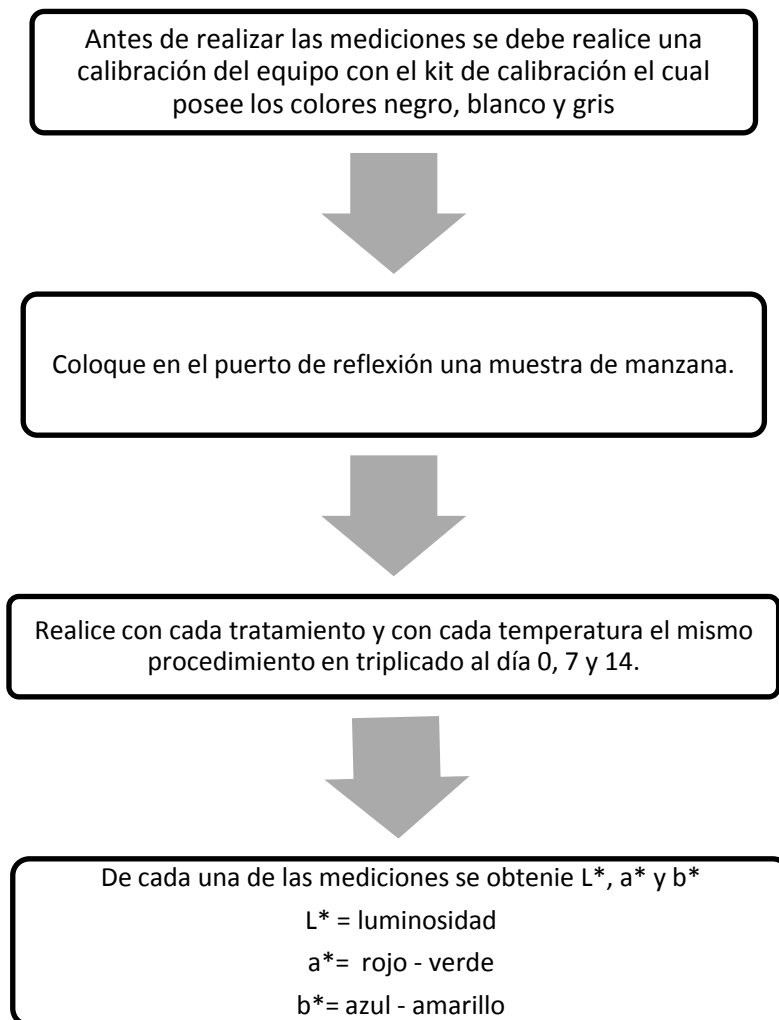


Sacar de las soluciones y colocar 4 trozos de manzana en las bolsas de polipropileno (cada ensayo fue llevado en triplicado) e identificar para 4°C y 20°C

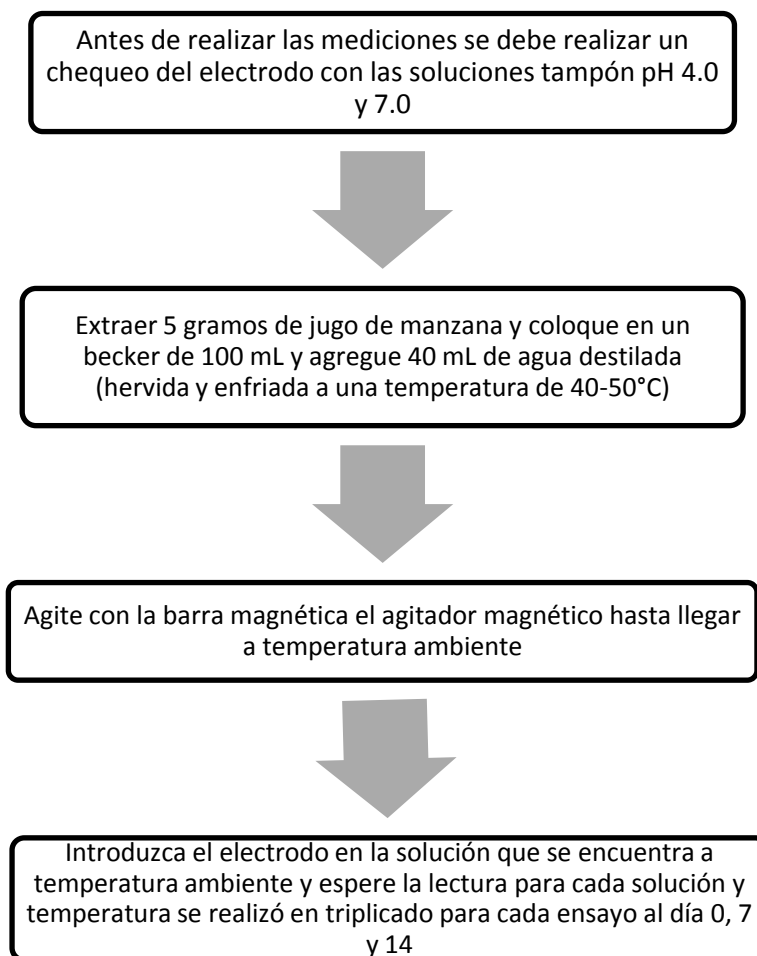


Selle al vacío cada una de las bolsas y coloquelas en refrigeración a 4°C o en un ambiente controlado de 20°C.

### 3. Medición de colorimétrica por el método de Hunter Lab



## 4. Medición de pH



## 5. Método para la medición de acidez

Extraer 5 gramos de jugo de manzana y coloque en un vaso titulador de 100 mL y agregue 40 mL de agua destilada (hervida y enfriada a una temperatura de 40-50°C)



Agite con la barra magnética el agitador magnético hasta llegar a temperatura ambiente



Enrasar una bureta de vidrio con Hidróxido de sodio 0.1 N previamente valorado



Agregar 1 mL de fenoftaleina como indicador.

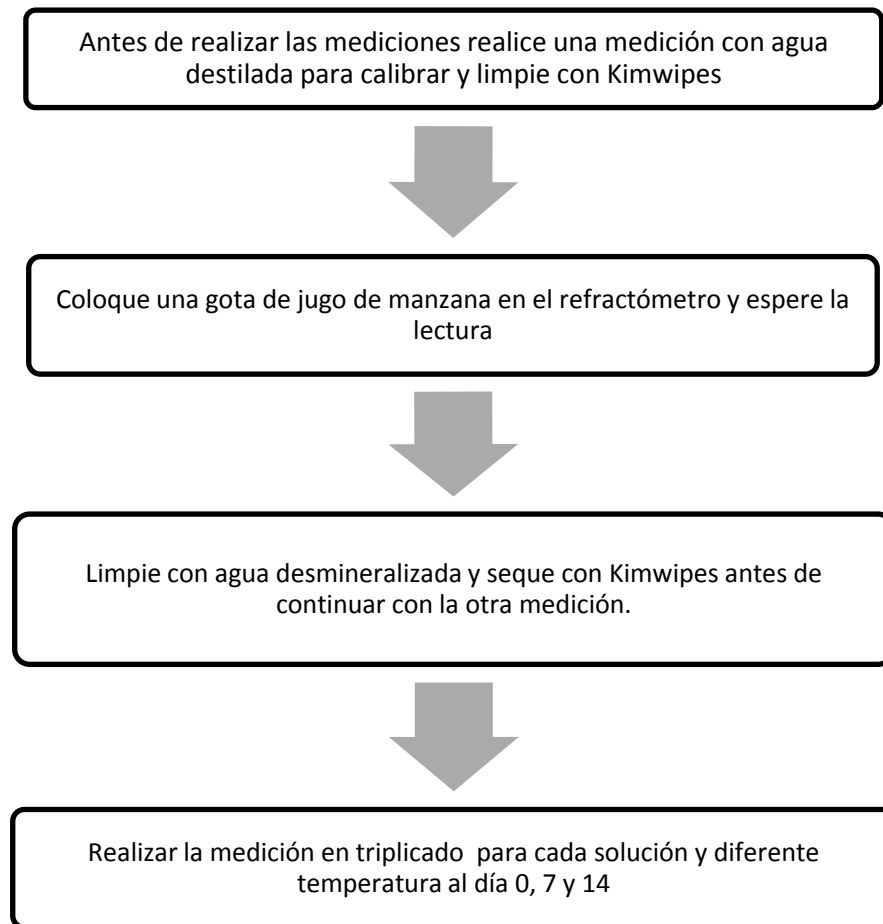


Agitar y titular hasta que se obtenga un viraje de color estable.

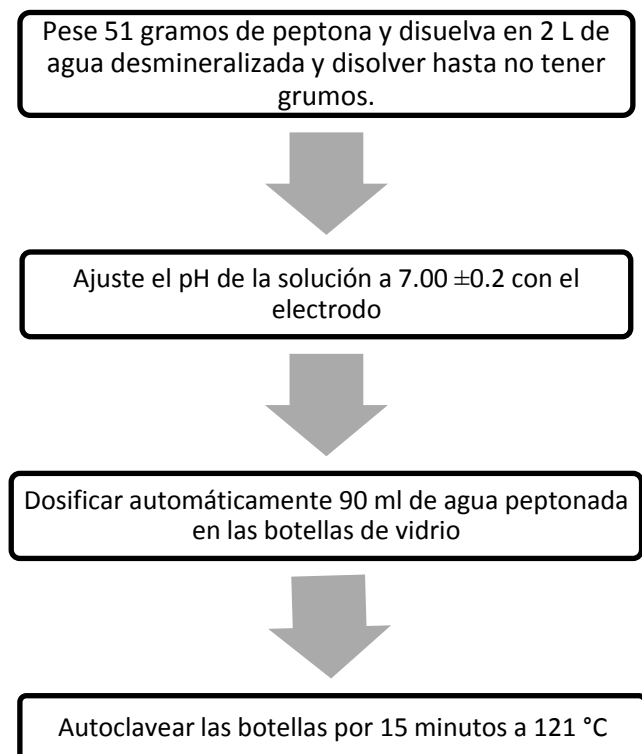


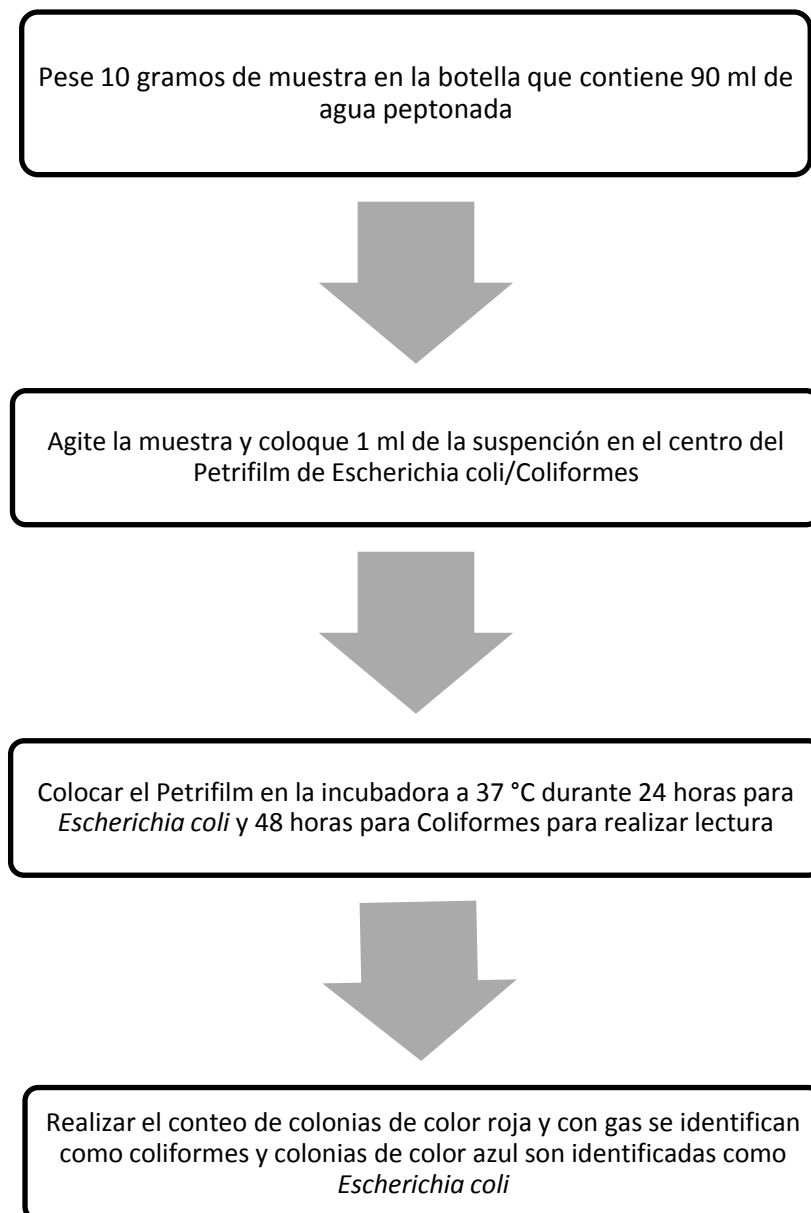
Utilice los mililitros utilizados para obtener el porcentaje de acidez. Realizar la medición en triplicado para cada solución y diferente temperatura al día 0, 7 y 14

## 6. Método para la determinación de sólidos solubles



## 7. Método para la preparación de agua peptonada para análisis microbiológico



8. Método para la determinación microbiológica de *Escherichia coli* y coliformes

## 9. Método para análisis sensorial

En el Laboratorio de Análisis sensorial se colocaron 7 bandejas, una en cada cabina con 1 trozo de manzana de cada tratamiento los cuales fueron identificados como 3956 para el tratamiento de ácido ascórbico, 6542 para el tratamiento de ácido cítrico, 2314 para el tratamiento con miel, 5213 para el tratamiento con cloruro de sodio y 7576 para el tratamiento control.



Cada cabina contaba con 1 vaso de agua mineral, una servilleta blanca y un cuestionario con una escala hedónica con cada uno de los parámetros a medir.



El panel sensorial se llevó a cabo a las 11:00 am durante 4 días.



Se les solicitó a los panelistas que degustaran cada una de las muestras y entre cada una de ellas se enjuagara con agua mineral.



Los panelistas debían indicar según la escala hedónica su opinión a cerca del sabor, textura, color y aroma de cada una de las muestras.



La escala Hedónica contaba con 5 puntos los cuales eran:

- 1 = me gusta mucho
- 2 = me gusta moderadamente
- 3 = ni me gusta ni me disgusta
- 4 = me disgusta moderadamente
- 5 = me disgusta mucho

10. Análisis estadístico. Se realizó un análisis estadístico con el paquete *Microsoft Excel* para tabulación de datos y el análisis de varianza de las diversas tablas se realizó con el complemento para *Microsoft Excel Mega stat*.

Se realizó determinó el delta entre el día 0 y el día 14 en ambas temperaturas en todos los tratamientos y análisis. Se hizo el análisis de varianza de cada tratamiento en ambas temperaturas a través del tiempo. Al igual se llevó a cabo un análisis de varianza de todos los tratamientos por día en donde se obtuvo el valor P. Se realizó un análisis de Tukey a lo largo del tiempo como por cada día en donde los valores que no compartían una letra o número muestran diferencias significativas entre sí. Para el panel sensorial también se hizo un análisis de varianza por cada análisis medido y un análisis de Tukey.

## VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la actualidad el consumidor ha tenido la necesidad de buscar productos frescos, fáciles de preparar y saludables, debido a la vida atareada en la cual vive. El consumidor busca productos que le brinden conveniencia en el tiempo de preparación pero al mismo tiempo que posean atributos similares a los que brinda un producto fresco. Por lo cual la industria de alimentos tiene un gran interés en lo que respecta a frutas y verduras listas para ser consumidas, aún cuando estas presentan diversos retos para la preservación de su calidad durante periodos de tiempo prolongado. El color y la apariencia son dos de los atributos importantes, que el consumidor evalúa, para determinar la calidad de un producto fresco. Para ellos se efectuaron diversas pruebas como lo son análisis de colorimetría, pH, acidez y sólidos solubles. También se llevó a cabo un panel sensorial para determinar cuál fue el tratamiento con mayor aceptación.

Se llevó a cabo la medición colorimétrica para determinar el nivel de pardeamiento de los tratamientos de ácido ascórbico, ácido cítrico, miel, cloruro de sodio y muestra control, los cuales fueron sometidos a temperaturas de 4°C y 20°C durante 14 días y se encontraban empacadas al vacío. El espacio de color Hunter L,a,b es un espacio de color rectangular la cual tiene 3 dimensiones y se basa en la teoría de los colores opuestos. Esta medición colorimétrica mide 3 parámetros los cuales son L el cual indica luminosidad un valor cercano a 100 indica que la muestra es bastante translúcida y se acerca a un color blanco al contrario un valor de 0 indica que la muestra es más oscura, a\* el cual un valor positivo indica color rojo y un valor negativo un color verde y b\* el cual un valor positivo indica color amarillo y un valor negativo indica un color azul (HunterLab, 2001).

En la Tabla No. 1 se puede observar la medición de luminosidad para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Para la comparación de los tratamientos a lo largo del tiempo se realizó un análisis de varianza. A una temperatura de 4°C los tratamientos de ácido cítrico, miel, cloruro de sodio y control demostraron que existen diferencias significativas en el parámetro de luminosidad a lo largo del tiempo ya que poseen un valor P menor a 0.05. El único tratamiento que no mostró diferencias significativas a lo largo del tiempo a una temperatura de 4°C fue el de ácido ascórbico ya que posee un valor P mayor a 0.05. A una temperatura de 20°C todos los tratamientos ácido ascórbico, ácido cítrico, miel, cloruro de sodio y control demostraron diferencias significativas en el parámetro de luminosidad a lo largo del tiempo según el análisis de

varianza ya que poseen un valor P menor a 0.05. Tanto para la temperatura de 4°C como a 20°C los tratamientos que a lo largo del tiempo no comparten una letra son significativamente diferentes según el análisis de Tukey realizado.

Con respecto al delta (valor en el día 0 – valor en el día 14) tanto a la temperatura de 4°C como a 20°C se observa que hay una disminución de luminosidad a lo largo del tiempo. La medición del delta para L\* indica que por ser un valor positivo las muestras en el día 0 son más translucidas que las muestras del día 14. En el día 14 hubo una disminución del valor de L\* en todos los tratamientos lo cual es comprensible debido al pardeamiento. El tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 en ambas temperaturas es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con miel los cuales poseen una menor desviación estándar. El tratamiento con cambio más significativo en ambas temperaturas del día 0 al 14 es el tratamiento control ya que posee el delta más alto y un valor mayor de desviación estándar. Como se observa en la Gráfica No. 1 y Gráfica No. 2 el tratamiento con menor cambio a lo largo del tiempo ya que posee una menor pendiente es el tratamiento de ácido ascórbico y el tratamiento con mayor cambio a lo largo del tiempo fue el control ya que a mayor cambio en el tiempo mayor pendiente en comparación a los otros tratamientos.

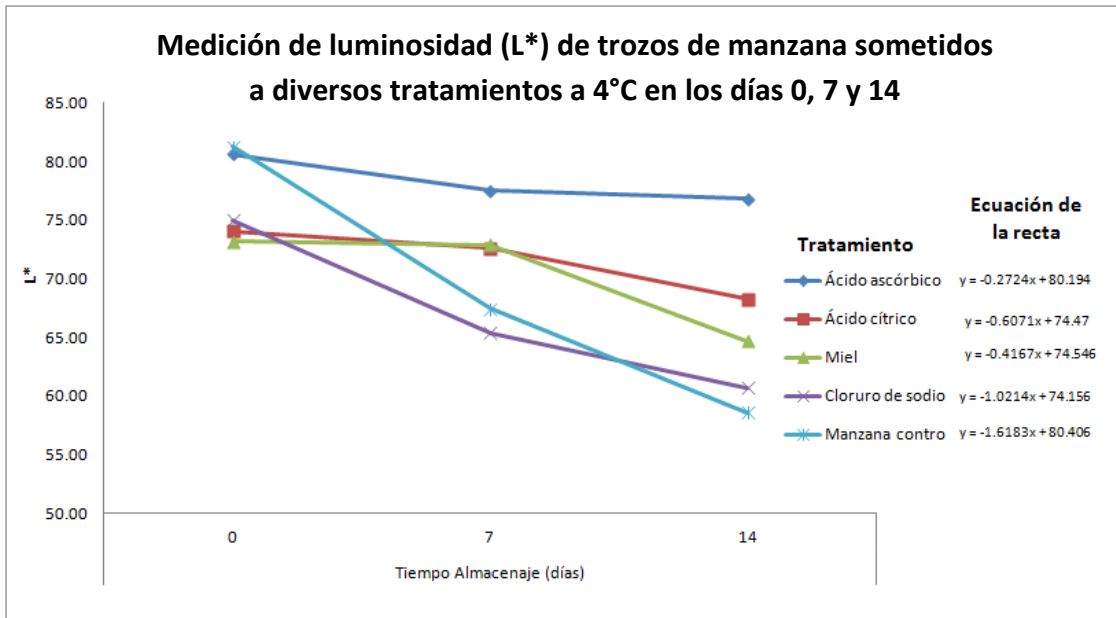
En la Tabla No. 1 también se puede observar la medición de luminosidad para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Mediante el análisis de varianza en ambas temperaturas se puede evidenciar que el valor P es menor a 0.05 en cada uno de los días, por lo que se observa una diferencia significativa entre tratamientos utilizados el mismo día. Los datos obtenidos en el día cero son los mismos para 4°C como para 20°C. Por medio del análisis de Tukey se determinó que los tratamientos que no comparten un número en el día 0, 7 o 14 son significativamente diferentes con respecto a la luminosidad.

**Tabla No. 1 Medición de Luminosidad de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 4°C y 20°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.**

Tratamiento	Día 0	Día 7	Día 14	Delta	Desviación estándar	Valor P
<b>Temperatura 4°C</b>						
Ácido ascórbico	80.597 <sup>12</sup>	77.483 <sup>1</sup>	76.783 <sup>1</sup>	3.813	2.030	0.1345
Ácido cítrico	74.063 <sup>A3</sup>	72.593 <sup>A12</sup>	64.647 <sup>B2</sup>	8.500	4.829	0.0012
Miel	73.147 <sup>A3</sup>	72.867 <sup>AB12</sup>	68.230 <sup>B3</sup>	5.833	3.034	0.0312
Cloruro de sodio	74.973 <sup>A2</sup>	65.370 <sup>B3</sup>	60.673 <sup>B4</sup>	14.300	7.289	0.0017
Manzana control	81.243 <sup>A1</sup>	67.403 <sup>B23</sup>	58.587 <sup>C4</sup>	22.657	11.421	2.01 <sup>E-06</sup>
Valor P	0.002	0.00045	5.940 <sup>E-09</sup>	NA	NA	NA
<b>Temperatura 20°C</b>						
Ácido ascórbico	80.597 <sup>A12</sup>	75.237 <sup>B1</sup>	70.043 <sup>C1</sup>	10.553	5.277	2.91 <sup>E-06</sup>
Ácido cítrico	74.063 <sup>A3</sup>	65.893 <sup>B2</sup>	61.297 <sup>B2</sup>	12.767	6.466	0.0006
Miel	73.147 <sup>A3</sup>	66.633 <sup>B2</sup>	59.500 <sup>C2</sup>	13.647	6.826	0.0001
Cloruro de sodio	74.973 <sup>A2</sup>	64.197 <sup>B2</sup>	52.900 <sup>C3</sup>	22.073	11.038	2.57 <sup>E-05</sup>
Manzana control	81.243 <sup>A1</sup>	65.690 <sup>B2</sup>	52.367 <sup>C3</sup>	28.877	14.453	7.02 <sup>E-08</sup>
Valor P	0.002	1.379 <sup>E-06</sup>	1.690 <sup>E-09</sup>	NA	NA	NA

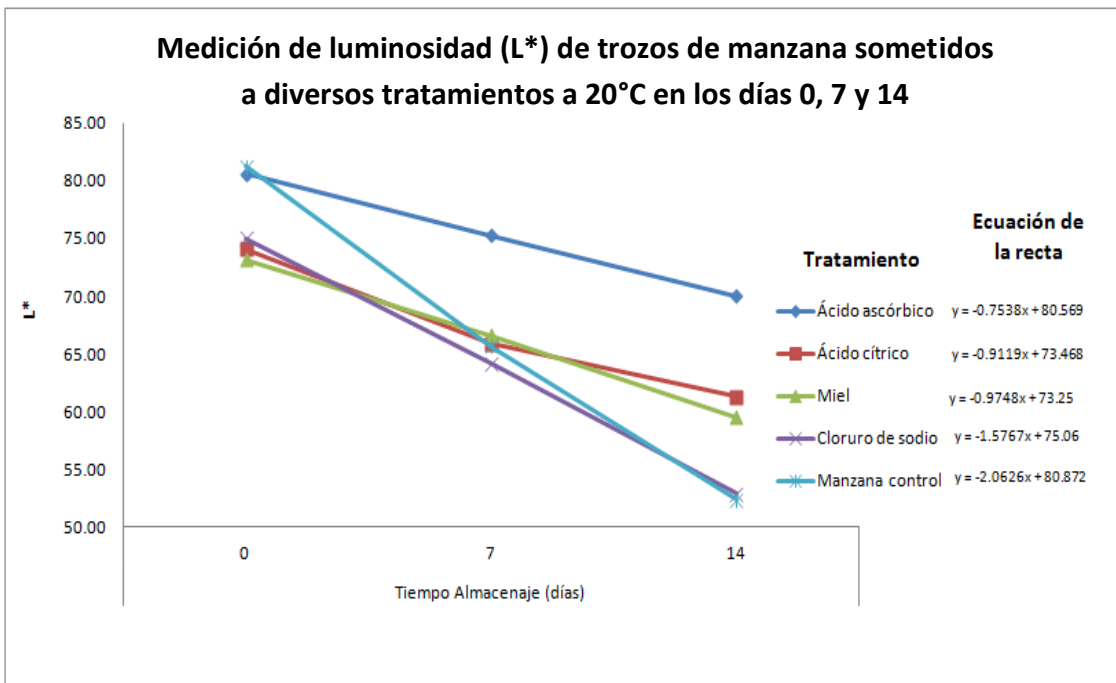
- Datos experimentales
- Promedio de medición de cada parámetro en triplicado.
- Superíndice de letra por cada tratamiento a lo largo del tiempo las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
- Superíndice numeral por cada día 0, 7 y 14 los tratamientos que no comparten un número son significativamente diferentes
- L\* = Luminosidad (0 a 100 donde 0 es negro y 100 blanco)
- NA= No aplica

**Gráfica No. 1 Medición de luminosidad (L\*) de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 4°C en los días 0, 7 y 14**



- Datos experimentales

**Gráfica No. 2 Medición de luminosidad (L\*) de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 20°C en los días 0, 7 y 14**



- Datos experimentales

En la Tabla No. 2 se puede observar la medición del parámetro de  $a^*$  para los días 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Un valor positivo para  $a^*$  indica un color rojo y un valor negativo un color azul. Para la comparación de los tratamientos a lo largo del tiempo se realizó un análisis de varianza. A una temperatura de 4°C al igual que a 20°C todos los tratamientos ácido cítrico, ácido ascórbico, miel, cloruro de sodio y control demostraron que existen diferencias significativas a lo largo del tiempo ya que poseen un valor P menor a 0.05. Tanto a una temperatura de 4°C como a 20°C los tratamientos que a lo largo del tiempo no comparten una letra son significativamente diferentes según el análisis de Tukey realizado.

Con respecto al delta (valor en el día 0 – valor en el día 14) tanto a la temperatura de 4°C como a 20°C se observa que hay un aumento en el parámetro de  $a^*$  durante el tiempo. La medición del delta para  $a^*$  indica que por ser un valor negativo que las muestras en el día 14 son más rojas que las muestras del día 0. En el día 14 hubo un aumento del valor de  $a^*$  en todos los tratamientos lo cual es comprensible debido al pardeamiento presentaban las manzanas. El tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 en ambas temperaturas es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con miel los cuales poseen una menor desviación estándar, por lo que hubo un menor cambio en el tiempo. El tratamiento con cambio más significativo en ambas temperaturas del día 0 al 14 es el tratamiento control ya que posee el delta más alto y un valor mayor de desviación estándar. Como se observa en la Gráfica No. 3 y Gráfica No. 4 el tratamiento con menor cambio a lo largo del tiempo ya que posee una menor pendiente es el tratamiento de ácido ascórbico y el tratamiento con mayor cambio a lo largo del tiempo fue el control ya que a mayor cambio en el tiempo mayor pendiente en comparación a los otros tratamientos.

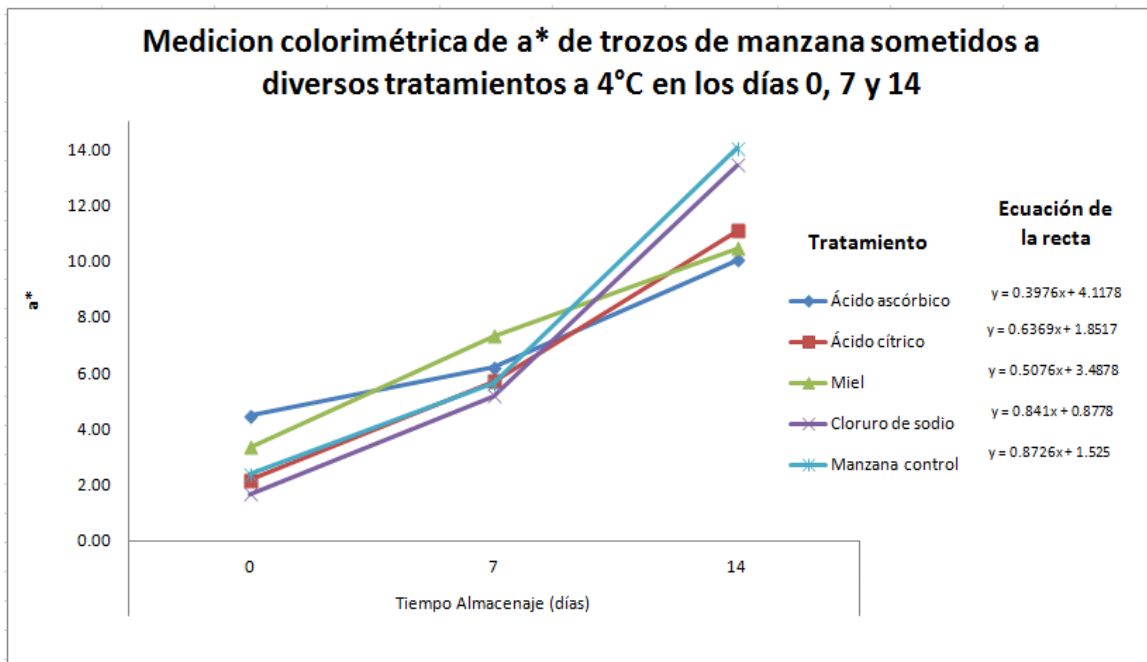
En la Tabla No. 2 también se puede observar la medición de  $a^*$  para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Mediante el análisis de varianza en ambas temperaturas se puede evidenciar que el valor P es menor a 0.05 en cada uno de los días, por lo que se observa una diferencia significativa entre tratamientos utilizados el mismo día. Los datos obtenidos en el día cero son los mismos para 4°C como para 20°C. Por medio del análisis de Tukey se determinó que los tratamientos que no comparten un número en el día 0, 7 o 14 son significativamente diferentes con respecto al parámetro de  $a^*$ .

**Tabla No. 2 Medición de a\* de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 4°C y 20°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.**

Tratamiento	Día 0	Día 7	Día 14	Delta	Desviación estándar	Valor P
<b>Temperatura 4°C</b>						
Ácido ascórbico	4.47 <sup>C1</sup>	6.19 <sup>B2</sup>	10.04 <sup>A4</sup>	-5.57	2.85	2.25 <sup>E-05</sup>
Ácido cítrico	2.16 <sup>C3</sup>	5.70 <sup>B3</sup>	11.07 <sup>A3</sup>	-8.92	4.49	2.25 <sup>E-05</sup>
Miel	3.34 <sup>C2</sup>	7.33 <sup>B1</sup>	10.45 <sup>A4</sup>	-7.11	3.56	4.81 <sup>E-05</sup>
Cloruro de sodio	1.67 <sup>C4</sup>	5.18 <sup>B3</sup>	13.44 <sup>A2</sup>	-11.77	6.04	1.97 <sup>E-10</sup>
Manzana control	2.39 <sup>C3</sup>	5.63 <sup>B3</sup>	14.04 <sup>A1</sup>	-11.66	6.02	7.37 <sup>E-07</sup>
Valor P	0.0009	0.012	2.04 <sup>E-06</sup>	NA	NA	NA
<b>Temperatura 20°C</b>						
Ácido ascórbico	4.47 <sup>C1</sup>	8.58 <sup>B4</sup>	15.79 <sup>A4</sup>	-11.32	5.73	3.57 <sup>E-11</sup>
Ácido cítrico	2.16 <sup>C3</sup>	9.39 <sup>B3</sup>	17.78 <sup>A3</sup>	-15.62	7.81	7.27 <sup>E-09</sup>
Miel	3.34 <sup>C2</sup>	9.14 <sup>B3</sup>	15.80 <sup>A4</sup>	-11.46	5.76	4.46 <sup>E-06</sup>
Cloruro de sodio	1.67 <sup>C4</sup>	12.91 <sup>B1</sup>	19.11 <sup>A2</sup>	-17.44	8.84	1.81 <sup>E-08</sup>
Manzana control	2.39 <sup>C3</sup>	11.44 <sup>B2</sup>	20.02 <sup>A1</sup>	-17.64	8.96	1.09 <sup>E-05</sup>
Valor P	0.0009	0.00009	1.05 <sup>E-05</sup>	NA	NA	NA

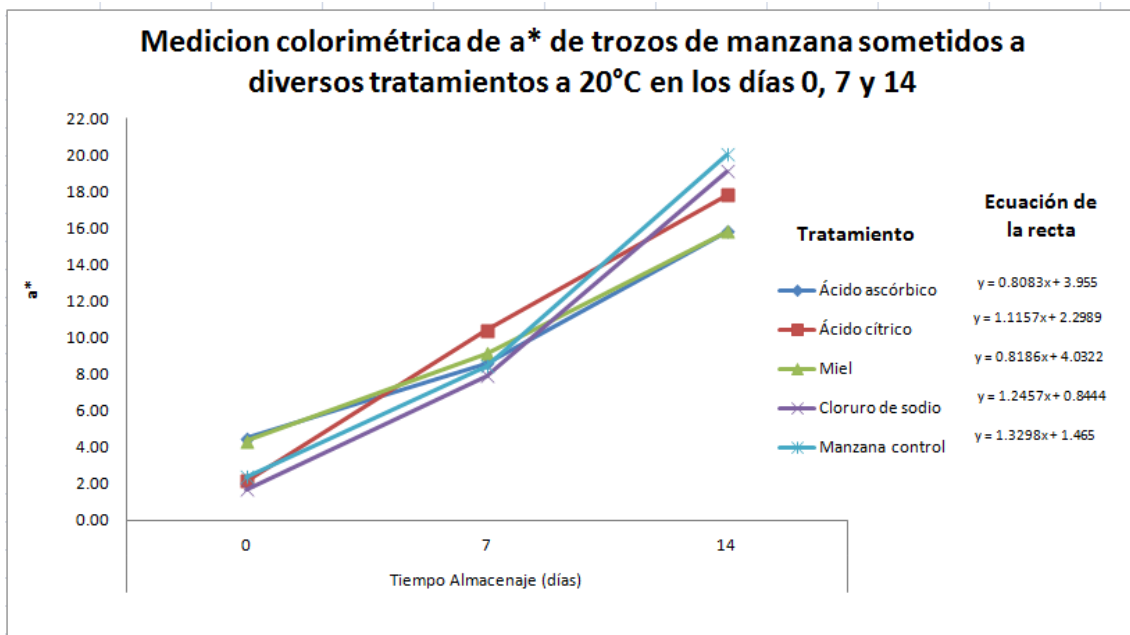
- Datos experimentales
- Promedio de medición de cada parámetro en triplicado.
- Superíndice de letra por cada tratamiento a lo largo del tiempo las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
- Superíndice numeral por cada día 0, 7 y 14 los tratamientos que no comparten un número son significativamente diferentes
- a\* = valores positivos son color rojo y valores negativos color azul
- NA= No aplica

**Gráfica No. 3 Medición del parámetro de a\* de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 4°C en los días 0, 7 y 14**



- Datos experimentales

**Gráfica No. 4 Medición del parámetro de a\* de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 20°C en los días 0, 7 y 14**



- Datos experimentales

En la Tabla No. 3 se puede observar la medición del parámetro de  $b^*$  para los días 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Un valor positivo para  $b^*$  indica la presencia de un color amarillo. Para la comparación de los tratamientos a lo largo del tiempo se realizó un análisis de varianza. A una temperatura de 4°C al igual que a 20°C todos los tratamientos ácido cítrico, ácido ascórbico, miel, cloruro de sodio y control demostraron que existen diferencias significativas a lo largo del tiempo ya que poseen un valor P menor a 0.05. Tanto a una temperatura de 4°C como a 20°C los tratamientos que a lo largo del tiempo no comparten una letra son significativamente diferentes según el análisis de Tukey realizado.

Con respecto al delta (valor en el día 0 – valor en el día 14) tanto a la temperatura de 4°C como a 20°C se observa que hay una disminución en el parámetro de  $b^*$  durante el tiempo. La medición del delta para  $b^*$  indica que por ser un valor positivo que las muestras en el día 0 son más amarillas que las muestras del día 14. En el día 14 hubo una disminución del valor de  $b^*$  en todos los tratamientos lo cual es comprensible debido a la pérdida del color amarillo lo cual es comprensible debido al pardeamiento. A una temperatura de 4°C el tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con ácido cítrico y miel. A una temperatura de 20°C el tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con miel y ácido cítrico. El tratamiento con cambio más significativo en ambas temperaturas del día 0 al 14 es el tratamiento control ya que posee el delta más alto y un valor mayor de desviación estándar. Como se observa en la Gráfica No. 5 y Gráfica No. 6 el tratamiento con menor cambio a lo largo del tiempo ya que posee una menor pendiente es el tratamiento de ácido ascórbico y el tratamiento con mayor cambio a lo largo del tiempo fue el control ya que a mayor cambio en el tiempo mayor pendiente en comparación a los otros tratamientos.

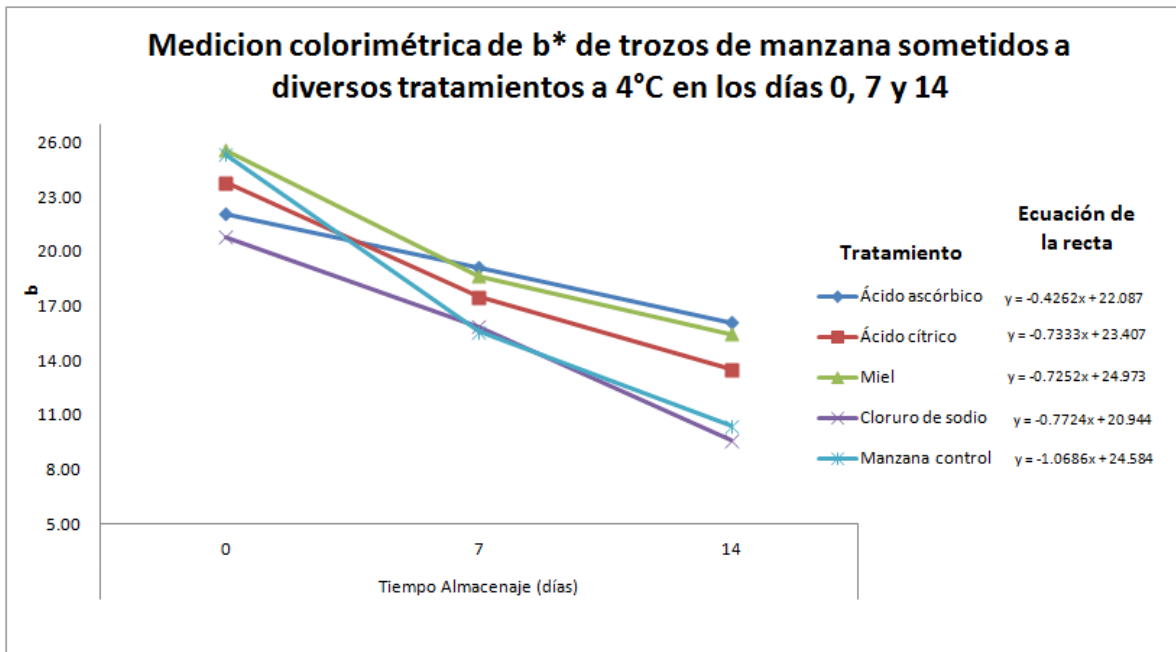
En la Tabla No. 3 también se puede observar la medición de  $b^*$  para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Mediante el análisis de varianza en ambas temperaturas se puede evidenciar que el valor P es menor a 0.05 en cada uno de los días, por lo que se observa una diferencia significativa entre tratamientos utilizados el mismo día. Los datos obtenidos en el día cero son los mismos para 4°C como para 20°C. Por medio del análisis de Tukey se determinó que los tratamientos que no comparten un número en el día 0, 7 o 14 son significativamente diferentes con respecto al parámetro de  $b^*$ .

**Tabla No. 3 Medición de b\* de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 20°C y 4°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.**

Tratamiento	Día 0	Día 7	Día 14	Delta	Desviación estándar	Valor P
<b>Temperatura 4°C</b>						
Ácido ascórbico	22.08 <sup>A12</sup>	19.11 <sup>B1</sup>	16.12 <sup>C1</sup>	5.97	2.98	3.98 <sup>E-05</sup>
Ácido cítrico	23.79 <sup>A12</sup>	17.51 <sup>B12</sup>	13.52 <sup>B2</sup>	10.27	5.18	0.0022
Miel	25.59 <sup>A1</sup>	18.66 <sup>B1</sup>	15.44 <sup>C1</sup>	10.15	5.19	3.91 <sup>E-05</sup>
Cloruro de sodio	20.78 <sup>A2</sup>	16.60 <sup>B12</sup>	9.20 <sup>C3</sup>	12.96	5.87	6.87 <sup>E-06</sup>
Manzana control	25.36 <sup>A1</sup>	15.56 <sup>B2</sup>	10.40 <sup>C3</sup>	14.96	7.60	2.14 <sup>E-06</sup>
Valor P	0.0109	0.0155	3.54 <sup>E-06</sup>	NA	NA	NA
<b>Temperatura 20°C</b>						
Ácido ascórbico	22.08 <sup>A12</sup>	16.81 <sup>B1</sup>	12.48 <sup>C1</sup>	9.61	4.81	5.07 <sup>E-06</sup>
Ácido cítrico	23.79 <sup>A12</sup>	14.15 <sup>B123</sup>	9.44 <sup>C2</sup>	14.35	7.31	0.0002
Miel	25.59 <sup>A1</sup>	15.96 <sup>B12</sup>	11.86 <sup>C1</sup>	13.74	7.05	1.36 <sup>E-07</sup>
Cloruro de sodio	20.78 <sup>A2</sup>	12.52 <sup>B3</sup>	7.18 <sup>C3</sup>	13.60	6.85	1.41 <sup>E-07</sup>
Manzana control	25.36 <sup>A1</sup>	13.19 <sup>B23</sup>	7.19 <sup>C3</sup>	18.16	9.25	1.38 <sup>E-05</sup>
Valor P	0.0109	0.0026	9.89 <sup>E-07</sup>	NA	NA	NA

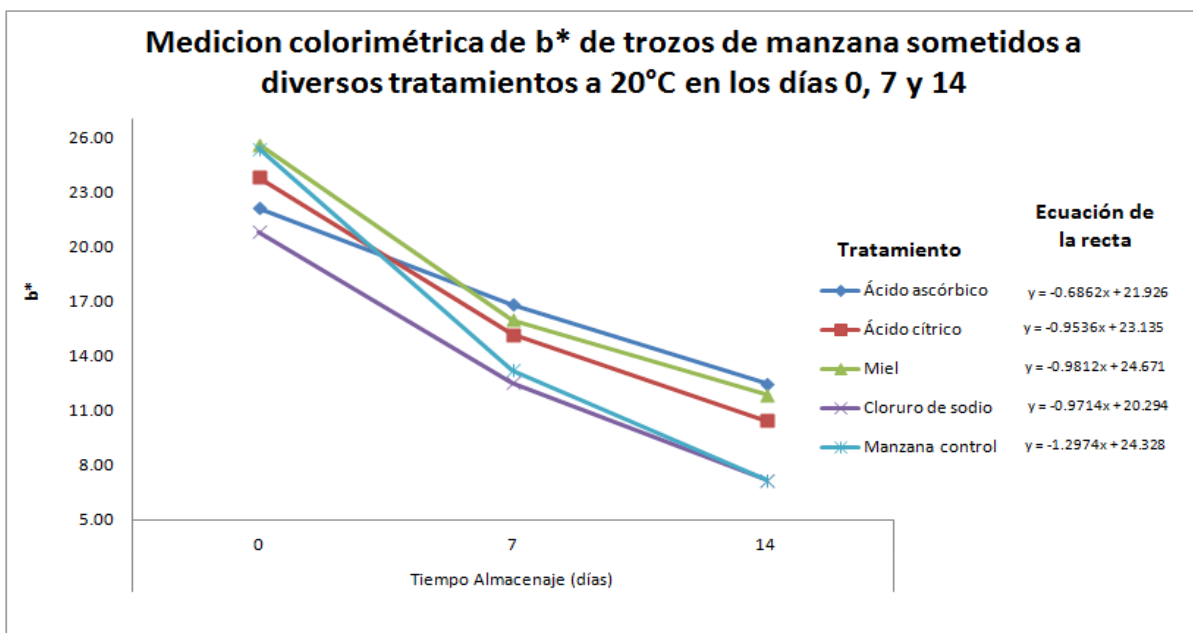
- Datos experimentales
- Promedio de medición de cada parámetro en triplicado.
- Por cada tratamiento a lo largo del tiempo las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
- Por cada día los tratamientos que no comparten un número son significativamente diferentes
- b\* = valores positivos son amarillo y valores negativos son verde
- NA = No aplica

**Gráfica No. 5 Medición colorimétrica de b\* de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 4°C en los días 0, 7 y 14**



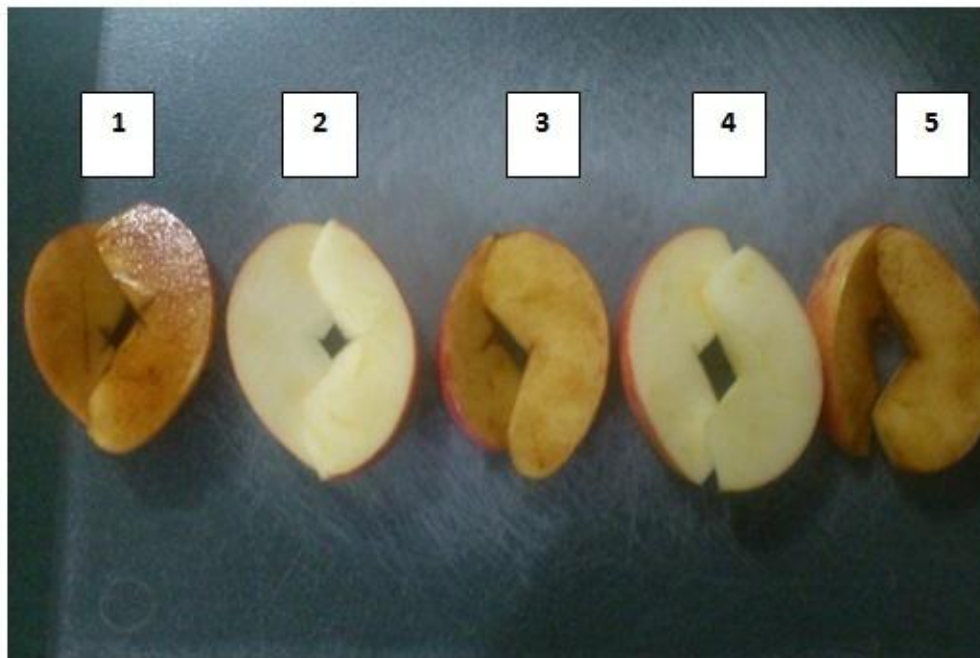
- Datos experimentales

**Gráfica No. 6 Medición colorimétrica de b\* de trozos de manzana sometidos a diversos tratamientos a 20°C en los días 0, 7 y 14**



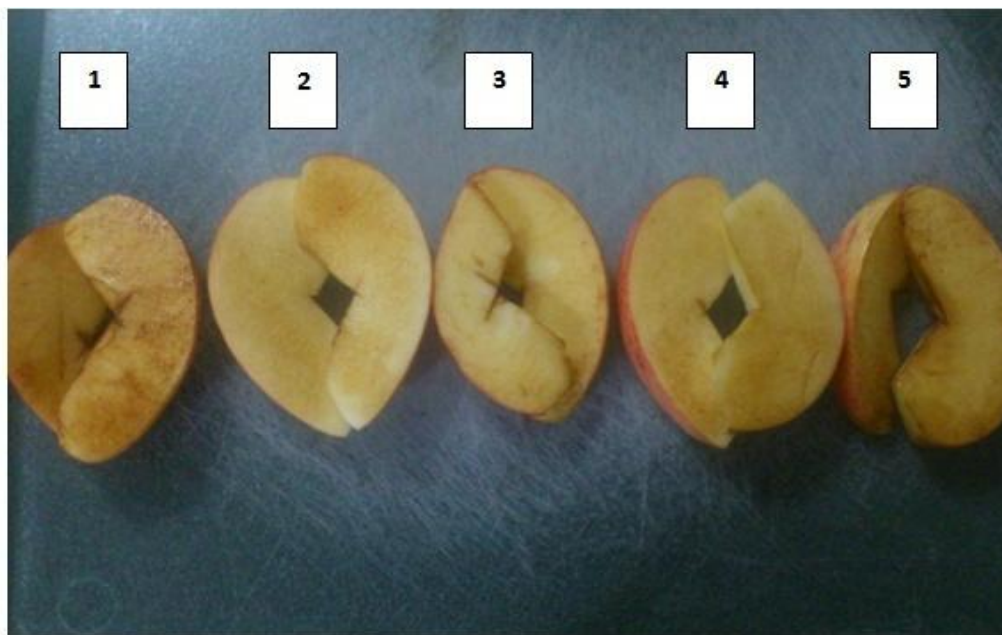
- Datos experimentales

**Ilustración No. 3 Trozos de manzana con diferentes tratamientos después de 14 días empacados al vacío a 4°C**



- 1 = Control, 2 = Ácido ascórbico, 3 = Miel, 4 = Ácido cítrico, 5 = Cloruro de sodio.
- Datos experimentales

**Ilustración No. 4 Trozos de manzana con diferentes tratamientos después de 14 días empacadas al vacío a 20°C**



- 1 = Control, 2 = Ácido ascórbico, 3 = Miel, 4 = Ácido cítrico, 5 = Cloruro de sodio.
- Datos experimentales

Con los resultados colorimétricos obtenidos se observa que el tratamiento con ácido ascórbico a una temperatura de 4°C empacados al vacío muestra los mejores resultados respecto al pardeamiento enzimático en los trozos de manzana mínimamente procesados. Según estudios anteriores el pardeamiento enzimático se evidencia por una disminución de luminosidad y el parámetro de  $b^*$  y un aumento del parámetro  $a^*$  al indicar una mayor tendencia hacia el color rojo (A. Rocha, 2003). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio en el que se pudo evidenciar dicha tendencia en todos los tratamientos tanto a 4°C como a 20°C, pero los tratamientos sufrieron cambios más drásticos en estos 3 parámetros a una temperatura de 20°C.

Todos los trozos de manzana sometidos a los diversos tratamientos tanto a 4°C como a 20°C se encontraban empacados al vacío. La eliminación de oxígeno permite conservar en mejores condiciones el sabor y textura de la fruta especialmente cuando se quiere mantener cierto tipo de fruta lo más cercano al estado natural (M. Desrosier, 1993). El polímero utilizado para el empaque fue polietileno el cual presentó resultados satisfactorios. En estudios de conservación de frutas indica que los envases de polietileno son los que presentan las mejores características para el empaque al vacío de estos productos. El polietileno según estudios permite un sellado al vacío y es impermeables al oxígeno por lo que resulta más convenientes para productos mínimamente procesados disminuyendo cambios en la apariencia del producto (A. Florez, 2009).

Las reacciones de pardeamiento enzimático pueden ser controladas por medio de métodos físicos entre los cuales se encuentran la reducción de temperatura y/o de la disponibilidad del oxígeno molecular. La temperatura a la cual se almacenen los productos puede acelerar o disminuir el proceso respiratorio del producto sometido a un daño mecánico. En la refrigeración se utiliza el descenso de temperatura para prolongar el período de conservación de los alimentos. La disminución de temperatura hace que haya una disminución en la velocidad de la reacción de respiración por lo que hay una disminución del pardeamiento y en la maduración. Las células de las frutas continúan con vida por un tiempo más largo, y los metabolismos celulares son detenidos (J. Cheftel, 1992). Lo cual fue evidenciado en los resultados obtenidos, debido a que los trozos de manzana sometidos a una temperatura de 4°C presentaron menores cambios en los diversos parámetros colorimétricos en comparación a los trozos de manzana que se encontraban a 20°C.

Los diversos tratamientos utilizados también fueron importantes en el retraso del pardeamiento en los trozos de manzana. Obteniendo resultados satisfactorios respecto a la luminosidad de los trozos de manzana con ácido ascórbico a una temperatura de 4°C, ya que a lo largo del tiempo no mostró diferencias significativas. Estos datos concuerdan con estudios los cuales indican que la medición colorimétrica de las muestras de trozos de manzana en diferentes soluciones a lo largo de 14 días, las manzanas sumergidas en una solución de ácido ascórbico y almacenadas a 4°C muestran un mayor nivel de inhibición enzimática mientras que el uso de otros tratamientos como el ácido cítrico y cloruro de sodio mostraban que el trozo de manzana se encontraba más afectado por el pardeamiento después de 14 días. Lo cual también concuerda con el estudio ya que los trozos de manzana con el tratamiento de cloruro de sodio presentaron mayor pardeamiento que los del tratamiento con ácido ascórbico. También indica que a una temperatura de 22°C tanto el tratamiento con ácido cítrico como con cloruro de sodio mostraban efectos de pardeamiento en los trozos de manzana y el efecto del ácido ascórbico a esta temperatura también disminuyó a través del tiempo. Esto también fue evidenciado en a una temperatura de 20°C en este estudio. Todos los tratamientos utilizados presentaron un mayor pardeamiento respecto a la temperatura de 4°C en las diversas soluciones con acidulantes y antioxidantes (C. Tortoe, 2007)

Los datos obtenidos en este estudio también concuerdan con estudios anteriores los cuales sugieren que la utilización de ácido ascórbico en concentraciones de 0.1 a 0.5 M y almacenadas en un rango de temperatura entre 5 - 10 °C inhibe el pardeamiento enzimático en trozos de manzanas Red Delicious y en condiciones atmosféricas de vacío. En otro estudio realizado por A. Rocha *et al.* (1998), indica que el uso de una solución de ácido ascórbico a 0.5 M a 1.0 M ayuda a aumentar el tiempo de aparición del pardeamiento en trozos de manzana. En este estudio se obtuvieron resultados satisfactorios utilizando ácido ascórbico con una concentración de 0.5 M.

J. Olaeta *et al.* (1995) en su estudio indica que obtienen como conclusión general que en trozos de manzanas con soluciones antioxidantes se obtuvo el mejor producto usando vacío o atmósfera modificada en almacenamiento refrigerado, en bolsas de polietileno de baja densidad. Lo cual se evidencia en este estudio el uso de ácido ascórbico el cual es un antioxidante presentó los mejores resultados respecto al pardeamiento y más en el parámetro de luminosidad a 4°C. A pesar que se encontraron diferencias significativas en los parámetros de  $a^*$  y  $b^*$  el tratamiento con ácido

ascórbico a 4°C evidenció un menor cambio a lo largo del tiempo. Un tratamiento alternativo en este estudio es el de miel, lo cual se evidencia también en el estudio de J. Xie *et. al* (2007) en el que el tratamiento con miel al 10% y con un empaque al vacío es una medida que produce resultados satisfactorios para mantener ciertas frutas en un estado muy natural y también manteniendo su textura y sabor.

El pH tiene un papel importante en el pardeamiento enzimático de los trozos de manzana. A pH bajos la actividad catalítica decrece y se produce una inactivación de las enzimas. El pH óptimo para cesar la actividad enzimática es de 4.5 y la enzima posee una mayor actividad catalítica a un pH entre 5 y 7 (L. Alendes, 2007). Como se puede evidenciar en la tabla No. 4 se obtuvieron las mediciones de pH al día 0, 7 y 14 tanto a 4°C como a 20°C. Los tratamientos con ácido ascórbico, ácido cítrico, miel y manzana control poseen valores de pH en el día 0 menores a 4.5, el cual es el pH óptimo para la enzima del pardeamiento. El cloruro de sodio posee un pH dentro del rango de mayor actividad de la enzima. A una temperatura de 4°C todos los tratamientos mostraron que no hay diferencias significativas a lo largo del tiempo no así a una temperatura de 20°C en donde todos los tratamientos a lo largo del tiempo presentaron diferencias significativas ya que poseen un valor P menor a 0.05. En el estudio de R. Torres, *et. al* (2013) también se ha reportado que una inactivación irreversible de PPO se puede lograr a un pH menor a 3.0. La medición de varianza entre los tratamientos en el día 0, 7 y 14 en ambas temperaturas mostró que existen diferencias significativas entre tratamientos en cada día. Por medio del análisis de Tukey se determinó que los tratamientos que no comparten un número en el día 0, 7 o 14 son significativamente diferentes con respecto al pH.

Con respecto al delta (valor en el día 0 – valor en el día 14) tanto a la temperatura de 4°C como a 20°C se observa que hay un aumento en el pH. La medición del delta para el pH indica que por ser un valor negativo que las muestras en el día 14 son más rojas que las muestras del día 7. El tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 en ambas temperaturas es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con miel los cuales poseen una menor desviación estándar, por lo que hubo un menor cambio en el tiempo. El tratamiento con cambio más significativo en ambas temperaturas del día 0 al 14 es el tratamiento control ya que posee el delta más alto y un valor mayor de desviación estándar. Como se observa en la Gráfica No. 7 y Gráfica No. 8 el tratamiento con menor cambio a lo largo del tiempo ya que posee una menor pendiente es el tratamiento de

ácido ascórbico y el tratamiento con mayor cambio a lo largo del tiempo fue el control ya que a mayor cambio en el tiempo mayor pendiente en comparación a los otros tratamientos.

En el estudio de R. Torres *et al* (2013) se evidenció que hay aumentó leve del pH en frutas como la manzana, mango y piña con el incremento del estado de madurez. Lo cual se evidenció a una temperatura de 20°C en donde también se observa que la temperatura es un factor influyente en la maduración de las frutas.

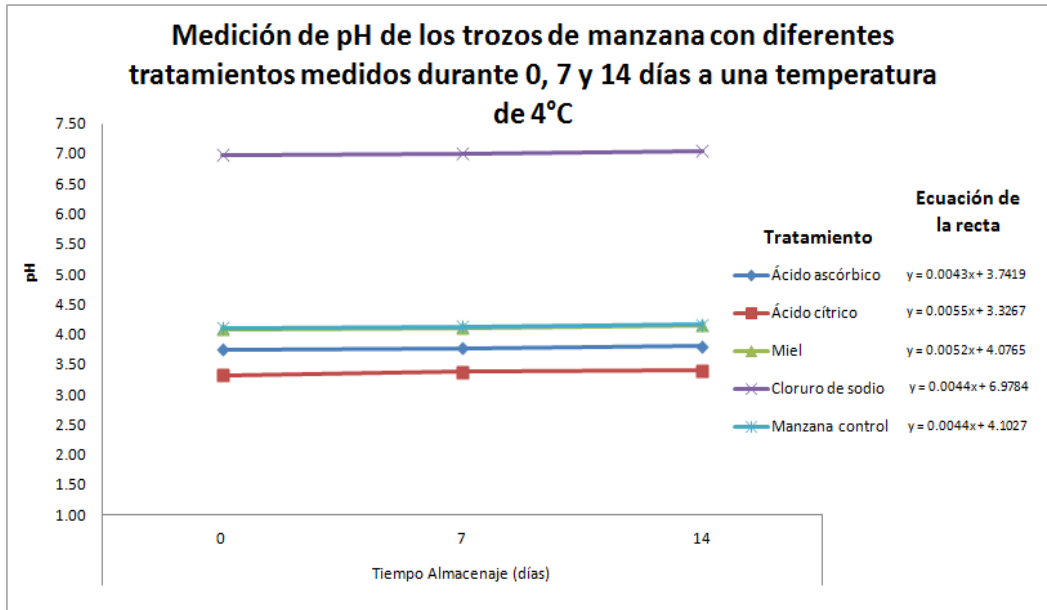
El análisis de pH se puede relacionar con el parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) del colorímetro, en el cual se observa que el pardeamiento tiene relación con el pH ya que al aumentar el pH en las muestras también disminuyó la luminosidad de los trozos de manzana en la mayoría de tratamientos realizados a 20°C. Esto también demuestra que la temperatura a 4°C es un factor el cual ayuda al retardo del pardeamiento al no incrementar el pH no aumenta la actividad de la enzima lo cual acelera el pardeamiento. Ya que la estabilidad de los pigmentos en los trozos de manzana dependen del pH utilizado en dichas soluciones (C. Tortoe, 2007). Por lo que un pH relativamente ácido ayuda a mantener los pigmentos y disminuir el pardeamiento en conjunto con las soluciones. Y por eso se evidencia que el tratamiento con cloruro de sodio no tuvo resultados muy satisfactorio

**Tabla No. 4 Medición de pH de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 4°C y 20°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.**

Tratamiento	Día 0	Día 7	Día 14	Delta	Desviación estándar	Valor P
<b>Temperatura 4°C</b>						
Ácido ascórbico	3.75 <sup>4</sup>	3.79 <sup>4</sup>	3.82 <sup>3</sup>	-0.060	0.030	0.07
Ácido cítrico	3.32 <sup>5</sup>	3.41 <sup>4</sup>	3.49 <sup>4</sup>	-0.076	0.039	0.09
Miel	4.09 <sup>3</sup>	4.11 <sup>2</sup>	4.15 <sup>2</sup>	-0.073	0.037	0.08
Cloruro de sodio	6.98 <sup>1</sup>	7.00 <sup>1</sup>	7.04 <sup>1</sup>	-0.061	0.031	0.42
Manzana control	4.10 <sup>2</sup>	4.13 <sup>2</sup>	4.16 <sup>2</sup>	-0.062	0.031	0.40
Valor P	4.11 <sup>E-23</sup>	5.61 <sup>E-21</sup>	3.21 <sup>E-23</sup>	NA	NA	NA
<b>Temperatura 20°C</b>						
Ácido ascórbico	3.75 <sup>C4</sup>	3.83 <sup>B4</sup>	3.90 <sup>A4</sup>	-0.092	0.046	7.58 <sup>E-06</sup>
Ácido cítrico	3.32 <sup>C5</sup>	3.49 <sup>B5</sup>	3.57 <sup>A5</sup>	-0.168	0.084	8.11 <sup>E-08</sup>
Miel	4.09 <sup>C3</sup>	4.18 <sup>A3</sup>	4.24 <sup>A3</sup>	-0.041	0.021	0.0008
Cloruro de sodio	6.98 <sup>C1</sup>	7.08 <sup>B1</sup>	7.17 <sup>A1</sup>	-0.112	0.056	2.08 <sup>E-05</sup>
Manzana control	4.10 <sup>C2</sup>	4.18 <sup>B2</sup>	4.66 <sup>A2</sup>	-0.119	0.060	3.44 <sup>E-06</sup>
Valor P	4.11 <sup>E-23</sup>	3.40 <sup>E-24</sup>	3.61 <sup>E-23</sup>	NA	NA	NA

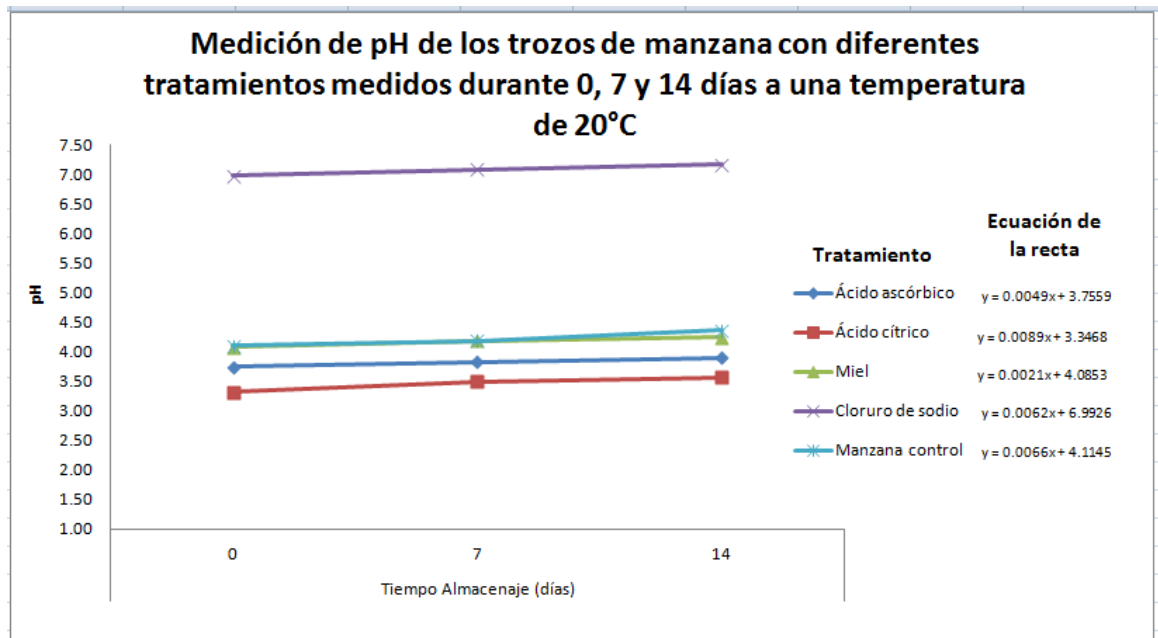
- Datos experimentales
- Promedio de medición de cada parámetro en triplicado.
- Por cada tratamiento a lo largo del tiempo las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
- Por cada día los tratamientos que no comparten un número son significativamente diferentes
- NA = No aplica

**Gráfica No. 7 Medición de pH de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 4°C.**



- Datos experimentales

**Gráfica No. 8 Medición de pH de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 20°C.**



- Datos experimentales

En la Tabla No. 5 se puede observar la medición de sólidos solubles para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Para la comparación de los tratamientos a lo largo del tiempo se realizó un análisis de varianza. A una temperatura de 4°C los tratamientos de ácido cítrico, miel, cloruro de sodio y control demostraron que existen diferencias significativas en la cantidad de sólidos solubles a lo largo del tiempo ya que poseen un valor P menor a 0.05. El único tratamiento que no mostró diferencias significativas a lo largo del tiempo a una temperatura de 4°C fue el de ácido ascórbico ya que posee un valor P mayor a 0.05. A una temperatura de 20°C todos los tratamientos ácido ascórbico, ácido cítrico, miel, cloruro de sodio y control demostraron diferencias significativas en la cantidad de sólidos solubles a lo largo del tiempo según el análisis de varianza ya que poseen un valor P menor a 0.05. Tanto para la temperatura de 4°C como a 20°C los tratamientos que a lo largo del tiempo no comparten una letra son significativamente diferentes según el análisis de Tukey realizado.

Con respecto al delta (valor en el día 0 – valor en el día 14) tanto a la temperatura de 4°C como a 20°C se observa que hay un aumento de sólidos solubles a lo largo del tiempo. La medición del delta para sólidos solubles indica que por ser un valor negativo las muestras en el día 14 poseen más sólidos solubles que en el día 0. En el día 14 hubo un aumento en todos los tratamientos lo cual es comprensible debido a la maduración de los trozos de manzana. El tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 en ambas temperaturas es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con miel los cuales poseen una menor desviación estándar. El tratamiento con cambio más significativo en ambas temperaturas del día 0 al 14 es el tratamiento control ya que posee el delta más alto y un valor mayor de desviación estándar. Como se observa en la Gráfica No. 9 y Gráfica No. 10 el tratamiento con menor cambio a lo largo del tiempo ya que posee una menor pendiente es el tratamiento de ácido ascórbico y el tratamiento con mayor cambio a lo largo del tiempo fue el control ya que a mayor cambio en el tiempo mayor pendiente en comparación a los otros tratamientos.

En la Tabla No. 5 también se puede observar la medición de sólidos solubles para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Mediante el análisis de varianza en ambas temperaturas se puede evidenciar que el valor P es menor a 0.05 en cada uno de los días, por lo que se observa una diferencia significativa entre tratamientos utilizados el mismo día. Los datos obtenidos en el día cero son los mismos para 4°C como para 20°C. Por medio del análisis

de Tukey se determinó que los tratamientos que no comparten un número en el día 0, 7 o 14 son significativamente diferentes.

**Tabla No. 5 Medición de sólidos solubles (°Brix) de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 20°C y 4°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.**

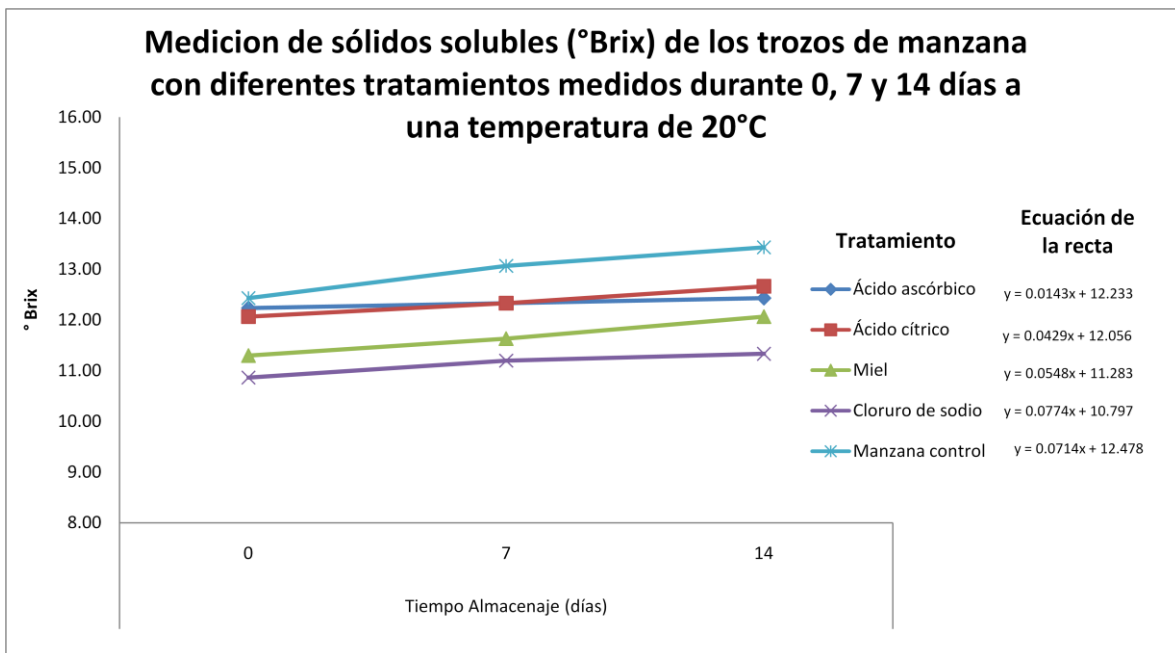
Tratamiento	Día 0	Día 7	Día 14	Delta	Desviación estándar	Valor P
<b>Temperatura 4°C</b>						
Ácido ascórbico	12.233 <sup>A</sup>	12.333 <sup>A2</sup>	12.433 <sup>A3</sup>	-0.200	0.100	0.064
Ácido cítrico	12.067 <sup>C</sup>	12.333 <sup>B2</sup>	12.667 <sup>A2</sup>	-0.600	0.384	4.5016 <sup>E-05</sup>
Miel	11.300 <sup>C</sup>	11.633 <sup>B3</sup>	12.067 <sup>A4</sup>	-0.767	0.301	0.00018
Cloruro de sodio	10.867 <sup>B</sup>	11.201 <sup>A4</sup>	11.333 <sup>A5</sup>	-0.467	0.562	0.00031
Manzana control	12.433 <sup>B</sup>	13.067 <sup>B1</sup>	13.433 <sup>A1</sup>	-1.000	0.506	6.8453 <sup>E-06</sup>
Valor P	1.6968 <sup>E-09</sup>	5.7464 <sup>E-10</sup>	1.3139 <sup>E-10</sup>	NA	NA	NA
<b>Temperatura 20°C</b>						
Ácido ascórbico	12.233 <sup>C12</sup>	12.633 <sup>B2</sup>	13.167 <sup>A3</sup>	-0.933	0.468	0.0001
Ácido cítrico	12.067 <sup>C2</sup>	12.833 <sup>B2</sup>	13.367 <sup>A2</sup>	-1.300	0.653	4.65 <sup>E-07</sup>
Miel	11.300 <sup>C3</sup>	11.667 <sup>B3</sup>	12.467 <sup>A4</sup>	-1.167	0.440	3.63 <sup>E-06</sup>
Cloruro de sodio	10.867 <sup>B4</sup>	10.967 <sup>B4</sup>	11.733 <sup>A5</sup>	-0.867	0.597	2.39 <sup>E-05</sup>
Manzana control	12.433 <sup>B1</sup>	13.067 <sup>B1</sup>	14.833 <sup>A1</sup>	-2.400	1.226	8.33 <sup>E-07</sup>
Valor P	1.6968 <sup>E-09</sup>	2.9435 <sup>E-10</sup>	7.0424 <sup>E-11</sup>	NA	NA	NA

- Datos experimentales
- Promedio de medición de cada parámetro en triplicado.
- Por cada tratamiento a lo largo del tiempo las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
- Por cada día los tratamientos que no comparten un número son significativamente diferentes
- NA = No aplica

El aumento en la cantidad de sólidos solubles (°Brix) durante el tiempo de almacenamiento es atribuido a los procesos de degradación de polisacáridos. En el caso de las frutas, un mayor valor de sólidos solubles se refiere al contenido presente de azúcares como sacarosa, fructuosa, minerales, vitaminas y aminoácidos. Al aumentar la cantidad de sólidos solubles en los trozos de

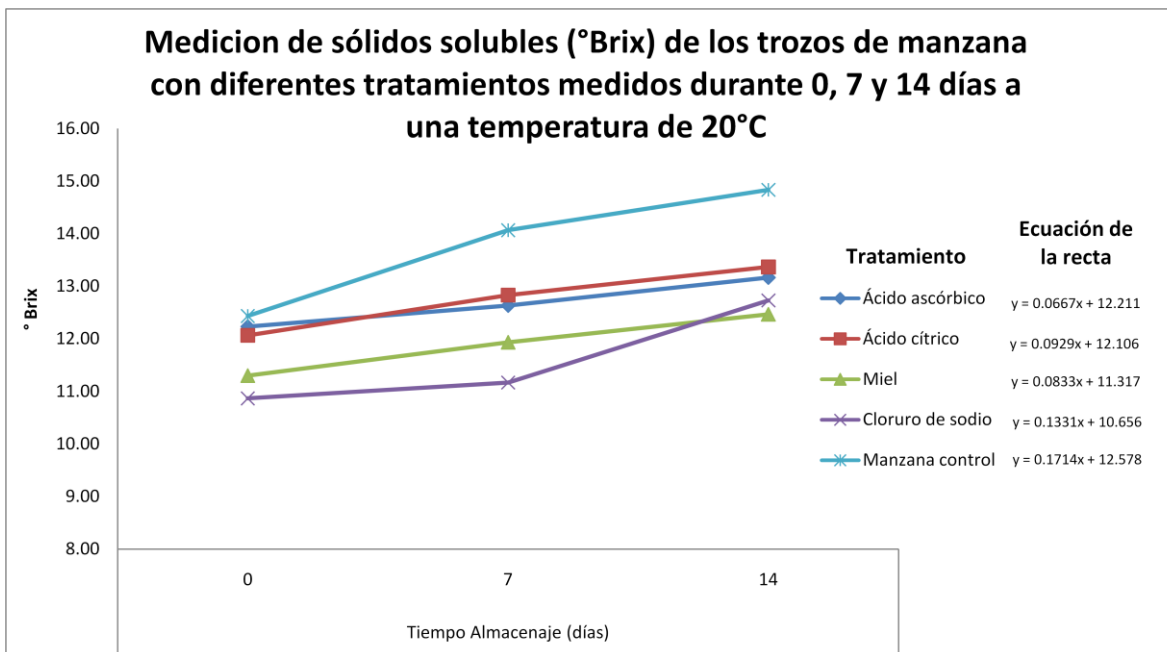
manzana puede aumentar el sabor dulce de la manzana lo cual puede ocasionar que los consumidores detecten un cambio en el sabor característico de la manzana. El tratamiento con ácido ascórbico no mostró diferencias significativas por lo que la cantidad de sólidos solubles se mantuvo estable y con su sabor característico.

**Gráfica No. 09 Sólidos solubles (°Brix) de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 4°C**



- Datos experimentales

**Gráfica No. 10 Sólidos solubles (°Brix) de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 20°C**



- Datos experimentales

En la Tabla No. 6 se puede observar la medición de ácido cítrico para el día 0, 7 y 14 de los diversos tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C. Para la comparación de los tratamientos a lo largo del tiempo se realizó un análisis de varianza. En ambas temperaturas se evidenció que a lo largo del tiempo existen diferencias significativas en los tratamientos ya que poseen un valor P menor a 0.05. Tanto para la temperatura de 4°C como a 20°C los tratamientos que a lo largo del tiempo no comparten una letra son significativamente diferentes según el análisis de Tukey realizado.

Con respecto al delta (valor en el día 0 – valor en el día 14) tanto a la temperatura de 4°C como a 20°C se observa que hay una disminución de acidez a lo largo del tiempo. La medición del delta para la acidez indica que por ser un valor positivo las muestras en el día 0 poseen más ácido cítrico que las del día 14. En el día 14 hubo una disminución en todos los tratamientos lo cual es comprensible ya que según estudios de R. Torres *et al.* (2013) la acidez titulable disminuye en el mango, la manzana y piña debido al efecto amortiguador del ácido cítrico.

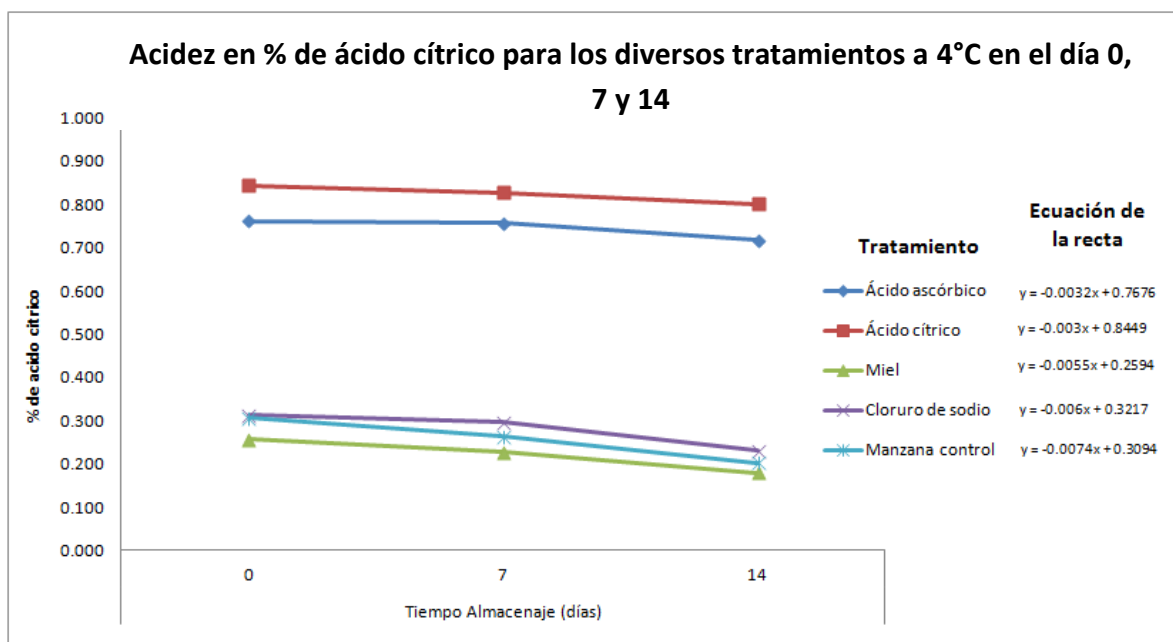
El tratamiento con el menor delta del día 0 al día 14 en ambas temperaturas es el de ácido ascórbico seguido del tratamiento con ácido cítrico los cuales poseen una menor desviación estándar. El tratamiento con cambio más significativo en ambas temperaturas del día 0 al 14 es el tratamiento control ya que posee el delta más alto y un valor mayor de desviación estándar. Como se observa en la Gráfica No. 11 y Gráfica No. 12 el tratamiento con menor cambio a lo largo del tiempo ya que posee una menor pendiente es el tratamiento de ácido ascórbico y el tratamiento con mayor cambio a lo largo del tiempo fue el control ya que a mayor cambio en el tiempo mayor pendiente en comparación a los otros tratamientos.

**Tabla No. 6 Medición de porcentaje de acidez de trozos de manzanas sometidos a diversos tratamientos a 20°C y 4°C a los días 0, 7 y 14 empacados al vacío.**

Tratamiento	Día 0	Día 7	Día 14	Delta	Desviación estándar	Valor P
<b>Temperatura 4°C</b>						
Ácido ascórbico	0.762 <sup>A2</sup>	0.757 <sup>AB2</sup>	0.717 <sup>B2</sup>	0.020	0.025	0.0288
Ácido cítrico	0.843 <sup>A1</sup>	0.827 <sup>A1</sup>	0.801 <sup>A1</sup>	0.045	0.017	0.0178
Miel	0.257 <sup>A4</sup>	0.227 <sup>A2</sup>	0.180 <sup>B5</sup>	0.077	0.039	0.0008
Cloruro de sodio	0.313 <sup>A3</sup>	0.297 <sup>A3</sup>	0.230 <sup>B3</sup>	0.083	0.044	0.0002
Manzana control	0.307 <sup>A3</sup>	0.263 <sup>B4</sup>	0.203 <sup>C4</sup>	0.103	0.052	4.59E <sup>-05</sup>
Valor P	1.69E <sup>-12</sup>	2.75E <sup>-15</sup>	2.10E <sup>-16</sup>	NA	NA	NA
<b>Temperatura 20°C</b>						
Ácido ascórbico	0.762 <sup>A2</sup>	0.687 <sup>B2</sup>	0.650 <sup>B2</sup>	0.100	0.057	0.0010
Ácido cítrico	0.843 <sup>A1</sup>	0.737 <sup>B1</sup>	0.683 <sup>C1</sup>	0.112	0.081	1.47E <sup>-05</sup>
Miel	0.257 <sup>A4</sup>	0.207 <sup>B4</sup>	0.157 <sup>C4</sup>	0.145	0.050	0.0001
Cloruro de sodio	0.313 <sup>A3</sup>	0.260 <sup>B3</sup>	0.230 <sup>C3</sup>	0.197	0.042	0.0002
Manzana control	0.307 <sup>A3</sup>	0.270 <sup>B3</sup>	0.207 <sup>C3</sup>	0.100	0.051	0.0001
Valor P	1.69E <sup>-12</sup>	1.98E <sup>-13</sup>	5.91E <sup>-15</sup>	NA	NA	NA

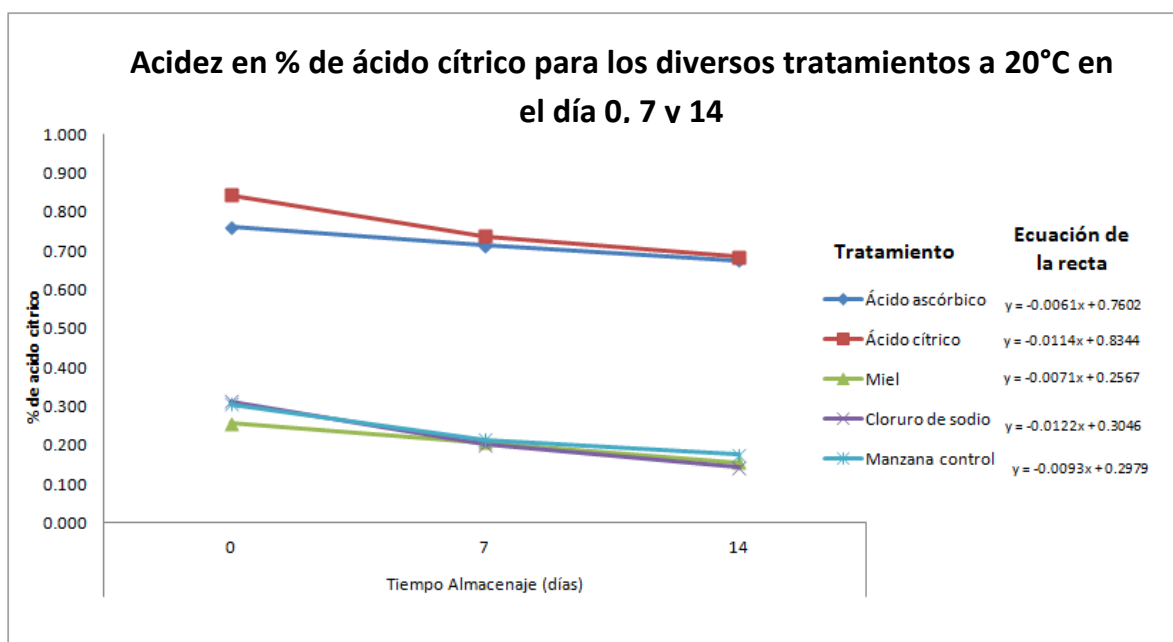
- Datos experimentales
- Promedio de medición de cada parámetro en triplicado.
- Por cada tratamiento a lo largo del tiempo las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes
- Por cada día los tratamientos que no comparten un número son significativamente diferentes

**Gráfica No. 11** Porcentaje de acidez de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 4°C



- Datos experimentales

**Gráfica No. 12** Porcentaje de acidez de los trozos de manzana con diferentes tratamientos medidos durante 0, 7 y 14 días a una temperatura de 20°C



- Datos experimentales

Para el análisis microbiológico se llevó a cabo el recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* en todos los tratamientos a una temperatura de 4°C y 20°C a los 7 días y a los 14 días como se muestra en la Tabla No.7. Con los resultados obtenidos en ambas pruebas se puede observar que las manzanas de todos los tratamientos son aptos para el consumo humano ya que la lectura de coliformes en unidades formadoras de colonias (UFC) aún se encuentra dentro de los límites aceptables por el RTCA 67.04.50:08 Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos que son 10<sup>3</sup> UFC/g. Al igual que para *Escherichia coli* el límite permitido es < 3 UFC y en los resultados obtenido se encuentra ausencia de *Escherichia coli* en ambos tratamientos.

**Tabla No. 7 Análisis microbiológico de los trozos de manzanas almacenados a 4°C y 20°C en el día 7 y 14**

Tratamiento	Día 7		Día 14	
	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>
<b>Temperatura 4°C</b>				
Ácido ascórbico	18 UFC/g	Ausente	24 UFC/g	Ausente
Ácido cítrico	25 UFC/g	Ausente	37 UFC/g	Ausente
Miel	14 UFC/g	Ausente	22 UFC/g	Ausente
Cloruro de sodio	16 UFC/g	Ausente	23 UFC/g	Ausente
Manzana control	29 UFC/g	Ausente	37 UFC/g	Ausente
<b>Temperatura 20°C</b>				
Ácido ascórbico	20 UFC/g	Ausente	28 UFC/g	Ausente
Ácido cítrico	28 UFC/g	Ausente	39 UFC/g	Ausente
Miel	18 UFC/g	Ausente	26 UFC/g	Ausente
Cloruro de sodio	19 UFC/g	Ausente	29 UFC/g	Ausente
Manzana control	31 UFC/g	Ausente	42 UFC/g	Ausente

- Datos experimentales
- UFC = Unidades formadoras de colonias

Se realizó un análisis sensorial de todos los tratamientos que en el transcurso de las mediciones colorimétricas y fisicoquímicas tuvieran las menores desviaciones estándar la cual fue a 4°C. En el panel sensorial se contó con la participación de 25 panelistas. Entre los parámetros evaluados se encuentran el sabor, textura, aroma y color de los trozos de manzana. Los estudios de naturaleza hedónica son esenciales ya que se utilizan para conocer en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor. También estas pueden ser utilizadas para conocer las

impresiones que tienen los panelistas sobre un alimento nuevo y conocer el grado de aceptación o rechazo del producto. Se codificaron las muestras como 3956 para el tratamiento con ácido ascórbico, 6542 para el tratamiento con ácido cítrico, 2314 para el tratamiento con miel, 5213 para el tratamiento con cloruro de sodio y 7576 para la manzana control. El panel sensorial dio su opinión siguiendo una escala hedónica de 5 puntos los cuales eran 1 = me gusta mucho, 2 = me gusta moderadamente, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me disgusta moderadamente y 5 = me disgusta mucho.

En la Tabla del anexo No. 2 se pueden observar los valores obtenidos para la escala hedónica de los dos tratamientos con respecto al sabor, textura, color y aroma de cada una de las muestras. Según la Tabla No. 8 el análisis de varianza con respecto al color se deduce que hay diferencia significativa entre los tratamientos ya que el valor P es menor a 0.05 y el valor crítico obtenido es mayor al valor crítico al 5%. En la Tabla No. 9 se observa que el tratamiento con mayor aceptación del sabor es el de ácido ascórbico ya que posee una menor media y menor desviación estándar. Según el análisis de Tukey se observa que los tratamientos que no comparten una letra respecto al sabor poseen diferencias significativas. El tratamiento con menor aceptación con respecto al sabor es el control el tratamiento con ácido ascórbico es de mayor aceptación. El color es un parámetro importante ya que para el consumidor es indicador de la calidad del producto.

**Tabla No. 8 Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de color de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Sumatoria de cuadrados</b>	<b>Varianza</b>	<b>Valor crítico</b>	<b>Valor crítico al 5%</b>	<b>valor P</b>
Factor	4	107.76	26.94	46.56	4.12	0.00013
Error	120	69.44	0.579			
Total	124	177.20				

- Datos experimentales

**Tabla No. 9 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de color de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Tratamiento	Media	Desviación estándar
Ácido ascórbico	2.04 <sup>A</sup>	0.53
Ácido cítrico	2.88 <sup>B</sup>	0.78
Miel	2.80 <sup>B</sup>	0.86
Cloruro de sodio	4.08 <sup>C</sup>	0.70
Control	4.60 <sup>C</sup>	0.86

- Datos experimentales
- Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En el parámetro de sabor de la manzana como indica la Tabla No. 10 el análisis de varianza entre los tratamientos evidencia que hay diferencia significativa entre ellos. El sabor es un parámetro el cual debe ser similar al de una manzana recién cortada, lo cual fue logrado con el tratamiento de ácido ascórbico ya que tuvo buena aceptación por los panelistas seguido del tratamiento con ácido cítrico como se observa en la Tabla No. 10. El tratamiento con menor aceptación del sabor fue el de la manzana control seguido de la manzana con cloruro de sodio.

**Tabla No. 10 Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de sabor de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Fuente	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrados	Varianza	Valor crítico	Valor crítico al 5%	valor P
Factor	4	136.4	34.10	85.97	4.12	0.00027
Error	120	47.60	0.370			
Total	124	184.20				

- Datos experimentales

**Tabla No. 11 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de sabor de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Tratamiento	Media	Desviación estándar
Ácido ascórbico	1.96 <sup>D</sup>	0.70
Ácido cítrico	2.80 <sup>C</sup>	0.45
Miel	3.08 <sup>C</sup>	0.86
Cloruro de sodio	4.32 <sup>B</sup>	0.62
Control	4.84 <sup>A</sup>	0.37

- Datos experimentales
- Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En la Tabla No. 12 el análisis de varianza con respecto al aroma se deduce que hay diferencia significativa entre los tratamientos ya que el valor P es menor a 0.05 y el valor crítico obtenido es mayor al valor crítico al 5%. En la Tabla No. 13 se observa que el tratamiento con mayor aceptación del aroma es el de ácido ascórbico ya que posee una menor media y menor desviación estándar seguido del tratamiento con miel. Según el análisis de Tukey se observa que los tratamientos que no comparten una letra respecto al sabor poseen diferencias significativas. El tratamiento con menor aceptación con respecto al aroma es el control. El consumidor puede degustar una manzana con un aroma similar al de una manzana recién cortada en trozos debido en su mayoría al ácido cítrico y málico.

**Tabla No. 12 Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de aroma de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Fuente	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrados	Varianza	Valor crítico	Valor crítico al 5%	valor P
Factor	4	86.44	21.61	43.93	4.12	0.00010
Error	120	59.04	0.480			
Total	124	145.48				

- Datos experimentales

**Tabla No. 13 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de aroma de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Tratamiento	Media	Desviación estándar
Ácido ascórbico	1.68 <sup>C</sup>	0.68
Ácido cítrico	2.84 <sup>B</sup>	0.62
Miel	2.44 <sup>B</sup>	0.71
Cloruro de sodio	3.72 <sup>A</sup>	0.67
Control	3.96 <sup>A</sup>	0.78

- Datos experimentales
- Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

En la Tabla No. 14 el análisis de varianza con respecto a la textura se deduce que hay diferencia significativa entre los tratamientos ya que el valor P es menor a 0.05 y el valor crítico obtenido es mayor al valor crítico al 5%. En la Tabla No. 15 se observa que el tratamiento con mayor aceptación de textura es el de ácido ascórbico ya que posee una menor media y menor desviación estándar seguido del tratamiento con miel. Según el análisis de Tukey se observa que los tratamientos que no comparten una letra respecto al sabor poseen diferencias significativas. El tratamiento con menor aceptación con respecto a la textura es el control. La textura de la manzana es muy importante ya que algunas veces disminuye la firmeza de sus tejidos al ser sometidas a diversos tratamientos.

**Tabla No. 14 Análisis de varianza del panel sensorial del parámetro de textura de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Fuente	Grados de libertad	Sumatoria de cuadrados	Varianza	Valor crítico	Valor crítico al 5%	valor P
Factor	4	51.08	12.77	25.65	4.12	0.0053
Error	120	59.76	0.49			
Total	124	110.84				

- Datos experimentales

**Tabla No. 15 Análisis de Tukey del panel sensorial del parámetro de textura de los diferentes tratamientos a una temperatura de 4°C**

Tratamiento	Media	Desviación estándar
Ácido ascórbico	2.08 <sup>C</sup>	0.57
Ácido cítrico	2.96 <sup>B</sup>	0.61
Miel	2.92 <sup>B</sup>	0.75
Cloruro de sodio	3.56 <sup>a</sup>	0.71
Control	3.96 <sup>A</sup>	0.84

- Datos experimentales
- Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El análisis sensorial es un método el cual es irremplazable por la tecnología. Este es utilizado por muchas empresas para poder conocer la aceptabilidad de los productos desarrollados y ver el posicionamiento que tendrán dentro del mercado cuando se llevan a un sector seleccionado. Los resultados del análisis sensorial muestran que el tratamiento con ácido ascórbico fue el tratamiento con mayor aceptación en todos los parámetros. Con esto el consumidor tendría un producto de calidad con características sensoriales bastante similares a las de una manzana recién cortada, solo que con la facilidad de tener un snack nutritivo sin necesidad de inversión de tiempo para su preparación.

Se realizó el análisis de costo de los diversos tratamientos. Se tomaron en cuenta los materiales, reactivos, personal y otros gastos para llevar a cabo el proceso como se puede observar en la Tabla No. 16, No. 17, No. 18 y No. 19. El tratamiento el cual muestra un menor costo en el procesamiento es el de cloruro de sodio pero este no muestra los resultados requeridos para una manzana aceptada por el consumidor. El tratamiento con ácido ascórbico que fue el que presento los mejores resultados en los diversos parámetros su producción posee un costo de Q4.91 que aun puede significar un proyecto rentable. Con el cual se puede tener un margen de ganancia satisfactorio.

Tabla No. 16 Costos para tratamiento con ácido ascórbico

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario en Quetzales	Cantidad a consumir	Costo por Presentación en Quetzales
<b>Materia prima</b>					
Manzanas	Manzana	1	6.00	0.375	2.25
<b>Reactivos para desinfección</b>					
Cloro	Galón	3750 ml	25.00	0.150	0.00
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
<b>Tratamiento ácido ascórbico</b>					
Ácido ascórbico	Kilo	1000 grs	156.0	13.20	2.06
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
Balanza	C/U	1	5,000.00		0.01
Hidróxido de Potasio	Litro	1000 ml	235.00	0.120	0.03
<b>Empaque</b>					
Empacadora	C/U	1	55,000.00		0.13
Mantenimiento	C/U	1	4,000.00		0.05
Bolsa propileno	C/U	1	0.15		0.15
<b>Otros insumos</b>					
Recipiente acero inoxidable, cuchillos, tablas de picar			1,370.00		0.02
Refrigeradora			11,000.00		0.01
<b>Mano de obra</b>	Mensual	2	6,912.71		0.08
<b>Gastos de fábrica</b>					
Agua, luz, teléfono, renta	Mensual		6,000.00		0.07
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>4.91</b>

Tabla No. 17 Costos para tratamiento con ácido cítrico

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario en Quetzales	Cantidad a consumir	Costo por Presentación en Quetzales
<b>Materia prima</b>					
Manzanas	Manzana	1	6.00	0.375	2.25
<b>Reactivos para desinfección</b>					
Cloro	Galón	3750 ml	25.00	0.150	0.00
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
<b>Tratamiento Ácido cítrico</b>					
Ácido cítrico	Kilo	1000 grs	204.0	10.20	1.47
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
Balanza	C/U	1	5,000.00		0.01
<b>Empaque</b>					
Empacadora	C/U	1	55,000.00		0.13
Mantenimiento	C/U	1	4,000.00		0.05
Bolsa propileno	C/U	1	0.15		0.15
<b>Otros insumos</b>					
Recipiente acero inoxidable, cuchillos, tablas de picar			1,370.00		0.02
Refrigeradora			11,000.00		0.01
<b>Mano de obra</b>	Mensual	2	6,912.71		0.08
<b>Gastos de fábrica</b>					
Agua, luz, teléfono, renta	Mensual		6,000.00		0.07
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>4.32</b>

Tabla No. 18 Costos para tratamiento con miel

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario en Quetzales	Cantidad a consumir	Costo por Presentación en Quetzales
<b>Materia prima</b>					
Manzanas	Manzana	1	6.00	0.375	2.25
<b>Reactivos para desinfección</b>					
Cloro	Galón	3750 ml	25.00	0.150	0.00
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
<b>Tratamiento miel</b>					
Miel	Kilo	1000 grs	493.30	1.200	0.74
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
Balanza	C/U	1	5,000.00		0.01
<b>Empaque</b>					
Empacadora	C/U	1	55,000.00		0.13
Mantenimiento	C/U	1	4,000.00		0.05
Bolsa propileno	C/U	1	0.15		0.15
<b>Otros insumos</b>					
Recipiente acero inoxidable, cuchillos, tablas de picar			1,370.00		0.02
Refrigeradora			11,000.00		0.01
<b>Mano de obra</b>	Mensual	2	6,912.71		0.08
<b>Gastos de fábrica</b>					
Agua, luz, teléfono, renta	Mensual		6,000.00		0.07
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>3.54</b>

Tabla No. 19 Costos para tratamiento con cloruro de sodio

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario en Quetzales	Cantidad a consumir	Costo por Presentación en Quetzales
<b>Materia prima</b>					
Manzanas	Manzana	1	6.00	0.375	2.25
<b>Reactivos para desinfección</b>					
Cloro	Galón	3750 ml	25.00	0.150	0.00
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
<b>Tratamiento cloruro de sodio</b>					
Cloruro de sodio	Kilo	1000 gr	275.0	0.438	0.12
Agua	Litro	1000 ml	0.88	150.00	0.13
Balanza	C/U	1	5,000.00		0.01
<b>Empaque</b>					
Empacadora	C/U	1	55,000.00		0.13
Mantenimiento	C/U	1	4,000.00		0.05
Bolsa propileno	C/U	1	0.15		0.15
<b>Otros insumos</b>					
Recipiente acero inoxidable, cuchillos, tablas de picar			1,370.00		0.02
Refrigeradora			11,000.00		0.01
<b>Mano de obra</b>	Mensual	2	6,912.71		0.08
<b>Gastos de fábrica</b>					
Agua, luz, teléfono, Renta	Mensual		6,000.00		0.07
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>2.97</b>

## VIII CONCLUSIONES

- El tratamiento con ácido ascórbico fue el que presentó un menor pardeamiento a lo largo del tiempo. También presentó mejores atributos en el producto final tanto en coloración, parámetros de maduración y análisis sensorial. Esto podría deberse a que el ácido ascórbico es un agente antioxidante que previene el pardeamiento enzimático por reducción de compuestos quinónicos a sus compuestos polifenólicos originales, disminuyendo el pardeamiento enzimático.
- Los resultados obtenidos a una temperatura de 4°C fueron más satisfactorios en los distintos parámetros que los de 20°C ya que al disminuir la temperatura, se produce una detención del proceso evolutivo del producto, interfiriendo directamente en los procesos de maduración.
- En los diversos parámetros medidos como el pH, acidez y sólidos solubles se observó que a una temperatura de 20°C los resultados indican que el proceso de maduración se estaba produciendo más rápido que a una temperatura de 4°C ya que ésta retarda dicho proceso mediante la inactivación o retardo de la actividad de la polifenoloxidasas.
- El análisis sensorial indica que el producto con mejor aceptación tanto en sabor, color, aroma y textura fue el tratamiento con ácido ascórbico a una temperatura de 4°C. El ácido ascórbico en concentraciones de 0.1 a 0.5 M produce efectos satisfactorios al ser almacenado durante 14 días en condiciones atmosféricas de vacío resultando en un producto satisfactorio organolépticamente.
- El costo de los cuatro tratamientos utilizados es variable, aunque el costo menor es el tratamiento con miel los resultados obtenidos con el ácido ascórbico fueron más satisfactorios. Aun así es un proyecto rentable dando un margen de ganancia.

## IX RECOMENDACIONES

1. Para aumentar la vida de anaquel de los trozos de manzanas mínimamente procesados se pueden utilizar tratamientos con soluciones combinadas para poder tener mejores resultados. Se pueden comparar las soluciones individualmente y luego realizar combinaciones y comparar el retardo del pardeamiento en los trozos de manzana.
2. El uso de temperaturas de congelación para el almacenamiento de trozos de manzana puede ser una opción para el retardo del pardeamiento ya la disminución de la temperatura inhibe la actividad de la polifenoloxidasas.
3. La utilización de diversos empaques adicionalmente al uso de los diferentes tratamientos es un factor importante para el aumento de la vida de anaquel de los trozos de manzana. El uso de atmosfera modificada puede ser útil para mantener las características fisicoquímicas y nutricionales de los trozos de manzana, brindando al consumidor un producto con características muy similares a las de un productor fresco.
4. La adición de vitaminas y minerales para brindar un producto que además de ser saludable pueda aportar otros beneficios al consumidor. No solo sea un snack si no pueda ser un alimento recomendable para niños en edad de crecimiento aportando una parte del requerimiento diario de vitaminas y minerales.

## X.BIBLIOGRAFÍA

1. Alendes, L. *et al.* 2009. <<Improving the Quality of Fresh-Cut Apples, Pears, and Melons Using Natural Additives>>. *Journal of Food Science* Vol. 74, No. 2.
2. Atrooz, Omar M. 2008. <<The effects of Maillard reaction products on apple and potato polyphenoloxidase and their antioxidant activity>>. *International Journal of Food Science and Technology* 43, 490–494.
3. Boyer, J. 2004. << Apple phytochemicals and their health benefits>> *Nutritional Journal BioMed Central*. 1-15.
4. Cheftel, Jean *et. al.* 1992. *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Los Alimentos*. Volumen 1. Editorial Acribia, S.A. 333 pp.
5. Dapena, Enrique, *et. al.* 2007. <<Estudio del cambio climático y sus implicaciones en el cultivo del manzano en Asturias>>. *Revista Tecnología Agroalimentaria No.4*. 173-185.
6. Desroiser, Norman, 1991. <<Conservación de Alimentos>>. *Compañía Editorial Continental*. 4. 468 pp.
7. Dolz, P. 2008 <<Evaluación de la calidad de fruto de manzano: estudio de métodos no destructivos de análisis>> *EUPLA. Zaragoza*. 5-6.
8. Florez, Aura, 2009. <<Evaluación y desempeño de láminas flexibles usadas en el empaque al vacío de productos>> Universidad Nacional de Colombia.
9. Garmendia, G. 2006. <<Métodos para desinfección de frutas y hortalizas>>. *Horticultura UDELAR*. Uruguay. 18-28.
10. Gil, María, *et. al.* 1998. <<Responses of 'Fuji' Apple Slices to Ascorbic Acid Treatments and Low-oxygen Atmospheres>>. *Hort Science*. 33 (2) 305-309.
11. Giraldo, Germán. 2006. << El efecto del tratamiento de impregnación al vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas>>. *Revista de la facultad de Química Farmacéutica ISSN 0121-4004 volumen 13. No. 2* 21-25.
12. González, G. *et. al.* 2001. <<Inhibition of browning and decay of fresh cut radish by natural compounds and their derivatives>>. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 34, 324-328.
13. González, Gustavo *et. al.* 2005. *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. 558 pp.

14. Gutierrez, J. 2000. <<Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos>>.Ed. Díaz de Santos S.A., Madrid. 127-142.
15. Hernández, Y. *et al.* 2007. << Importancia del grado de madurez en el procesado mínimo de frutas >> V CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES. España. 837-847.
16. Hernández, M. *et al.* 1999. *Tratado de Nutrición*. Ediciones Díaz Santos. 1496 págs.
17. HunterLab. 2001. *Espacio de color Lab*. HunterLab.
18. Hyson, D. *et al.* 2011. << A Comprehensive Review of Apples and Apple Components and Their Relationship to Human Health >> *American Society for Nutrition*. Adv. Nutr. 2: 408–420.
19. Jeon, M., *et al.* 2005. <<Honey in combination with vacuum impregnation to prevent enzymatic browning of fresh-cut apples>>. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 56 (3): 165- 176.
20. Le Tien, C., *et al.* 2001. <<Milk Protein Coatings Prevent Oxidative Browning of Apples and Potatoes>>. *Journal of food science- vol. 66, No. 4*. 512-516.
21. Lee, J.Y., *et al.* 2003. <<Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents>>. *Lebensm-Wiss. U.-Technol.*36 323–329.
22. Lu, Shengmin, *et al.* 2007. <<Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices>>. *Food Chemistry*. 104 824–829.
23. Ministerio de Salud. 2011 <<Manipulación de alimentos>> *Ministerio de Salud Buenos Aires Argentina*. 1-46.
24. Montenegro, Marta, *et al.* 2009. <<Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas>>. *Horticultura Internacional*. No. 69, 48-51.
25. Montero, M. *et al.* 2009 << Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas >> *Revista Horticultura, Extra Postcosecha 2009*. España.134-145.
26. Morales, R. *et al.* 1998. <<Terapia, el poder curativo de los 105 frutos que dan la vida>>. *Ediciones Libertarias. Madrid*. España. 123-128.
27. Moreiras, O. *et al.* 2007. << Tablas de composición de alimentos >>. Ediciones Pirámide. Madrid.
28. Olaeta, J. *et al.* 1995. <<Estimación del índice de madurez >>. *Harvest and Post-harvest for fresh fruits and vegetables, Proceedings of International Conference Guanajuato México*. 20-24.

29. Palomo, Iván, *et al.* 2010. <<El consumo de manzanas contribuye a prevenir el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer: antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción>>. *Revista de Chile Nutrición Vol. 37, N°3*: 377-385.
30. Parenze, M *et al.* 2007<<Vegetales mínimamente procesados >> Secretaria de agricultura, ganadería y pesca. Argentina. 30-39
31. Rößle, Christian, *et al.* 2011. <<Quality an antioxidant capacity of fresh-cut apple wedges enriched with honey by vacuum impregnation>>. *International Journal of Food Science and Technology*. 21, 13-28.
32. Rocha, A. *et al.* 1998. <<Influence of chemical treatment on quality of cut apple>>. *Journal of Food Quality*. Volume 14, Issue 1,, Pages 13-20
33. Rocha, A. *et al.* 2003. <<Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes>>. *ELSEVIER Food control*. Volume 14, Issue 1,, Pages 13-20
34. Soliva, R. *et al.* 2005. <<Procesado y comercialización de fruta fresca cortada >> *Horticultura Internacional*. España. 36-41.
35. Tavarini, S. *et al.* S. 2010. <<Different sensitivity to browning in fresh-cut pineapple, Apple and pear: the role of endogenous vitamin C>>. *Ital. J. Food Sci. No. 2*, vol. 22. 171-179.
36. Torres, Ramiro, *et al.* 2013. <<Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales>>. *Información Tecnológica* Vol. 24 (3), 51-56.
37. Tortoe, Charles, *et al.* 2007. <<Prevention of enzymatic browning of apple cylinders using different solutions>>. *International Journal of Food Science and Technology*. 42, 1475-1481.
38. Xie, J. *et al.* 2007 << Nutritional enrichment of fresh apple (var. *Royal Gala*) by vacuum impregnation>>. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54 (5): 387-398.

## XI. ANEXOS

### Anexo No. 1 Preparación de soluciones para el tratamiento de manzanas

#### Solución de ácido ascórbico 0.5 M

$$176.12 \frac{\text{g}}{\text{Mol}} * 0.5 \frac{\text{Mol}}{\text{l}} = 88.06 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

#### Solución de ácido cítrico 0.25 M

$$192.13 \frac{\text{g}}{\text{Mol}} * 0.25 \frac{\text{Mol}}{\text{l}} = 48.03 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

#### Solución de cloruro de sodio 0.050 M

$$58.4 \frac{\text{g}}{\text{Mol}} * 0.05 \frac{\text{Mol}}{\text{l}} = 2.92 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

#### Solución de miel 10%

A 900 ml de agua agregar 100 ml de miel

**Anexo No. 2 Mediciones colorimétricas en triplicado de luminosidad (L\*) en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 4°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
Ácido ascórbico	80.73	78.21	77.89
	80.49	78.50	76.23
	80.57	75.74	76.23
Ácido cítrico	74.58	72.66	69.21
	70.93	74.33	68.34
	76.68	70.79	67.14
Miel	75.37	72.06	66.34
	73.35	73.42	63.40
	70.72	73.12	64.20
Cloruro de sodio	71.60	67.42	60.12
	76.43	67.41	60.56
	76.89	61.28	61.34
Manzana control	80.18	69.23	59.21
	82.30	67.53	58.23
	81.25	65.45	58.32

- Datos experimentales

**Anexo No. 3 Mediciones colorimétricas en triplicado de luminosidad (L\*) en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 20°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
Ácido ascórbico	80.73	75.93	70.34
	80.49	75.70	69.56
	80.57	74.08	70.23
Ácido cítrico	74.58	67.50	62.43
	70.93	65.13	61.34
	76.68	65.05	60.12
Miel	75.37	66.46	60.23
	73.35	66.95	59.67
	70.72	66.49	58.60
Cloruro de sodio	71.60	64.29	53.40
	76.43	62.79	53.20
	76.89	65.51	52.10
Control	80.18	65.45	51.30
	82.30	66.73	53.50
	81.25	64.89	52.30

- Datos experimentales

**Anexo No. 4 Mediciones colorimétricas en triplicado de a\* en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 4°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
Ácido ascórbico	4.74	6.45	10.34
	4.53	6.34	9.24
	4.15	5.78	10.54
Ácido cítrico	2.31	5.23	11.21
	2.34	5.34	10.34
	1.82	6.53	11.67
Miel	4.28	7.45	10.67
	2.03	7.34	10.23
	3.72	7.2	10.45
Cloruro de sodio	1.65	5.21	13.45
	1.49	5.23	13.65
	1.87	5.1	13.23
Control	2.36	5.02	13.89
	2.49	5.89	14.23
	2.31	5.98	14.01

- Datos experimentales

**Anexo No. 5 Mediciones colorimétricas en triplicado de a\* en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 20°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
Ácido ascórbico	4.74	8.25	15.23
	4.53	8.34	16.34
	4.15	9.14	15.8
Ácido cítrico	2.31	10.48	18.34
	2.34	10.5	17.56
	1.82	10.2	17.43
Miel	4.28	8.56	15.21
	4.03	9.65	15.98
	4.72	9.21	16.22
Cloruro de sodio	1.65	7.82	19.32
	1.49	7.93	19.67
	1.87	7.99	18.34
Control	2.36	8.12	19.31
	2.49	8.45	20.31
	2.31	8.75	20.45

- Datos experimentales

**Anexo No. 6 Mediciones colorimétricas en triplicado de b\* en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 4°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
Ácido ascórbico	22.66	19.45	16.34
	21.92	18.23	15.78
	21.67	19.65	16.23
Ácido cítrico	20.39	16.23	12.34
	24.73	18.75	14.56
	26.25	17.54	13.67
Miel	25.70	17.42	14.56
	26.11	20.15	15.78
	24.97	18.40	15.98
Cloruro de sodio	20.25	15.60	11.56
	21.41	16.89	11.67
	20.69	17.32	11.98
Control	24.69	15.23	9.98
	26.45	14.67	10.45
	24.93	16.78	10.76

- Datos experimentales

**Anexo No. 7 Mediciones colorimétricas en triplicado de b\* en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 20°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 14</b>
Ácido ascórbico	22.66	17.45	13.24
	21.92	16.54	12.54
	21.67	16.43	11.65
Ácido cítrico	20.39	14.34	9.45
	24.73	14.45	9.64
	26.25	13.67	9.23
Miel	25.70	16.34	11.34
	26.11	15.89	11.78
	24.97	15.64	12.45
Cloruro de sodio	20.25	12.45	7.67
	21.41	12.32	6.54
	20.69	12.78	7.34
Manzana control	24.69	11.34	7.87
	26.45	12.56	7.12
	24.93	15.67	6.59

• Datos experimentales

**Anexo 8 Mediciones en triplicado de pH en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 4°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>			<b>Día 7</b>			<b>Día 14</b>		
Ácido ascórbico	3.74	3.73	3.74	3.75	3.77	3.77	3.81	3.79	3.80
Ácido cítrico	3.32	3.32	3.31	3.37	3.37	3.36	3.39	3.39	3.40
Miel	4.08	4.07	4.06	4.11	4.10	4.11	4.14	4.15	4.15
Cloruro de sodio	6.98	6.99	6.97	6.98	6.99	7.02	7.03	7.04	7.05
Manzana control	4.10	4.10	4.09	4.12	4.13	4.13	4.16	4.17	4.16

- Datos experimentales

**Anexo 9 Mediciones en triplicado de pH en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 20°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>			<b>Día 7</b>			<b>Día 14</b>		
Ácido ascórbico	3.74	3.73	3.74	3.79	3.79	3.79	3.84	3.83	3.82
Ácido cítrico	3.32	3.32	3.31	3.41	3.41	3.41	3.49	3.48	3.48
Miel	4.08	4.07	4.06	4.10	4.10	4.10	4.11	4.12	4.11
Cloruro de sodio	6.98	6.99	6.97	7.01	7.03	7.04	7.09	7.09	7.10
Manzana control	4.10	4.10	4.09	4.15	4.15	4.15	4.22	4.23	4.21

- Datos experimentales

**Anexo 10 Mediciones en triplicado de sólidos solubles (°Brix) en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 4°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>			<b>Día 7</b>			<b>Día 14</b>		
Ácido ascórbico	12.30	12.10	12.30	12.40	12.30	12.30	12.40	12.40	12.50
Ácido cítrico	12.00	12.10	12.10	12.40	12.30	12.30	12.60	12.70	12.70
Miel	11.30	11.40	11.20	11.70	11.70	11.50	12.00	12.10	12.10
Cloruro de sodio	10.80	10.90	10.90	10.70	10.80	10.80	11.20	11.40	11.40
Manzana control	12.40	12.40	12.50	13.10	13.00	13.10	13.50	13.40	13.40

- Datos experimentales

**Anexo 11 Mediciones en triplicado de sólidos solubles (°Brix) en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 20°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>			<b>Día 7</b>			<b>Día 14</b>		
Ácido ascórbico	12.30	12.10	12.30	12.50	12.70	12.70	13.10	13.20	13.20
Ácido cítrico	12.00	12.10	12.10	12.80	12.90	12.80	13.40	13.40	13.30
Miel	11.30	11.40	11.20	11.90	11.90	12.00	12.50	12.50	12.40
Cloruro de sodio	10.80	10.90	10.90	11.20	11.00	11.30	11.60	11.80	11.80
Manzana control	12.40	12.40	12.50	14.00	14.10	14.10	14.80	14.90	14.80

• Datos experimentales

**Anexo 12 Mediciones en triplicada del porcentaje de acidez en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 4°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>			<b>Día 7</b>			<b>Día 14</b>		
Ácido ascórbico	0.74	0.76	0.79	0.75	0.76	0.76	0.72	0.71	0.72
Ácido cítrico	0.84	0.83	0.86	0.85	0.86	0.86	0.82	0.82	0.83
Miel	0.25	0.25	0.27	0.23	0.21	0.24	0.19	0.18	0.17
Cloruro de sodio	0.32	0.30	0.32	0.31	0.29	0.29	0.22	0.23	0.24
Manzana control	0.29	0.31	0.32	0.27	0.26	0.26	0.21	0.20	0.20

• Datos experimentales

**Anexo 13 Mediciones en triplicada del porcentaje de acidez en trozos de manzana utilizando los diferentes tratamientos el día 0, 7 y 14 a 20°C empacados al vacío**

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0</b>			<b>Día 7</b>			<b>Día 14</b>		
Ácido ascórbico	0.74	0.76	0.79	0.67	0.69	0.70	0.66	0.64	0.65
Ácido cítrico	0.84	0.83	0.86	0.74	0.72	0.75	0.69	0.68	0.68
Miel	0.25	0.25	0.27	0.20	0.22	0.20	0.17	0.15	0.15
Cloruro de sodio	0.32	0.30	0.32	0.26	0.27	0.25	0.23	0.24	0.22
Manzana control	0.29	0.31	0.32	0.28	0.26	0.27	0.20	0.21	0.21

• Datos experimentales

**Anexo No. 14 Tabla de prueba sensorial para el parámetro de sabor para trozos de manzana empacados al vacío almacenados a 4°C.**

Panelista	3956	6542	2314	5213	7576
1	1	3	4	3	1
2	2	4	2	4	4
3	3	3	4	4	3
4	2	2	2	4	1
5	3	3	4	5	3
6	2	2	3	4	3
7	3	3	3	3	1
8	2	3	3	3	4
9	2	3	3	3	1
10	3	3	3	4	5
11	2	3	2	3	1
12	2	3	3	3	3
13	2	3	2	3	4
14	1	4	3	3	4
15	2	3	4	4	1
16	2	3	2	3	2
17	2	4	2	3	2
18	2	3	2	3	1
19	2	4	3	3	1
20	3	3	3	5	3
21	1	3	4	3	2
22	2	4	2	4	1
23	3	3	4	4	3
24	2	2	2	4	3
25	3	3	4	5	2

- Escala 1 = me gusta mucho, 2 = me gusta moderadamente, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me disgusta moderadamente y 5 = me disgusta mucho.
- Datos experimentales

**Anexo No. 15 Tabla de prueba sensorial para el parámetro de color para trozos de manzana empacados al vacío almacenados a 4°C.**

Panelista	3956	6542	2314	5213	7576
1	1	3	4	3	1
2	2	4	2	4	4
3	3	3	4	4	3
4	2	2	2	4	1
5	3	3	4	5	3
6	2	2	3	4	3
7	3	3	3	3	1
8	2	3	3	3	4
9	2	3	3	3	1
10	3	3	3	4	5
11	2	3	2	3	1
12	2	3	3	3	3
13	2	3	2	3	4
14	1	4	3	3	4
15	2	3	4	4	1
16	2	3	2	3	2
17	2	4	2	3	2
18	2	3	2	3	1
19	2	4	3	3	1
20	3	3	3	5	3
21	1	3	4	3	2
22	2	4	2	4	1
23	3	3	4	4	3
24	2	2	2	4	3
25	3	3	4	5	2

- Escala 1 = me gusta mucho, 2 = me gusta moderadamente, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me disgusta moderadamente y 5 = me disgusta mucho.
- Datos experimentales

**Anexo No. 16 Tabla de prueba sensorial para el parámetro de aroma para trozos de manzana empacados al vacío almacenados a 4°C.**

<b>Panelista</b>	<b>3956</b>	<b>6542</b>	<b>2314</b>	<b>5213</b>	<b>7576</b>
1	2	4	2	4	5
2	1	3	3	4	4
3	3	3	4	4	2
4	3	3	3	4	1
5	3	2	4	5	3
6	2	2	3	4	3
7	1	3	3	3	1
8	2	3	3	3	4
9	23	3	3	3	1
10	3	3	3	4	5
11	2	3	2	3	1
12	2	3	3	3	3
13	2	3	2	3	4
14	1	4	3	3	4
15	2	3	4	4	1
16	2	3	2	3	2
17	2	4	2	3	2
18	2	3	2	3	1
19	2	4	3	3	1
20	3	3	3	5	3
21	1	3	4	3	2
22	2	4	2	4	1
23	3	3	4	4	3
24	2	2	2	4	3
25	3	3	4	5	2

- Escala 1 = me gusta mucho, 2 = me gusta moderadamente, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me disgusta moderadamente y 5 = me disgusta mucho.
- Datos experimentales

**Anexo No. 17 Tabla de prueba sensorial para el parámetro de textura para trozos de manzana empacados al vacío almacenados a 4°C.**

Panelista	3956	6542	2314	5213	7576
1	1	3	4	5	5
2	1	3	2	4	3
3	1	4	4	5	3
4	1	3	3	4	3
5	3	3	4	5	3
6	2	2	3	4	3
7	1	3	3	3	1
8	2	3	3	3	4
9	3	3	3	3	1
10	3	3	3	4	5
11	2	3	2	3	1
12	2	3	3	3	3
13	2	3	2	3	4
14	1	4	3	3	4
15	2	3	4	4	1
16	2	3	2	3	2
17	2	4	2	3	2
18	2	3	2	3	1
19	2	4	3	3	1
20	3	3	3	5	3
21	1	3	4	3	2
22	2	4	2	4	1
23	3	3	4	4	3
24	2	2	2	4	3
25	3	3	4	5	2

- Escala 1 = me gusta mucho, 2 = me gusta moderadamente, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me disgusta moderadamente y 5 = me disgusta mucho.
- Datos experimentales