

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

**Uso de Cubiertas Comestibles y Antioxidantes para
Extender la Vida Útil de Mango Precortado**

Por
Ing. Jorge Armando Celis Salas

Tesis aprobada por la
Dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal

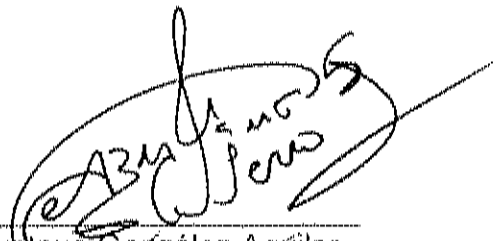
Como requisito parcial para obtener el grado de
Maestría en Ciencias

Hermosillo, Sonora.

Junio de 2003.

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis del Ing. Jorge Armando Celis Salas, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias.



Dr. Gustavo González Aguilar
Director de Tesis



Dr. Reginaldo Báez Sañudo



Dr. Alberto González León




M.C. Reynaldo Cruz Valenzuela

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión, del director o directora de la tesis.



Dr. Alfonso A. Gardea Béjar
Director General

DEDICATORIA

A mis padres

A quienes quiero, admiro y respeto, por estar cerca de mí en todo momento, por darme su apoyo y aliento en cada una de las etapas de mi vida, y por enseñarme que con disciplina, dedicación y convicción todo es posible. Reciban mi más profundo agradecimiento.

A mi familia

A todos y cada uno de ustedes, no tengo palabras para agradecerles el apoyo y la confianza que me han brindado a lo largo de mi vida. Creo que no podía haber contado con mejores personas, los quiero.

A mis amigos

Los cuales han compartido conmigo los mejores y peores momentos de mi vida, y me han ayudado a seguir adelante haciendo más ligero el camino de la vida. Gracias por seguir ofreciéndome su amistad a pesar de no haber estado con ustedes cuando hacía falta.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. por darme la oportunidad de formar parte del mismo y permitirme alcanzar una meta más dentro de mi formación profesional.

A la dirección de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, por brindarme sus instalaciones para poder realizar este proyecto.

Al Dr. Gustavo González por su apoyo y confianza, además del interés mostrado en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al comité de tesis formado por el Dr. Alberto González, el Dr. Reginaldo Báez y el M.C. Reynaldo Cruz, por sus recomendaciones, observaciones y su apoyo para la realización de este trabajo.

Al personal del Departamento de Tecnología de Alimentos de origen vegetal por las facilidades prestadas para concluir satisfactoriamente mi proyecto de tesis. En especial a Judith, Jorge, Pame, Mónica y Elsa, gracias por su apoyo para facilitar la adquisición de material y equipo.

Al MC. Humberto González por su invaluable ayuda en la realización del análisis estadístico.

Al IQ Francisco Vázquez por su incondicional ayuda para la realización de las evaluaciones bioquímicas y sus respectivos análisis.

Al personal de docencia Ana Isabel, Héctor y el Dr. Juan Pedro Camou y la Dra. Ana María Calderón. Al personal de biblioteca Gerardo, Luis y Magda, por su dedicación y ayuda para la búsqueda de toda la información requerida en este trabajo.

A mis compañeros de generación Amparo, Deysi, Edmundo, Francisco y Mildred, por su ayuda incondicional, así como a mis compañeras de laboratorio Dulce, Thelma y Fernando.

Y por último quiero agradecer a mis padres, los cuales nunca me han dejado de demostrar su cariño y apoyo incondicional.

Contenido		Página
Índice de Figuras		viii
Índice de Cuadros.....		xi
Resumen.....		xii
1. Introducción.....		1
2. Antecedentes y Justificación		3
2.1 Definición de Productos Precortados.....		3
2.2 Demanda actual de Productos Precortados		4
2.3 Características y Gustos del consumidor		7
2.4 Mercado actual del Mango Mexicano		7
2.5 Factores que afectan la vida útil de productos precortados.....		11
2.5.1 Madurez y Variedad		12
2.5.2. Cortado y Pelado		14
2.5.3. Temperatura y Humedad Relativa		14
2.5.4. Microbiología del producto		17
2.5.5. Oxidación		19
2.5.6. Cambios Bioquímicos debido al proceso		23
2.6. Métodos para reducir el deterioro		30
2.6.1. Cubiertas Comestibles		30
2.6.2. Alternativas químicas		33
2.6.3. Envasado en Atmósferas Modificadas		38
2.6.4. Desinfectantes y Programas de Inocuidad.....		41

2.6.5. Alternativas y métodos patentados	48
3. Hipótesis	51
4. Objetivos	51
5. Materiales y Métodos	52
5.1 Material Vegetal.....	52
5.2 Tratamientos.....	52
5.3 Evaluaciones Físico-Químicas.....	55
5.4 Evaluaciones Bioquímicas	56
5.5 Análisis Estadístico	59
6. Resultados y Discusión	60
6.1 Contenido de O ₂ y CO ₂	60
6.2 Color (L*, a* y b*).....	64
6.3 Firmeza.....	67
6.4 Sólidos Solubles Totales, % de Acidez Titulable y pH.....	73
6.5 Índice de Oscurecimiento y Deterioro	75
6.6 β- caroteno	84
6.7 Vitamina C (ácido ascórbico).....	86
6.8 Azúcares (Glucosa, Fructosa y Sacarosa)	91
6.9 Etanol y Acetaldehído.....	96
7. Conclusión	100
8. Bibliografía	102

Índice de Figuras	Página
1. Pirámide nutricional para la alimentación diaria, recomendada por organismos internacionales para obtener una dieta balanceada (INEGI, 2002).....	5
2. Ventas anuales de productos precortados (incluyendo ensaladas) en los Estados Unidos y su estimación para el año 2005 (IFPA, 2000).....	6
3. Principales estados productores de mango en México (porcentaje) (SAGARPA, 2002).....	9
4. Principales variedades de mango producidas en México (porcentaje) (SAGARPA, 2002).....	10
5. Contribución nutricional de frutas comparado con el porcentaje total de alimentos ingeridos (FAO, 2002).....	29
6. Proceso de elaboración del mango precortado para este trabajo.....	53
7. Diseño del experimento y tratamientos aplicados para la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt'	54
8. Cambios en el porcentaje de O ₂ dentro del envase de mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	61
9. Cambios en el porcentaje de CO ₂ en las charolas de mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.....	63
10. Espacio de color basado en los parámetros L*, a* y b* (CIE Lab).	65
11. Cambios en color para el valor L* de mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	66
12. Diferencias en color para el valor L* para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	69

13. Cambios en color para el valor a* para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.....	70
14. Cambios en color para el valor b* para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.....	71
15. Cambios en firmeza de mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	72
16. Distribución de las evaluaciones subjetivas deterioro y oscurecimiento, en base a porcentaje, respecto a cada tratamiento para mango precortado variedad 'Ataulfo', almacenado a 5°C	78
17. Distribución de las evaluaciones subjetivas deterioro y oscurecimiento, en base a porcentaje, respecto a cada tratamiento para mango precortado variedad 'Kent', almacenado a 5°C	79
18. Distribución de las evaluaciones subjetivas deterioro y oscurecimiento, en base a porcentaje, respecto a cada tratamiento para mango precortado variedad 'Keitt', almacenado a 5°C	80
19. Deterioro y oscurecimiento para el tratamiento Control (A), Antioxidantes (B), Gustec (C) y SemperFresh (D), en mango precortado de la variedad 'Ataulfo', almacenado 19 días a 5°C	81
20. Deterioro y oscurecimiento para el tratamiento Control (A), Antioxidantes (B) y Gustec (C), en mango precortado de la variedad 'Kent', almacenado 12 días a 5°C	82
21. Deterioro y oscurecimiento para el tratamiento Control (A), Antioxidantes (B) y Gustec (C), en mango precortado de la variedad 'Keitt', almacenado 12 días a 5°C	83
22. Cambios en el contenido de β -caroteno para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	85
23. Cambios en el contenido de ácido ascórbico para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	88

24. Cambios en el contenido de fructosa para mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	93
25. Cambios en el contenido de glucosa para mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	94
26. Cambios en el contenido de sacarosa para mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	95
27. Cambios en el contenido de etanol para mango precortado variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	98
28. Cambios en el contenido de acetaldehído para mango precortado variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C	99

Índice de Cuadros

Página

1. Volumen de producción y exportación de los principales países productores de mango a nivel mundial (FAOSTAT, 2002).....	8
2. Producción (ton) de las principales frutas producidas en México en el año 2001. (SAGARPA, 2001).....	9
3. Aporte nutricional de las principales frutas tropicales (INEGI, 2002)....	30
4. Medias de pH, Sólidos Solubles y % de Acidez Titulable (ácido cítrico) para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt'.....	74

Resumen

Se evaluó el uso de cubiertas comestibles a base de polisacáridos, además de una emulsión de antioxidantes y calcio, en la retención de la calidad nutricional de tres variedades de mango precortado. Se evaluaron los productos comerciales SemperFresh™ y Gustec™ a concentraciones del 1.0%, y una emulsión de 2.0% de ácido cítrico + 2.0% de ácido ascórbico + 1.0% de cloruro de calcio. Los tratamientos se aplicaron directamente por inmersión durante 3 min., y posteriormente el producto se almacenó a 5°C durante 12 y 21 días para las variedades 'Kent', 'Keitt' y 'Ataulfo', respectivamente. Las principales diferencias se observaron en las variables de firmeza y los valores de color L^* y a^* . El tratamiento de antioxidantes mantuvo el contenido de ácido ascórbico durante 21 días para la variedad 'Ataulfo', la cual mostró niveles muy superiores a las demás variedades, y durante 14 días para la variedad 'Kent' y 'Keitt'. El contenido de β -caroteno mostró un incremento para todas las variedades durante los primeros 3 días de almacenamiento, para después disminuir a su contenido inicial y permanecer estable durante su almacenamiento. La sacarosa mostró ser el azúcar de mayor contenido en las tres variedades, donde el control reportó el más alto nivel, durante el almacenamiento. El tratamiento de antioxidantes mostró ser la mejor alternativa para retener el contenido de ácido ascórbico, evitar la oxidación de mango precortado y retener la firmeza del producto, donde la variedad 'Ataulfo', resultó tolerar mejor el proceso de elaboración.

1. Introducción

La demanda de frutas y vegetales precortados ha crecido debido a los cambios de estilos de vida, el incremento en el poder adquisitivo y la tendencia del consumidor a adoptar hábitos alimenticios sanos (Baldwin et al., 1995). La calidad de productos precortados es una combinación de atributos, propiedades o características que determinan su valor ante el consumidor, como son apariencia, textura, sabor y valor nutricional (Kader, 2002).

Los productos precortados son más perecederos que en su forma intacta, debido a que han sufrido un estrés físico severo por los procesos de pelado, cortado y rebanado (Watada y col., 1996; Watada, 1997). Estos procesos incrementan significativamente la tasa respiratoria, producción de etileno, y provocan un daño celular llevando a la descompartimentización de enzimas y sustratos, dando lugar a la acumulación de metabolitos secundarios (Rolle y Chism, 1987). Por lo anterior, la vida útil proyectada para estos productos varía de 7 a 20 días cuando se manejan a la temperatura y humedad relativa adecuada (Watada y Qi, 1999).

Los consumidores demandan una mejor calidad y mayor vida de anaquel en los alimentos. Un método para extender la vida útil de productos frescos es el uso de cubiertas comestibles (Baldwin, 1994). En los últimos años, se ha producido un creciente interés en la investigación de cubiertas comestibles debido a que se puede reducir los desperdicios por el uso de envases, así como incrementar su reciclaje (McHugh y col., 1993).

El mayor beneficio de las cubiertas comestibles es que pueden ser ingeridas por el consumidor junto con el producto, incluir agentes antimicrobianos, proveer nutrientes adicionales y mejorar las características sensoriales (Guilbert et al., 1996).

Probablemente, el ácido ascórbico sea la alternativa más estudiada para sustituir el uso de sulfitos, para el control enzimático (Salunkhe et al., 1991). El

ácido ascórbico es un inhibidor altamente efectivo del oscurecimiento enzimático, debido principalmente a la habilidad para reducir quinonas a su compuesto fenólico antes de que puedan reaccionar con la enzima polifenol oxidasa (PPO) y formar pigmentos oscuros indeseables en frutas y verduras precortadas (Ahvenainen, 2000). El ácido ascórbico se usa comúnmente en combinación con el ácido cítrico, el cual tiende a mantener un pH más ácido. Además, actúa como agente quelante sobre enzimas que contienen cobre como la PPO (Wiley, 1994).

Uno de los tratamientos más estudiado para retener la firmeza de los productos precortados es el uso de cloruro de calcio (Toivonen y DeEll, 2002). El calcio juega un papel importante para mantener la estructura de la pared celular en frutas y verduras almacenadas, interactuando con los ácidos pectínicos de la pared celular para formar pectatos de calcio (Rolle y Chism, 1987). Este ha sido el compuesto más utilizado para mantener la textura de frutas y vegetales precortados debido a su efectividad durante el mercadeo (Salunkhe et al., 1991).

Los productos precortados no son tratados con calor, por lo que es necesario el uso de aditivos o envasado en atmósferas modificadas, para inhibir el oscurecimiento del mango. Además deben de manejarse y almacenarse a temperaturas menores de los 5°C, para lograr una vida útil suficiente para su comercialización (Ahvenainen, 1996).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue el evaluar el efecto de cubiertas comestibles a base de polisacáridos y una emulsión de antioxidantes a base de ácido ascórbico, ácido cítrico y cloruro de calcio, sobre las características físico-químicas y nutricionales, de 3 variedades de mango precortado almacenado a 5°C.

2. Antecedentes y Justificación

2.1 Definición de Productos Precortados

La Asociación Internacional de Productos Precortados (IFPA) define como producto precortado cualquier fruta o verdura fresca, o una combinación de las anteriores, que han sido modificadas físicamente de su forma original, pero que conservan su propiedad de fresca (Garret, 1999).

Estos productos tienen dos propósitos; a) mantener la frescura y conveniencia del producto, sin perder su calidad nutricional, y b) tener una vida útil suficiente para su comercialización y distribución en los mercados de consumo (Huxsoll y Bolin, 1989). Por lo general, la vida útil proyectada para productos precortados varía de 7 a 20 días, cuando se manejan a una temperatura y humedad relativa adecuada (Watada y Qi, 1999).

Otros términos usados para referirse a este tipo de productos son; mínimamente procesados, ligeramente procesados, IV Gama y parcialmente procesados (Cantwell y Suslow, 2002). Sin embargo, algunos autores engloban varias categorías de productos cuando se refieren a productos mínimamente procesados.

Shewfelt (1987), definió los productos mínimamente procesados como todos aquellos derivados de carnes y frutos frescos, que incluyen cualquier proceso que de un valor agregado por un tiempo reducido. Sin embargo, la FDA no considera productos frescos los productos tratados térmicamente, basado en el apartado 101.95 del Código Regulaciones Federales (CFR por sus siglas en inglés) No. 21 (FDA, 2001).

Algunas categorías de alimentos mínimamente procesados incluyen ensaladas de verduras, verduras individuales, frutas rebanadas/picadas, sándwiches envasados, lechuga o repollo picado o desmenuzado, varias formas de papas frescas peladas, muestras de vegetales frescos, pescado

fresco, carne o aves parcialmente preparadas o cocinadas, y jugo de naranja y leche. Una de las categorías de mayor crecimiento, son las frutas y verduras precortadas, como ensaladas de frutas y verduras, con un crecimiento estimado del 21% para los siguientes 5 años (Vasconcellos, 2002).

Existen algunas revisiones bibliográficas sobre frutas y verduras precortadas (O'Connor-Shaw, 1998; Watada, 1997; Watada y col., 1996; Watada y Qi, 1999). Sin embargo, la mayoría de estas se han enfocado en la calidad de mercadeo determinada objetiva y subjetivamente midiendo color, sabor y textura, dejando de lado los cambios nutricionales que ocurren, después de los procesos de pelado y cortado (McCarthy y Matthews, 1994).

2.2 Demanda actual de Productos Precortados

El uso de alimentos frescos o similares, particularmente en restaurantes donde se ofrece barras de ensaladas y frutas, se ha incrementado significativamente en respuesta a la concientización del consumidor por su salud, y por consiguiente en la búsqueda de una dieta balanceada, de acuerdo a la pirámide nutricional (**Fig. 1**) (Vasconcellos, 2002). El consumo per cápita anual de frutas y verduras frescas en los Estados Unidos se incrementó en un 32% de 91.6 Kg. en 1982 a 121.1 Kg. A 1997 (FDA, 2001).

El aumento en la demanda de frutas y verduras precortadas, se ha debido principalmente a los cambios en los estilos de vida, el incremento en el poder adquisitivo y la tendencia en hábitos alimenticios sanos en los consumidores (Baldwin y col., 1995b), así como a las mejoras en tecnologías y calidad en materia prima (Garret, 1999). Las ventas de productos precortados en los Estados Unidos, representa actualmente del 8 al 10% de las ventas de frutas y vegetales frescos comercializados a través de la cadena alimentaria y canales al menudeo (Cantwell y Suslow, 2002). Se espera crezca de 11 billones de dólares en ventas en el año 2000, a 15 billones para el año 2005 (**Fig. 2**).

Aunque los productos precortados han estado disponibles durante muchos años, las diferentes presentaciones y cantidades se han incrementado considerablemente en la década pasada (Watada y col., 1996). En la actualidad se venden más de veinte tipos diferentes de precortados de frutas y verduras (Garret, 1999).

Se puede percibir, que en los próximos años, la industria de frutas precortadas tendrá un crecimiento sin precedente. Por esta razón, muchas de las compañías líderes en ensaladas precortadas o listas para comer, se han enfocado en el desarrollo de productos de frutas precortadas como parte de sus planes de producción a largo plazo. Sin embargo, es posible que se encuentren con numerosos retos que no se presentan comúnmente durante el procesamiento de verduras, ya que las frutas precortadas requieren un nivel más novedoso y más alto de sofisticación técnica y operativa (Beaulieu y Gorny, 2002).

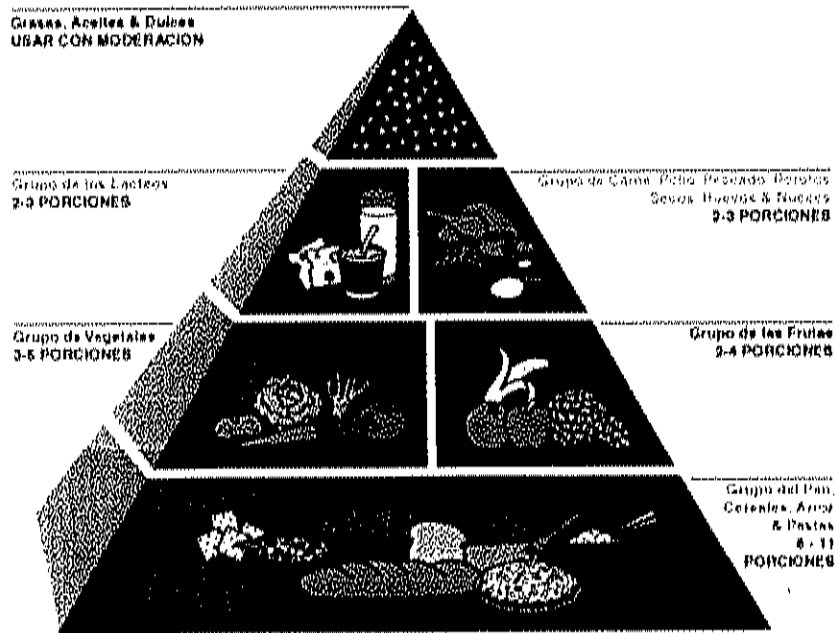


Figura 1. Pirámido nutricional para la alimentación diaria, recomendada por organismos internacionales para obtener una dieta balanceada (INEGI, 2002).

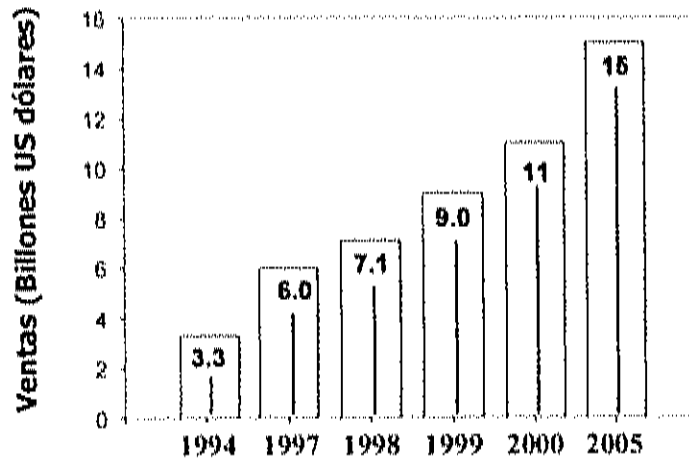


Figura 2. Ventas anuales de productos precortados (incluyendo ensaladas) en los Estados Unidos y su estimación para el año 2005 (IFPA, 2000).

Aunque las frutas precortadas son más problemáticas que las verduras, por su alto carácter perecedero, éstas están ganando un mayor mercado. Algunas de las frutas precortadas que están teniendo mayor demanda son el mango, el melón, la piña, la pera y la manzana (Perera y Baldwin, 2000).

Francia y el Reino Unido son los líderes en el mercado de ventas de productos precortados en Europa, donde aproximadamente el 90% de las ventas totales, son marcas propias. En Estados Unidos, la mayoría de los productos precortados son preparados en plantas nacionales o regionales, las cuales se localizan comúnmente cerca del área de producción, por lo que se utiliza materia prima de la mejor calidad. De esta forma, se reducen considerablemente los costos, ya que solo se transporta la porción comestible, la cual puede llegar a ser en ocasiones el 50% del producto completo. Sin embargo, la vida útil del producto precortado debe ser de por lo menos 12 días para permitir su comercialización (Watada y col., 1996).

2.3 Características y Gustos del consumidor

Los consumidores demandan productos alimenticios de alta calidad. Para frutas y verduras, esta calidad esta determinada por las características de frescura en función de algunos parámetros como sabor, textura y apariencia externa (Huxsoll y col., 1989).

La demanda de los productos precortados, ha crecido al incremento en la demanda de la industria de alimentos preparados e institucionales, debido al ahorro de mano de obra en la preparación y manejo de desperdicios. Además de que se pueden realizar presentaciones con los tamaños y formas específicos para un mismo fruto (Watada y col., 1996).

Generalmente, existe más control en el producto para mercados institucionales o restaurantes, ya que en mercado al detallista y menudeo se tiene menor control en la temperatura y puede existir un abuso en el manejo del producto. Para fruta fresca precortada destinada al mercado de manufactura, como la elaboración de pizzas, el sabor y textura puede ser más importante que la apariencia (Huxsoll y col., 1989).

En vista del incremento en el consumo de frutas y verduras precortadas, es necesario proveerle al consumidor la información necesaria respecto a la temperatura de manejo y almacenamiento del producto. Ya que estos productos son relativamente nuevos, es también importante proveer al consumidor con información acerca de este nuevo método de procesado y el tiempo estimado de vida útil del producto, una vez que el envase sea abierto (Vasconcellos, 2002).

2.4 Mercado actual del Mango Mexicano

El mango (*Mangifera indica* L.) es considerado una de las frutas de mayor aceptación en el mundo, debido a su atractivo color, delicioso sabor y excelentes propiedades nutricionales (Mittra, 1997).

Antecedentes y Justificación

México es el tercer productor de mango a nivel mundial, con una producción anual de 1, 644,160 toneladas métricas, detrás de la India y China, y seguido por Tailandia y Pakistán. Pero es el principal exportador a nivel mundial con un volumen de 194,540 toneladas métricas, seguido por Brasil (Cuadro 1) (FAOSTAT, 2002).

Cuadro 1. Volumen de producción y exportación de los principales países productores de mango a nivel mundial (FAOSTAT, 2002).

País	Producción Total (ton)	Exportación Total (ton)	%
Brasil	542 000	94,291	17.4
China	3 262 875	3,222	0.01
Ecuador	88,924	33,958	38.2
Egipto	326 063	993	0.3
Filipinas	886 000	38,523	4.3
Haití	250 000	5,900	2.4
India	11 500 000	46,232	0.4
Indonesia	950 000	425	0.04
México	1 644 160	194,540	11.8
Pakistán	1 036 602	52,465	5.1
Perú	116 488	26,543	22.8
Sudáfrica	48 803	13,947	28.6
Tailandia	1 633 479	10,829	0.7
Venezuela	132 000	1,905	1.4

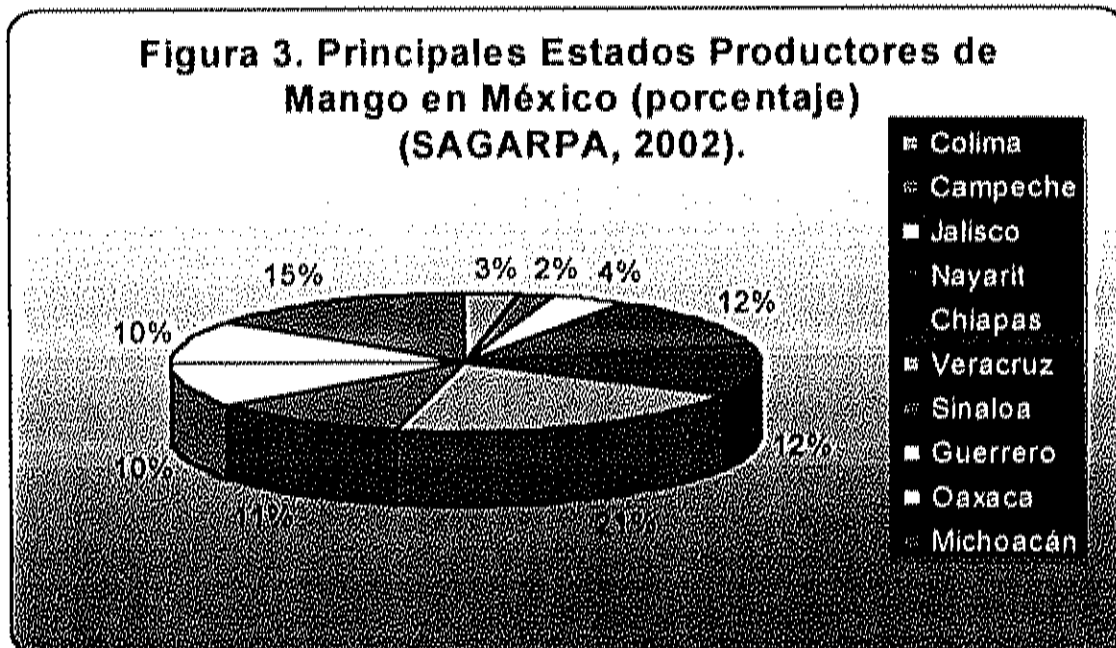
En México, el mango es la tercera fruta de mayor producción, precedido por la naranja y el plátano (Cuadro 2), siendo Veracruz, Sinaloa, Chiapas, Michoacán y Nayarit, los principales estados productores (Fig. 3). Las principales variedades de mango producidas en México y de importancia económica son 'Manila', 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Haden' y 'Kent' (Fig. 4).

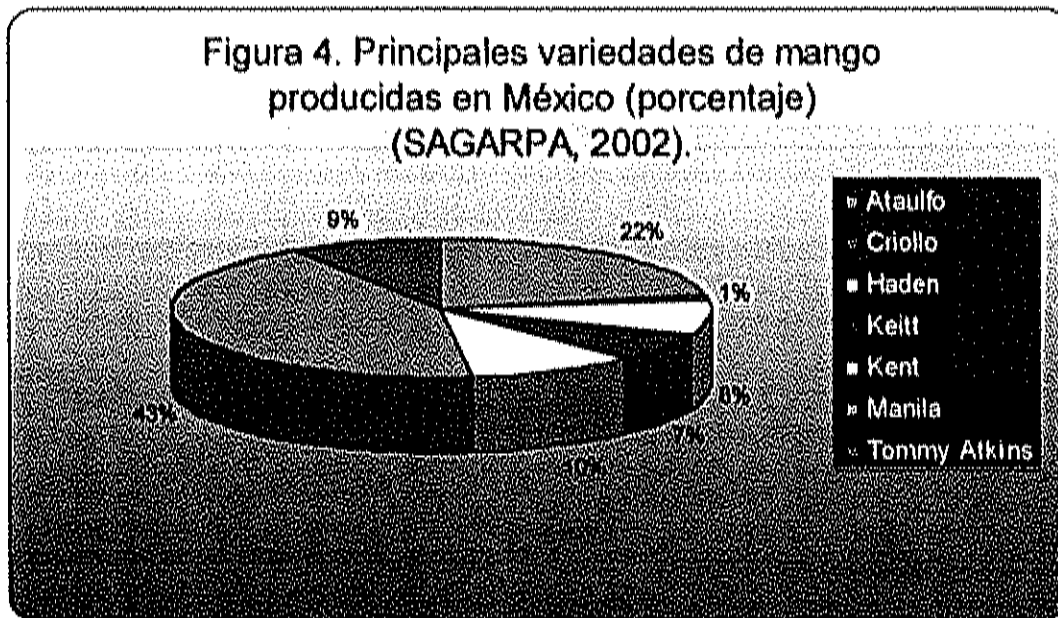
Cuadro 2. Producción (ton) de las principales frutas producidas en México en el año 2001. (SAGARPA, 2001).

Fruta	2001
Naranja	3,885,961
Plátano	1,976,664
Mango	1,644,160
Limón	1,547,403
Aguacate	941,408
Piña	626,098
Papaya	612,910
Manzana	457,889
Uva	419,214
Guayaba	261,076

Estados Unidos es el principal mercado del mango mexicano. Sin embargo, durante el verano, cuando se alcanza la mayor producción, los precios de comercialización de esta fruta alcanzan sus niveles más bajos, debido a la gran oferta. Por lo que, la búsqueda de nuevas alternativas para comercializar este fruto son imperantes.

Figura 3. Principales Estados Productores de Mango en México (porcentaje) (SAGARPA, 2002).





El carácter altamente perecedero de esta fruta, limita significativamente su comercialización. En algunas variedades, la maduración no puede retrasarse lo suficiente, para permitir su transportación a mercados distantes como Europa y Japón. La fruta es además altamente susceptible a una variedad diferentes enfermedades, temperaturas extremas y daños físicos (Lizada, 1993).

El fruto del mango es de origen tropical y por lo tanto sensible al frío. Un almacenamiento prolongado es difícil, ya que la exposición del producto a temperaturas suficientemente bajas para retrasar la maduración pueden dañar estos frutos, causando manchas en la superficie (Mitra, 1997).

El mayor productor de mango en el mundo, la India, exporta mango en grandes cantidades en forma procesada como jugos, puré, rebanadas o curtidos. En contraste, México exporta principalmente en forma fresca (Lizada, 1993).

Aunque no existe una clasificación para productos precortados en Estados Unidos, además de aquellas para productos enteros, si existe una guía de inspección y calidad para facilitar el comercio de estos productos (Cantwell y Suslow, 2002).

2.5 Factores que afectan la vida útil de productos precortados

Mientras que la mayoría de las técnicas de procesado de alimentos estabilizan los productos y alargan su vida útil, el proceso de pelado y cortado en frutas y verduras aumenta su perecibilidad, incrementando la tasa de los procesos metabólicos que causan deterioro en los productos frescos (Vasconcellos, 2002). Los productos precortados son más perecederos que en su forma intacta, debido a que han sufrido un severo estrés físico, producido por el pelado, cortado, rebanado o desmenuzado (Singh y Mannapperuma, 2000; Watada y col., 1996; Watada, 1997). Además el tejido es expuesto al aire y la posible contaminación de microorganismos, el cual se favorece por el manejo excesivo durante el pelado y cortado (Brackett, 1987).

La calidad final de estos productos depende de la calidad inicial de las frutas y vegetales utilizados. Una pobre calidad en la materia prima producirá productos precortados de baja calidad. La materia prima necesita ser de excelente calidad para asegurar un producto precortado de excelente calidad (Watada y col., 1996). Las operaciones en el proceso de productos precortados no deben ser vistas como una alternativa para utilizar materia prima de calidad inferior, sobremadura o defectuosa, la cual no puede ser comercializada en su forma intacta. Para asegurar una calidad adecuada al consumidor, debe usarse solo materia prima de buena calidad y variedades que sean resistentes y más convenientes para la preparación de productos cortados (Kader y Mitcham, 2001).

La calidad de productos precortados depende de varios factores que incluyen las condiciones del cultivo y prácticas culturales, variedad y madurez al momento de la cosecha, métodos de cosecha, manejo durante su transporte, estándares de inspección, así como duración y condiciones de almacenamiento (Shewfelt, 1987). Factores adicionales que afectan la calidad de los productos precortados son: el método de preparación, filo de las cuchillas empleadas,

tamaño y área de la superficie de los pedazos cortados y un escurrido adecuado (Kader, 2002).

2.5.1 Madurez y Variedad

El estado de madurez del producto en la cosecha es un factor crítico en la calidad final del producto (Shewfelt, 1987). La edad del tejido afecta la vida útil del producto final, por lo que los productos precortados, deben ser elaborados con los tejidos más jóvenes y menos dañados, para extender la vida útil el mayor tiempo posible (Watada, 1997).

Las frutas saben mejor cuando son cosechadas en su madurez fisiológica o cercana a ese estado. Sin embargo, cuando la firmeza se reduce a tal nivel no pueden ser utilizadas como materia prima para productos precortados, por lo que se busca un balance óptimo entre sabor y textura (Kader y Mitcham, 2001). Cualquier fruta recolectada demasiado pronto o demasiado tarde en su temporada de producción, es mas susceptible a distintos desórdenes fisiológicos y tiene una vida útil mas corta que la fruta recolectada en su madurez adecuada (Kader, 2002).

Los frutos pueden ser divididos en dos grupos: aquellos que no son capaces de continuar su proceso de maduración una vez cosechados (no climatéricos) y aquellos que pueden ser cosechados en su madurez fisiológica y continuar su maduración después de cosecharse (climatéricos), como el caso del fruto del mango (Kader, 2002). La madurez del producto, especialmente en frutos climatéricos, debe ser considerada para entender el efecto del cortado en la producción de etileno, que por lo general se localiza en los tejidos cercanos del tejido herido o cortado (Toivonen y DeEil, 2002). Además, los frutos enteros climatéricos, producen cantidades mucho más grandes de etileno en su maduración, y exposiciones del producto a etileno exógeno puede dar como resultado en una maduración más rápida y uniforme (Kader, 2002).

Antecedentes y Justificación

Una fuente principal de variación en la calidad de productos precortados es la variedad de la materia prima. La selección adecuada de alguna variedad se ve influida por factores como época de producción, potencial intrínseco de calidad y la habilidad para soportar los rigores del embarque (Shewfelt, 1987). Se ha demostrado que entre variedades de frutas y verduras pueden existir grandes diferencias en su tendencia al oscurecimiento, debido a la variación en la actividad de la PPO y el contenido de sustrato (Sapers, 1993).

Los resultados demuestran que no todas las variedades de un fruto en particular pueden ser usadas para elaborar productos precortados. Más aún, algunos trabajos demuestran que las condiciones climáticas, del suelo, prácticas agrícolas, incluyendo el uso de fertilizantes y condiciones de cosecha, pueden afectar significativamente el comportamiento de los productos precortados (Ahvenainen, 1996). Además, se ha encontrado que el exceso de abastecimiento de agua, nitrógeno y bajos niveles de calcio se relacionan a una vida pobre de poscosecha de frutas y vegetales frescos (Kader y Mitcham, 2001).

Las nuevas variedades que se desarrollen con el fin de ser procesadas, deben tener características similares de cosecha, una resistencia a plagas aceptable y no tener requerimientos de poscosecha únicos o diferentes a sus similares. Las frutas y verduras destinados a procesarse, deben ser más durables para soportar el daño causado en las células por los procesos de pelado y cortado (Roming, 1995).

En la actualidad se destinan pocos recursos para el desarrollo de variedades de frutas y verduras para su posterior proceso. El minimizar la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO), puede reducir los procesos de oxidación y mantener la apariencia de frutas y verduras precortadas (Roming, 1995). También el reducir la actividad de las enzimas que degradan la pared celular, podría mantener la textura y firmeza, reducir la exudación de líquidos celulares, limitando la disponibilidad de sustratos para un rápido crecimiento microbiano y

mejorar el sabor (más azúcares, menor acidez, aromas más intensos) (Kader y Mitcham, 2001).

2.5.2. Cortado y Pelado

Procesos como el cortado, rebanado, picado y desmenuzado provocan la ruptura física de las células, causando un incremento en los procesos de respiración, que conllevan al deterioro físico, debido al favorecimiento de reacciones oxidativas y químicas adversas (Salunkhe y col., 1991).

Esto se debe probablemente al incremento del área de la superficie expuesta a la atmósfera después de cortada que permite al oxígeno difundirse hacia el interior de las células mucho más rápido, además del incremento en la actividad metabólica de las células dañadas (Zagory, 2001). Además, un tejido cortado tiene bajas barreras a la difusión de gases, por lo que puede tolerar mayores concentraciones de CO₂ y menores de O₂ que en su forma entera (Yildiz, 1994).

El método ideal de pelado es a mano, usando un cuchillo bien afilado, ya que está demostrado que el cortado con un cuchillo sin filo desequilibra la calidad del producto, debido a la ruptura de células y la pérdida de fluidos en grandes cantidades (Ahvenainen, 1996).

Entre más grande es el daño (como un cortado en pedazos más pequeños), mayor es la superficie de contacto, y por lo tanto, más corta la vida útil del producto (Kader y Mitcham, 2001). Se ha reportado que para melón cantaloupe cortado en trozos muy pequeños (0.2 mm.), existe un gran incremento en la producción de etileno. Mientras que en trozos grandes (1x2 cm.) no se observaron diferencias en su fisiología comparados con los frutos enteros (Cantwell y Suslow, 2002).

2.5.3. Temperatura y Humedad Relativa

La temperatura es el factor más importante en la retención de la calidad de productos precortados, ya que la tasa de respiración del producto se incrementa

conforme se incrementa la temperatura. Conforme la tasa de respiración se incrementa, las reservas energéticas se agotan mucho más rápido, lo cual trae como consecuencia una reducción en sus nutrientes y una menor vida útil del producto (Watada, 1997).

Cuando las distancias de transportación o el tiempo de almacenamiento son cortos y el producto se consume dentro de pocos días, el almacenamiento y manejo refrigerado puede ofrecer la suficiente vida útil para los productos precortados, sin la necesidad de la aplicación de tratamientos de preservación adicionales (Huxsoll y col., 1989).

Las temperaturas cercanas a los 0°C pueden causar daño por frío en productos sensibles, sin embargo es preferible que el producto sufra un ligero daño por frío, que un alto deterioro por el uso de altas temperaturas (Watada, 1997). En general, los productos precortados son menos sensibles al daño por frío, como lo son en su forma intacta, antes del procesado. Algunos ejemplos son la piña, melón, sandía, nectarinas y mango (Beaulieu y Gorny, 2002).

La transpiración es el proceso de movimiento de agua de las células vegetales a la atmósfera circundante, siguiendo un gradiente de alta (espacio intercelular) a baja concentración (el aire circundante al producto) (Baldwin, 1994). Los productos precortados son altamente susceptibles a la pérdida de peso, ya que los tejidos internos son expuestos al medio ambiente. Sin embargo, la humedad relativa típicamente no es un problema, ya que estos son envasados en bolsas de plástico o charolas envueltas con una película plástica (Watada, 1997).

La exposición del producto a humedades relativas por debajo del 85-90%, pueden provocar la pérdida excesiva de agua en el producto, lo que puede resultar en una deshidratación y marchitamiento de los tejidos. Por otro lado, altas humedades relativas cercanas al 100% dentro del envase, pueden favorecer la condensación de vapor de agua en la superficie interna de la

película dando un mal aspecto del producto. Además de crear un medio ideal para el desarrollo de distintos microorganismos (Schlimme y Rooney, 1994).

El mayor problema asociado con los productos precortados es la posibilidad del abuso de temperaturas durante el intervalo de su distribución, transportación, almacenamiento y venta antes de ser usado por el consumidor final (Wiley, 1994). Es por ello, que el uso de un envase ideal debería contener algún indicador del historial de temperatura del producto (Vasconcellos, 2002).

Si los envases en atmósferas modificadas son sujetos a temperaturas extremas, puede dar como resultado una drástica disminución en los niveles de O_2 y favorecer los procesos de respiración anaerobia del producto. Esto puede favorecer el crecimiento y producción de toxinas dañinas para el hombre como *C. botulinum* (Francis y col., 1999).

Por otro lado, algunos productos frescos que son sujetos a cambios de temperatura, exageran el problema, favoreciendo la condensación en la superficie del producto, permitiendo que cualquier microbio presente se desarrolle más fácilmente y deteriore el producto precortado (Brackett, 1987; Guilbert y col., 1996). Para minimizar la cantidad de humedad condensada dentro del envase, es necesario tener un control estricto de la temperatura con el fin de evitar las fluctuaciones durante el almacenamiento y distribución del producto (Schlimme y Rooney, 1994).

Los microorganismos capaces de crecer a temperaturas de refrigeración son llamados psicotróficos, los cuales pueden crecer a temperaturas tan bajas como temperaturas cercanas a congelación, creciendo con mayor facilidad que a temperatura ambiente (20-30°C) (Brackett, 1994). El almacenamiento a bajas temperaturas, cercanas a los 5°C, puede propiciar las condiciones para el crecimiento de microorganismos psicotróficos, como son *Clostridium botulinum* tipo E, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes* (Wong y col., 1994).

El rango de temperatura óptima de almacenamiento para mango precortado es de 2-5°C, ya que almacenamiento a 0°C por más de 10 días puede causar

daño por frío, indicado por una mayor producción de etileno y oxidación de la superficie del tejido vegetal (Chantanawarangoon, 2000).

2.5.4. Microbiología del producto

Durante los últimos años se ha incrementado el consumo de frutas frescas y procesadas. Cuando no se tiene cuidado en el manejo puede dar como resultado, casos de enfermedades causadas por microorganismos presentes en las frutas (Díaz-Sobac, 1999).

El mejor método para eliminar patógenos de cualquier producto fresco es el evitar al máximo la contaminación del producto (FDA, 2001). La proliferación microbiana en productos precortados es un problema potencial, el cual está recibiendo mucha atención debido a los brotes microbiológicos observados en algunos productos como consecuencia de malas prácticas de manejo del producto vegetal (Singh y Mannapperuma, 2000).

Los productos precortados no son estériles, contienen generalmente una carga inicial de bacterias y hongos, los cuales no pueden ser removidos o eliminados por completo. El reto es asegurar que estos microorganismos no presenten riesgos a la salud humana, y que en caso de que microorganismos dañinos estén presentes, las condiciones ambientales prevengan y/o retrasen su crecimiento. La vida útil, no es un tema crítico de sanidad en la industria de productos precortados, si no que es más importante la inocuidad del producto. Para asegurar la aceptabilidad del producto, la inocuidad es el reto más grande para la industria de frutas y verduras precortadas (Hurst, 1995). Sin embargo, existe poca información disponible sobre la microflora que se desarrolla en frutas precortadas (Nguyen-the y Carlin, 1994).

La contaminación por patógenos y su multiplicación durante el almacenamiento pueden ser de cuidado, particularmente debido a que la mayoría de los productos precortados se consumen sin ningún tratamiento térmico (Nguyen-the y Carlin, 1994).

Durante el pelado y cortado, la superficie del producto se expone al aire y a la posible contaminación con bacterias, hongos y levaduras. El proceso de precortado remueve la barrera de la epidermis y expone las células a la infección microbiana y contaminación por químicos presentes en el agua para desinfectar. Por lo que es importante, que las soluciones desinfectantes y la línea de proceso por donde avanza el producto, se mantenga lo más limpia posible (Salveit, 1997). El saneado después del pelado o cortado remueve microorganismos y fluidos del tejido, por lo que reduce el crecimiento microbiano y la oxidación enzimática, durante el almacenamiento en frío (Ahvenainen, 1996).

Dependiendo del tipo de producto que se está procesando, es el tipo de microorganismos que se desarrollará. Las frutas y verduras difieren en sus características físicas y químicas, causando diferencias en la microflora bacteriana presente, normalmente asociada con algún producto específico (Brackett, 1994). Generalmente, los vegetales frescos tienen un alto contenido de agua y nutrientes, a un pH neutro. Por el contrario las frutas, tienen un alto contenido de azúcar a un pH más ácido (4.6 o menor). Este pH bajo y la naturaleza de los ácidos orgánicos involucrados, usualmente, inhiben el crecimiento de bacterias. Por esta razón los hongos son los microorganismos predominante en frutas (Brackett, 1994), los cuales generalmente no son dañinos para la salud humana (Gorny, 2001a).

Por ejemplo, los hongos usualmente tienen una ventaja competitiva en frutas debido a que estas son más ácidas. Por el contrario, el pH neutro de la mayoría de las verduras permite a las bacterias ser un competidor más exitoso en este medio (Brackett, 1987).

En productos precortados, se deben de tomar en cuenta dos factores para explicar el efecto de la temperatura con respecto a su acción directa en la tasa de crecimiento microbiana. Primero, la temperatura de almacenamiento determina la tasa del producto, y por lo tanto, los cambios en la atmósfera

dentro del envase, el cual puede influenciar el comportamiento de los microorganismos. Segundo, la temperatura puede influenciar también, los procesos que conllevan a la senescencia del producto, modificando el ambiente para los microorganismos (Nguyen-the y Carlin, 1994).

La temperatura de almacenamiento, es probablemente el factor más importante que afecta el crecimiento de microorganismos en productos precortados (Francis y col., 1999), seguido de la composición del producto precortado (Salunkhe y col., 1991).

Los productos precortados cuando no son manejados adecuadamente pueden crearse condiciones para el desarrollo de algunos patógenos. Por lo tanto, en estos casos pueden ser considerados productos de alto riesgo para la salud humana, en especial los vegetales. Esto debido a que son productos con un pH mayor de 4.6, tienen una actividad de agua mayor de 0.85 y además no reciben un proceso térmico para inactivar los posibles patógenos presentes en el producto (Wiley, 1994).

El uso adecuado del envasado en atmósferas modificadas, puede incrementar la vida útil del producto, incrementando el tiempo disponible de crecimiento de los patógenos. Sin embargo, en algunos casos es contraproducente el extender demasiado la vida útil del producto, ya que se puede favorecer el desarrollo de poblaciones microbianas (Francis y col., 1999). Es por ello, que se debe llevar un estricto control de la temperatura utilizada, con el fin de calcular una vida útil conservadora, y limitar la oportunidad de crecimiento de microorganismos patógenos (Francis y col., 1999).

2.5.5. Oxidación

Las reacciones de oxidación durante el procesado y el almacenamiento de alimentos, son responsables de grandes pérdidas económicas en la industria de los alimentos (Lambrecht, 1995). La oxidación es el resultado de reacciones enzimáticas y no enzimáticas, donde comúnmente los compuestos fenólicos y

azúcares, juegan un papel muy importante como sustratos (Martinez y Whitaker, 1995).

Las principales causas de oscurecimiento son: primero, en algunos casos, la evolución fisiológica relacionada a la maduración; segundo, algunos desórdenes que pueden ocurrir durante el almacenamiento en frío y; tercero, varios procesos tecnológicos que envuelven un daño por cortadura o impacto del producto (Marques y col., 1995).

Los productos iniciales de la oxidación son quinonas, las cuales se condensan rápidamente para producir polímeros de coloración oscura, relativamente insolubles (melaninas). Algunas causas no enzimáticas de oscurecimiento en alimentos procesados, incluyen la reacción de Maillard, reacciones de auto oxidación involucrando compuestos fenólicos y la formación de complejos fenol-hierro (Martinez y Whitaker, 1995).

Estos autores sugieren que tener un control sobre la actividad de la enzima PAL y por lo tanto, reducir o inhibir la biosíntesis de compuestos fenólicos en el lugar del daño de frutas y verduras. Esto es muy importante para controlar el oscurecimiento enzimático causado por algunos tratamientos poscosecha.

La oxidación enzimática requiere cuatro componentes para llevarse a cabo: oxígeno, una enzima, cobre y un sustrato. La enzima más importante en vegetales y frutas precortadas es la polifenol oxidasa (PPO) (Laurila y col., 1998).

El rango de pH óptimo para la PPO es entre 4 y 7. El ajustar el pH con ácidos a 4 o menor puede ser usado para controlar el oscurecimiento hasta un punto donde la acidez pueda ser tolerada sin cambiar en el sabor natural. La enzima es relativamente lábil al calor y su actividad es completamente destruida a 80°C (Whitaker, 1995).

La PPO no pertenece a las enzimas extremadamente estables al calor. Cortos periodos de exposición, a temperaturas de 70 a 90°C, son en la mayoría de los casos, suficiente para una destrucción parcial o total irreversible de su

función catalítica. La termo-tolerancia de la PPO depende de la especificidad del sustrato, pH, así como la fuente de la enzima. De igual forma exposiciones a temperaturas por debajo de cero pueden afectar su actividad (Vámos-Vigyázó, 1981).

La inactivación de la PPO se puede llevar a cabo con el uso de temperaturas mayores a los 50°C. Sin embargo, estas temperaturas pueden producir colores y/o sabores indeseables así como cambios en la textura del tejido vegetal (Martinez y Whitaker, 1995).

En teoría, la oxidación de frutas y verduras catalizada por la PPO puede ser prevenida por la inactivación de la enzima mediante calor, exclusión o remoción de unos o ambos de los sustratos (O_2 o fenoles), disminución del pH a 2 o más unidades por debajo de su pH óptimo. De la misma forma, por una reacción de inactivación de la enzima añadiendo compuestos que inhiban la PPO o prevengan la formación de melanina (Whitaker y Lee, 1995).

La PPO es un término genérico para el grupo de enzimas que catalizan la oxidación de compuestos fenólicos, lo cual produce un color oscuro en las superficies de frutas y verduras cortadas (Whitaker y Lee, 1995). La PPO es llamada frecuentemente tirosinasa, polifenolasa, fenolasa, catecol oxidasa, cresolasa o catecolasa. El nombre de tirosonasa viene de tirosina siendo ésta usada primeramente como sustrato (Whitaker, 1994).

La oxidación enzimáticamente catalizada ocurre en tejidos vegetales no tratados térmicamente. Esta debe ser distinguida del oscurecimiento no enzimático resultante de la reacción de Maillard, que ocurre cuando una mezcla de amino ácidos y carbohidratos son expuestos a altas temperaturas (Walker, 1995).

La descompartimentalización de la membrana celular favorece el contacto de enzimas y sustrato, dando como resultado un aumento en los procesos de oxidación (Marques y col., 1995).

Se han realizado una gran variedad de estudios sobre la enzima PPO en frutos con una madurez comercial, debido al potencial económico de estos productos. Sin embargo, se ha observado que la actividad de la PPO, comúnmente se encuentra en su actividad más baja durante esta etapa fisiológica. La oxidación de frutas ocurre frecuentemente durante su almacenamiento. El cortado o tallado, causado por el mal manejo durante la cosecha y almacenamiento, congelado, almacenado en frío y descongelado, pueden provocar un marcado deterioro en el color y afectar la textura de la fruta (Marques y col., 1995).

Aproximadamente la mitad de la producción de algunas frutas son desechadas debido a la oxidación del tejido vegetal, que limita la vida útil del producto. Los procesos de cortado y otros daños mecánicos, favorecen la penetración del O₂ que conlleva a la oxidación rápida en muchos tejidos vegetales cortados, debido a la formación de melanina (Whitaker, 1995).

La enzima PPO esta probablemente presente en todas las plantas, pero se encuentra particularmente en altas concentraciones en champiñones, tubérculos de papa, duraznos, manzanas, plátanos, aguacates, granos de café y hojas de té y tabaco (Whitaker, 1994).

La oxidación del tejido vegetal causada por la PPO, puede ser prevenida por la exclusión del oxígeno molecular (limitación del sustrato), mediante el desdoblamiento de fenoles con o-metilasa, la adición de agentes reductores (ascorbato, bisulfitos, tioles) los cuales previenen la acumulación y polimerización de o-benzoquinona, mediante agentes complejos metálicos como el fluoruro, el cual inactiva la enzima reaccionando con el cobre esencial. De la misma forma, mediante tratamiento con calor, disminuyendo el pH por debajo de 4.5, donde la mayoría de las PPO tienen poca actividad o por el uso de competidores específicos (benzoato de sodio, 4-Hexilresorcinol, entre otros) (Whitaker, 1994).

2.5.6. Cambios Bioquímicos debido al proceso

La fuente de agua, minerales y sustento, son removidas de la planta, una vez cosechadas las frutas. Los tejidos continúan sus procesos metabólicos, usando azúcares y ácidos orgánicos disponibles y almacenados, agotando las reservas energéticas del fruto. Estos cambios fisiológicos pueden estar acompañados por la pérdida de sabor, color, vitaminas, firmeza y un incremento en el deterioro, resultando en una vida útil más corta (Beaulieu y Gorny, 2002).

Un mayor entendimiento de los cambios físicos y químicos que toman lugar durante el procesamiento de frutas y vegetales precortados, ayudarán a mejorar su almacenamiento y manejo. De la misma forma, se reducirán las pérdidas de calidad y por consecuencia se prolongará la vida útil del producto (Salveit, 1997).

El control de las respuestas a los daños ocasionados por el proceso de pelado y cortado provocado en el tejido es la clave para proveer un producto precortado de alta calidad (Cantwell y Suslow, 2002). En general, las células dañadas presentan una menor resistencia al oscurecimiento oxidativo y a la entrada de bacterias, comparadas con tejidos intactos (Wiley, 1994).

El principio fundamental que caracteriza a los productos precortados es que son tejidos vivos, y como consecuencia, muestran una respuesta física al procesado, así como al manejo posterior y por último a la atmósfera a la que es expuesto el producto una vez que es envasado y almacenado (Toivonen y DeEll, 2002).

El proceso de ablandamiento del fruto del mango se favorece significativamente después de los procesos de pelado y cortado. La pérdida de la firmeza en la fruta incrementa la susceptibilidad a golpes y al ataque de patógenos, que ocurre durante el transporte y almacenamiento (Mitcham y McDonald, 1992).

La maduración de la fruta del mango se caracteriza por un ablandamiento rápido de la pulpa. Este ablandamiento es acompañado por una solubilización

de pectinas involucradas en la acción de las enzimas pectinesterasa (PE) y poligalacturonasa (PG) (Abu-Sarra y Abu-Goukh, 1992).

Se ha identificado que el ablandamiento se produce debido a la hidrólisis de varios componentes de la pared celular, siendo las pectinas una de las de mayor importancia (Gómez-Lim, 1993). La enzima responsable de la solubilización de pectinas es la PG. En general, existe una correlación entre el incremento en la actividad de la PG y el incremento en pectinas solubles y el ablandamiento que acompaña la maduración en varios frutos. Pectina estererasas, son un grupo de enzimas que catalizan la desesterificación de galactosil uronato metil ester de pectina a su grupo carboxil libre, las cuales pueden ser factores importantes durante la maduración de la fruta. La actividad de pectina esterasa ha sido detectada en varios tejidos vegetales y a diferencia de la PG, siempre esta presente en grandes cantidades en frutos inmaduros (Gómez-Lim, 1993).

El encontrar un balance adecuado entre el sabor y la firmeza es una consideración importante, para una vida de anaquel adecuada de los productos precortados (Cantwell y Suslow, 2002). Tal parece que la acumulación de sacarosa durante la maduración de mango, es determinada por un balance entre la síntesis y la degradación (Gómez-Lim, 1993).

Al parecer en los sitios dañados se genera una señal que es enviada a los tejidos adyacentes. Las células que se encuentran alrededor del tejido dañado, responden rápidamente con gran intensidad al daño provocado (Salveit, 1997).

Los daños mecánicos pueden inducir varias rutas metabólicas y provocar cambios en el metabolismo. Estos cambios, pueden provocar un aumento en la tasa respiratoria en el sitio del daño, producción de etileno, acumulación de metabolitos secundarios y daños celulares debido a la descompartimentalización de enzimas y sustratos (Rolle y Chism, 1987).

2.5.6.1. Calidad Visual

La calidad de productos precortados es una combinación de atributos, propiedades o características que determinan su valor ante el consumidor. Estos parámetros de calidad incluyen color, textura, sabor y valor nutricional (Kader, 2002).

El color del producto es uno de los principales parámetros que tiene gran ingerencia en la decisión de compra del consumidor, especialmente si el producto esta envasado y no puede tocarse u olerse (Abbott, 2000).

Las frutas y vegetales típicamente se dañan cuando son procesados para la preparación de productos precortados, lo cual resulta en algún defecto en el producto final, siendo el más común, la decoloración de la superficie del tejido (Watada, 1997). Estos productos son vulnerables al oscurecimiento, debido al daño causado a las células y los tejidos y a la falta de una cubierta de protección (Watada y Qi, 1999).

El deterioro puede ocurrir en muchas formas como: oscurecimiento, deshidratado, pérdida de jugo, pérdida de textura y olor, dando como resultado la senescencia y muerte del tejido (Gorny, 2001b).

El oscurecimiento enzimático, el cual puede ser el de mayor efecto en frutas y vegetales precortados, depende de la concentración de compuestos fenólicos, la actividad de la PPO y la concentración de antioxidante en el tejido (Kader, 2002).

En mezclas de productos, es importante que los componentes incluidos sean lo más frescos posible, o las calidades de sabor y vida de anaquel, sean lo más similares posible para la mayoría de los componentes (Cantwell y Suslow, 2002).

2.5.6.2. Textura

La textura es un factor de calidad que diferencia alimentos frescos y procesados. Las células de frutas y vegetales frescas de alta calidad tienen una gran turgencia (Huxsoll y Bolin, 1989). Las enzimas PE, PG y pectil metil

esterasa (PME) son las principales enzimas que contribuyen a la pérdida de textura (Huxsoll y col., 1989).

La firmeza de los productos precortados es un atributo de calidad importante que puede ser afectado por el ablandamiento celular debido a las enzimas presentes en el tejido, así como a la pérdida de turgor por a la pérdida de agua (Beaulieu y Gorny, 2002).

El calcio juega un papel importante en mantener la estructura de la pared celular en frutas y otros órganos almacenados, interactuando con los ácidos pectídicos en las paredes celulares formando pectatos de calcio (Rolle y Chism, 1987). Se ha observado que el incrementar la concentración de calcio en el tejido, puede reducirse la tasa de pérdida de firmeza. Además, la firmeza inicial, temperatura y la vibración, influencia la tasa de ablandamiento y pérdida de jugo de frutas precortadas (Kader, 2002).

2.5.6.3. Sabor

El sabor de frutas y vegetales se ve influenciado por el contenido de azúcares, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y volátiles activos (Kader, 2002).

La peroxidación enzimática de ácidos grasos insaturados, es el ejemplo más dramático de las modificaciones bioquímicas de aromas naturales de productos que han sido procesados (Varoquaux y Wiley, 1994).

El sabor y aroma son atributos importantes para el consumidor y deben ser seriamente examinados cuando se determina la vida útil de frutas precortadas (Beaulieu y Gorny, 2002). Se ha investigado muy poco sobre el efecto de la temperatura de almacenamiento en la producción de volátiles, su influencia en el sabor y calidad sensorial de frutas precortadas (Beaulieu y Gorny, 2002).

Los cambios más obvios que primeramente se detectan durante el almacenamiento, son los cambios de color y textura, seguidos por cambios en el sabor y crecimiento microbiológico (Salunkhe y col., 1991). El sabor es uno

de los factores más difíciles de controlar para mantener la calidad del fruto. Los tratamientos usados para inhibir la descomposición celular, como ocurre en el proceso de maduración, simultáneamente pueden inhibir la biosíntesis de compuestos volátiles que dan un buen sabor al producto (Huxsoll y col., 1989).

2.5.6.4. Valor Nutricional

La pérdida de valor nutricional en productos frescos se ha vuelto de gran importancia en determinaciones de vida útil. Esto debido a que el concepto de dietas saludables está firmemente establecido como un nuevo estilo de vida con un gran futuro (Hoover, 1997).

Las frutas y vegetales frescos juegan un papel muy importante en la nutrición humana. Debido a que son excelentes fuentes de vitaminas (Vitamina C, A, B₆, tiamina, niacina, etc.), minerales y fibra dietaria (Fig. 5 y cuadro 3) (Kader, 2002).

La deficiencia de vitamina A es un problema nutricional muy importante, en la población de países subdesarrollados en todo el mundo. Una deficiencia de vitamina A conlleva a una ceguera, un mal desarrollo de huesos y dientes en jóvenes y enfermedades de células y membranas epiteliales de la nariz, garganta y ojos, los cuales disminuyen la resistencia del cuerpo a distintas infecciones (Rodríguez-Amaya, 1997).

La fuente primaria de vitamina A en estas poblaciones son los carotenoides pro vitamina A de frutas y vegetales. Los carotenoides pro vitamina A, los cuales incluyen el α - y β -caroteno, tienen la capacidad, aunque no la misma, de ser convertidas a vitamina A (Scott y Rodríguez-Amaya, 2000).

Los carotenoides pro vitamina A son convertidos a retinol principalmente en la mucosa intestinal. El consumo de 1 mg de β -caroteno en la dieta, se considera que tiene la misma actividad de 0.167 mg de retinol, y 6 μ g de β -caroteno es igual a 1 equivalente de retinol (Scott y Rodríguez-Amaya, 2000).

Antecedentes y Justificación

La vitamina más importante en frutas y vegetales para la nutrición humana es la Vitamina C (Weichmann, 1986), ya que más del 90% es suministrada, en la dieta humana, por el consumo de frutas y verduras. El mango es particularmente una rica fuente de vitamina C (Hulme, 1971).

Se ha reportado que uno de los mayores beneficios en el consumo de frutas y verduras, es el consumo de vitamina C. De la misma forma se ha visto que como antioxidante, reduce los riesgos de enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Bendich, 1987). Se ha recomendado un consumo de vitamina C de 100-200 mg. /día, ya que el estrés en la vida moderna incrementa los requerimientos de vitamina C (Lee y Kader, 2000).

La Vitamina C es definida como el término genérico para todos los compuestos que exhiben actividad biológica de L-ácido ascórbico (AA). AA es la principal forma biológica activa, pero el ácido L-dehidroascórbico, un producto de oxidación, también muestra actividad biológica (Lee y Kader, 2000). El ácido dehidro-ascórbico no se midió en este estudio, debido a que se ha reportado que la fruta generalmente no contiene o contiene niveles muy bajos de ácido dehidro-ascórbico, ya que es rápidamente convertido a otros subproductos cuando se forma a partir de AA (Shaw y Wilson, 1982).

La estabilidad de las vitaminas en los alimentos se afecta por un gran número de factores, incluyendo el calor, la luz, el oxígeno y pH. Algunas de las mayores pérdidas de nutrientes, es debido a la eliminación de partes críticas del material vegetal durante el pelado y cortado. Esta pérdida puede llegar a ser considerable debido a la localización de las vitaminas en la cáscara o superficie del la fruta o vegetal (Klein, 1987).

Los procesos de pelado y rebanado, promueven la pérdida de nutrientes debido a la reducción en la savia celular (Singh y Mannapperuma, 2000). Debido a la alta susceptibilidad a la degradación por oxidación, el ácido ascórbico se usa generalmente como un índice de calidad del producto precortado. La retención de nutrientes y vitamina C en frutas y vegetales

frescos, se puede mantener mediante un rápido enfriamiento, minimizando el daño y reduciendo el tiempo entre la cosecha y la distribución (Salunkhe y col., 1991).

Es de esperarse que los niveles de ácido ascórbico y vitamina A de productos precortados, sea menor que los valores de frutas y vegetales intactos (McCarthy y Matthews, 1994). En algunas frutas frescas tropicales, cerca del 50% de vitamina C se pierde debido a los procesos de pelado y cortado. Los procesos de oxidación conllevan a la pérdida de sabores y aromas, lo cual afecta considerablemente la calidad nutricional (Whitaker y Lee, 1995).

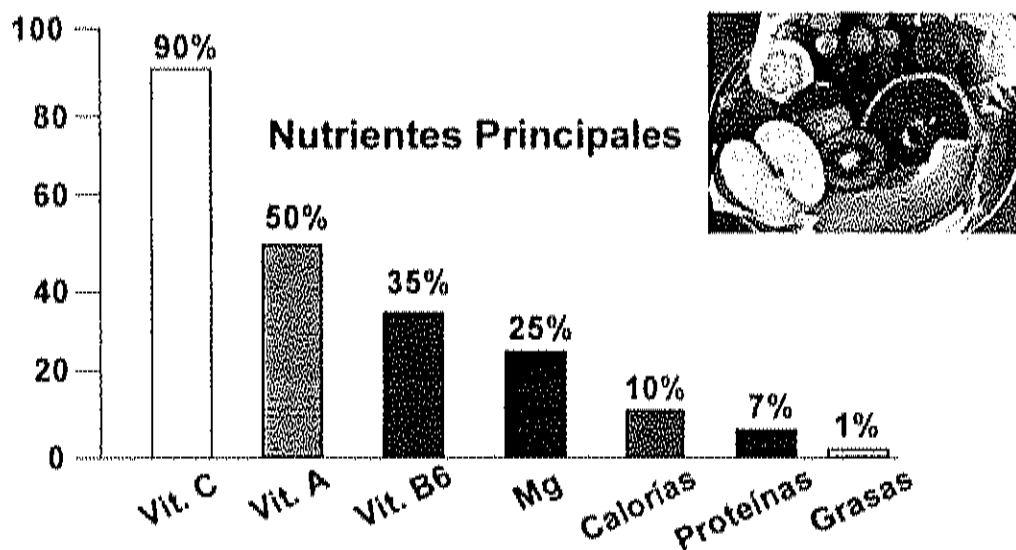


Figura 5. Contribución nutricional de frutas comparado con el porcentaje total de alimentos ingeridos (FAO, 2002).

Cuadro 3. Aporte nutricional de las principales frutas tropicales (INEGI, 2002).

Fruta	Aporte nutricional de Frutas		
	β-Caroteno ER*	Vitamina C mg/100g	Carbohidratos g/100g
Kiwi	18	98	15
Mango	389	28	17
Papaya	880	62	12
Piña	2	15	11

* Equivalentes de retinol

Los efectos climáticos pueden tener el mismo o incluso un mayor efecto en el contenido de carotenoides independientemente de la variedad. Generalmente, las frutas producidas en zonas tropicales, desarrollan un mayor contenido de carotenoides que las frutas de los climas templados (Mercadante y Rodríguez-Amaya, 1998).

2.6. Métodos para reducir el deterioro

2.6.1. Cubiertas Comestibles

El uso de cubiertas comestibles es un método de envasado, comúnmente utilizado para extender la vida de anaquel de productos precortados (Baldwin, 1994). Las cubiertas comestibles son capas delgadas de algún material que pueda ser ingerido por el consumidor como parte del producto (Ahvenainen, 1996).

La aplicación mas importante de las cubiertas comestibles ha sido hasta ahora, y desde 1930, como una emulsión hecha de ceras y aceites en agua, la cual se aplica sobre las frutas para mejorar su apariencia, como lo es el brillo y color, así como acarreadores de funguicidas. Además se obtiene un mejor control en el proceso de maduración y pérdida de agua (Debeaufort y col., 1998). Otro beneficio potencial de las cubiertas comestibles es la reducción de

la sensibilidad al almacenamiento a bajas temperaturas (Nussinovitch y Lurie, 1995).

Una cubierta comestible es una película delgada preparada de un material comestible que actúa como una barrera a los elementos externos y por lo tanto protege el producto y extiende la vida útil (Guilbert y col, 1996). Su objetivo principal es el reducir la difusión de gases dentro y fuera del producto, la pérdida de agua, la pérdida de sabores y aromas volátiles, y el movimiento de solutos a la superficie (Salveit, 2001). Las cubiertas pueden ser aplicadas mediante aspersión o inmersión, seguida de un escurrido y posterior secado (Nussinovitch y Lurie, 1995).

Las propiedades mecánicas de las cubiertas comestibles dependen del tipo de material y en especial de su cohesión estructural (Guilbert, 1996). Las cubiertas pueden servir como acarreadores de ingredientes que desempeñen una función específica, como pueden ser antioxidantes (Baldwin y col., 1995a).

Los mayores constituyentes de las cubiertas comestibles son polisacáridos, lípidos y proteínas (Guilbert y col., 1996), además de resinas (Baldwin y col., 1995b). Su presencia y concentración del material determina las propiedades de la barrera con respecto al vapor de agua, O₂, CO₂ y transferencia de lípidos en el producto (Guilbert y col., 1996).

Las cubiertas a base de lípidos son excelentes barreras al movimiento de vapor de agua y además añaden brillo a la superficie. Sin embargo, carecen de fuerza y dureza estructural, por lo que requieren una matriz de soporte para ser mecánicamente estable (Salveit, 2001).

Las cubiertas comestibles de doble capa toman ventaja de las propiedades de los lípidos como barrera a la humedad, y la buena permeabilidad a gases de las cubiertas a base de polisacáridos (Baldwin y col., 1995b).

Uno puede elaborar una cubierta para que forme una barrera eficiente a la pérdida de agua, tenga una permeabilidad selectiva a gases, controle la migración de solutos solubles en agua para retener los pigmentos y nutrientes

naturales, e incorporar aditivos como colorantes, saborizantes o conservadores que impartan propiedades y funciones específicas (Wong y col., 1994).

Los beneficios ofrecidos por las cubiertas derivadas de lípidos, son más notables en lo que respecta a la disminución de la pérdida de agua y deshidratación (Baldwin y col., 1997). Algunas emulsiones donde se adicionan lípidos a cubiertas hidrofílicas, mejoran algunas veces sus propiedades como barrera al agua (Baldwin y col., 1997), además de dar mayor brillantez (Amarante y Banks, 2001).

Las cubiertas a base de polisacáridos han sido ampliamente estudiada por sus permeabilidades selectivas al O_2 y CO_2 , lo que da como resultado una atmósfera interna modificada, la cual puede alargar la vida útil en frutas y vegetales precortados (Amarante y Banks, 2001). A nivel comercial se puede encontrar productos como SemperFresh y Gustec, a base de carboximetil celulosa, que representan este tipo de cubiertas (Amarante y Banks, 2001).

SemperFresh™ y Gustec™ son una mezcla de esterres de sacarosa de ácidos grasos, carboximetil celulosa de sodio y mono di-glicéridos de ácidos grasos. Los esterres de sacarosa de ácidos grasos, se usan para reducir la transferencia de oxígeno dentro del tejido y vapor de agua fuera del tejido. La carboxi-metil celulosa de sodio permite una película uniforme en la superficie del producto. Los monoglicéridos actúan como emulsificantes (Bayindirli y col., 1995).

Las cubiertas a base de poliéster de sacarosa son mejores barreras al vapor de agua comparada con otras cubiertas comestibles (Park y col., 1994). El grado alimenticio de los esterres de sacarosa, los ingredientes activos de Gustec™ y SemperFresh™, disminuyen los procesos de maduración y extienden la vida útil (James y McGregor, 2000).

Los esterres de sacarosa es una cadena larga de monoesterres de sacarosa. La molécula tiene dos partes distintas, una parte hidrofóbica caracterizada por una larga cadena orgánica de ácido carboxílico y una parte hidrofílica, una

molécula de sacarosa con varios grupos hidroxil, muy similar al ingrediente activo de los surfactantes (James y McGregor, 2000).

En contacto con la superficie del producto, la cadena de carbonos hidrofóbicos se liga naturalmente a la cera presente en la cutícula. Los grupos hidroxilo contenidos en los esteres de sacarosa extraen humedad de la atmósfera creando una capa extremadamente pequeña de agua alrededor del producto. El CO₂ se difunde mucho más rápido a través del agua que el oxígeno, por lo que la atmósfera interna del producto es modificada (James y McGregor, 2000).

En la mayoría de los casos, la cubiertas que proveen un adecuado intercambio de gases no son buenas barreras al agua, mientras que las cubiertas que son eficientes en prevenir la pérdida de humedad tienden a crear condiciones anaeróbicas en la atmósfera interna del producto (Baldwin, 1994).

2.6.2. Alternativas químicas

Los inhibidores del oscurecimiento enzimático, que interactúan con los productos de la reacción o sustratos, pueden ser divididos en los siguientes grupos:

1. Agentes reductores actuando sobre las quinonas formadas restituyendo los fenoles o-dihidroxil.

2. Formadoras de quinonas que forman compuestos estables incoloros con las quinonas, proporcionando protección hasta que éste sea consumido en su totalidad (Vámos-Vigyázó, 1981).

El control enzimático en frutas y verduras, así como jugos y vinos, requieren del conocimiento químico de los tipos de sustratos fenólicos presentes en una planta en particular, el nivel de compuestos reductores, como ácido ascórbico y compuestos sulfidrilos, el nivel de O₂ disponible, naturaleza de los compuestos co-oxidables presentes y las rutas de polimerización y degradación de o-benzoquinonas (Whitaker y Lee, 1995).

EL control del oscurecimiento con sustitutos de sulfitos ha estado bajo estudio y el ácido ascórbico es uno de los inhibidores de oscurecimiento más analizado (Laurila y col., 1998).

2.6.2.1. Sulfitos

Históricamente, el oscurecimiento enzimático ha sido controlado mediante la aplicación de sulfitos. Sin embargo, existe una necesidad por sustituir el uso de sulfitos con otros métodos (Laurila y col., 1998). Los sulfitos son muy efectivos en controlar el oscurecimiento, además de ser muy económicos (Lee y Whitaker, 1995). Sin embargo, su uso se ha restringido debido a los efectos adversos en la salud humana (Sapers, 1993).

Los sulfitos son agentes multifuncionales: previenen el oscurecimiento enzimático y no enzimático, controlan el crecimiento de microorganismos, actúan como agentes blanqueadores, agentes antioxidantes o reductores y acarrean otras funciones técnicas. Sin embargo el uso de sulfitos tiene algunas desventajas. Además de ser un agente muy corrosivo, el cual afecta la maquinaria utilizada en el proceso, puede destruir varios nutrientes del fruto. Además, los sulfitos pueden producir ablandamiento del tejido y favorecer la pérdida de sabores (Laurila y col., 1998).

Como ingrediente alimenticio, el término genérico sulfitos incluye al dióxido de sulfuro (SO_2), metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), bisulfito de sodio (NaHSO_3), sulfato de sodio (Na_2SO_3), metabisulfito de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$) y bisulfito de potasio (KHSO_3) (Lambrecht, 1995).

Recientemente, el uso de sulfitos en alimentos, ha sido debatido debido a que un número considerable de gente, particularmente asmáticos, son alérgicos a pequeñas concentraciones de sulfitos, contenidos en los alimentos (Steiner y Rieth, 1986).

La máxima cantidad de sulfitos permitido, calculados como SO_2 , depende del uso del producto. Sin embargo, existen solo algunos límites para verduras y

frutas frescas, como papas peladas (50 mg/kg o mg/l) y papas preparadas y congeladas (100 mg/kg o mg/l) (Laurila y col., 1998).

Debido a que los sulfitos tienen múltiples funciones en los alimentos, como la inhibición del oscurecimiento enzimático y no enzimático, así como el control en el crecimiento de microorganismos, un sustituto a este compuesto deberá contener varios componentes que cumplan funciones diferentes y complementarias (Sapers, 1993).

2.6.2.2. Ácido Ascórbico

Probablemente la alternativa a los sulfitos más estudiada para el control de la oxidación enzimática, es el ácido ascórbico (Salunkhe y col., 1991). Este compuesto es un inhibidor altamente efectivo del oscurecimiento enzimático, debido principalmente a la habilidad para reducir quinonas a su compuesto fenólico, antes de que puedan reaccionar con la PPO para formar pigmentos (Sapers, 1993; Ahvenainen, 2000).

Además puede incrementar el valor biológico del producto, protege las antocianinas de la degradación oxidativa, contribuyendo a la preservación del color en frutas rojas (Vámos-Vigyázó, 1981).

Los inhibidores de la oxidación enzimática a base de ácido ascórbico, no son tan efectivos como los sulfitos, debido a que tienen menor estabilidad y menor penetración en la superficie (Sapers, 1993).

Estos compuestos son agregados en emulsiones o aplicados mediante inmersión de la fruta en soluciones que contienen el inhibidor, algunas veces en combinación con un ácido orgánico como es el ácido cítrico o sales de calcio (Sapers, 1993).

La capacidad reductora del ácido ascórbico depende grandemente de su concentración: cuando se aplica a bajas concentraciones, puede ser rápidamente consumido en el proceso reductor y prevenir la formación de polímeros coloreados solo por tiempo limitado (Laurila y col., 1998).

Sin embargo, si el ácido ascórbico se agrega en grandes cantidades, puede reducir las quinonas formadas para proveer sustrato fresco a la enzima PPO hasta que llegue a una reacción de inactivación, la cual es un proceso irreversible, por lo que grandes cantidades de ácido ascórbico puede proveer protección permanente contra la oxidación (Vámos-Vigyázó, 1981). Sin embargo, pueden afectar significativamente el sabor del producto.

2.6.2.3. Ácido Cítrico

El ácido cítrico actúa como agente quelante y acidulante, ambas funciones inhiben la PPO. La modificación del pH mediante ácido cítrico (jugo de limón es el más utilizado), málico o fumárico a pH 4 o menor, puede ser usado para controlar el oscurecimiento en jugos, fruta cortada, aguacate y guacamole (Laurila y col., 1998).

La modificación del pH es usualmente a un pH ácido para reducir las poblaciones microbianas usando acidulantes como ácido cítrico o ácido ascórbico, especialmente en productos con un pH entre 5 y 7 (Huxsoll y Bolin, 1989). Sin embargo, pueden proporcionar al producto un sabor amargo (Perera y Baldwin, 2000).

La acidificación es una medida segura que se usa para productos precortados. Algunos ácidos orgánicos pueden actuar como fungicidas, donde otros tienden a actuar mas efectivamente inhibiendo el crecimiento microbiano (Wiley, 1994).

La modificación del pH puede extender la vida útil de frutos cuyo pH varía de 5 a 7, donde la pudrición es rápida. Reducir el pH de vegetales alrededor de 3.5 a 4.0 con la adición de ácidos puede disminuir los procesos de deterioro o permitir un tratamiento reducido con calor (Huxsoll y col., 1989).

2.6.2.4. Otras alternativas

Inhibidores competitivos, como el ácido benzolco y 4-Hexilresorcinol, son de gran ayuda en controlar la oxidación de algunos productos alimenticios. El 4-Hexilresorcinol se utiliza comúnmente para inhibir el oscurecimiento de camarón y recientemente se ha visto que reduce significativamente el oscurecimiento de manzanas y papas precortadas (Whitaker y Lee, 1995).

El 4-Hexilresorcinol es uno de los inhibidores de la oxidación de compuestos aromáticos, descubierto recientemente. El 4-Hexilresorcinol tiene muchas ventajas sobre el uso de sulfitos en alimentos, incluyendo su forma específica de inhibición, su efectividad a bajos niveles (<0.01 M) y su estabilidad química (McEvily y col., 1992).

El jugo de piña parece ser una alternativa a los sulfitos para la prevención del oscurecimiento en rodajas de manzana fresca. Además, el tratamiento de miel en uvas blancas y frutas cortadas ha demostrado inhibir la actividad de la PPO y el oscurecimiento (Laurila y col., 1998).

Algunos conservadores químicos pueden ser aditivos nutritivos, tal es el caso del ácido ascórbico (Vitamina C), tocoferol (Vitamina E); ácido cítrico como quelante o acidulante; o varias formas de calcio como agente reafirmante (Perera y Baldwin, 2000). El calcio puede estabilizar los componentes estructurales lipídicos de la membrana y por lo tanto jugar un papel muy importante en el retraso de la senescencia (Perera y Baldwin, 2000).

Uno de los tratamientos más estudiado en frutos precortados para reducir la pérdida de firmeza, es el cloruro de calcio (Toivonen y DeEll, 2002). Este ha sido el compuesto elegido para mantener la textura de frutas y vegetales durante el proceso y subsiguiente almacenamiento debido a su alta efectividad (Salunkhe y col., 1991).

El calcio sirve como un punto de enlace para los complejos proteína-proteína, los cuales son importantes para mantener la adhesión de célula-

célula, además de que puede inhibir la actividad de enzimas que degradan la paredes celulares (Wong y col., 1994).

La combinación de CaCl_2 y ZnCl_2 demostraron tener un efecto sinergista manteniendo la calidad en color en peras y manzanas. Los tratamientos combinados calcio-zinc son más benéficos cuando el producto precortado es expuesto al aire por un tiempo prolongado, incluso por varios días (Huxsoll y col., 1989).

2.6.3. Envasado en Atmósferas Modificadas

La función principal del envase en alimentos es el contener el producto, proveer protección contra contaminantes ambientales, facilitar el transporte, manejo, almacenamiento y mercadeo (Schlimme y Rooney, 1994).

Después de las bajas temperaturas, el envasado en atmósferas modificadas (EAM) se considerada la segunda alternativa más efectiva para extender la vida de anaquel de los productos precortados (Schlimme y Rooney, 1994).

Las frutas y vegetales precortados se envasan típicamente en bolsas de plástico o charolas selladas con una película, donde la atmósfera dentro del envase se modifica naturalmente mediante la respiración del producto (Watada, 1997).

Existen dos métodos de aplicación de EAM. El método pasivo consiste en colocar el producto en un envase permeable a gases, sellar el envase y permitir que la respiración del producto reduzca las concentraciones de O_2 e incremente la de CO_2 dentro del envase, hasta alcanzar un equilibrio. El envasado activo consiste en colocar el producto en un envase permeable a gases, retirar la atmósfera dentro del envase o reemplazarla por un flujo de gases con la concentración deseada, seguida de un rápido sellado (Schlimme y Rooney, 1994; Ahvenainen, 2000).

Las frutas y vegetales precortados son más perecederos que en su forma entera (Brecht, 1995). Por lo que el incremento en la demanda de O_2 debido a

la alta tasa respiratoria de los productos precortados, indica que se requieren películas de envasado con suficiente permeabilidad al O₂ para prevenir fermentación (Cantwell y Suslow, 2002).

Los productos precortados probablemente toleran, en general, niveles más extremos de O₂ y CO₂, debido a que no tienen cutícula o cáscara que restrinjan la difusión de gases, además de que la distancia de difusión desde el centro a la superficie del producto es menor que la del producto entero (Watada, 1997; Watada y Qi, 1999).

Concentraciones de O₂ menores al 1% pueden crear condiciones anaeróbicas en las células, donde los requerimientos energéticos de los tejidos son provistos vía glucólisis en lugar del ciclo tri-carboxílico (Rolle y Chism, 1987).

Las películas para envasado se seleccionan en base a una tasa de transmisión de gases apropiada para cada producto, pero las películas no pueden compensar la tasa de intercambio equitativamente cuando se presenta un abuso en la temperatura de almacenamiento (Watada y Qi, 1998).

La tasa de transmisión de oxígeno (TTO) es una medida de el oxígeno que se mueve a través de la película por unidad de área, por una cantidad dada de tiempo a una atmósfera y temperatura dada (Garret, 1999). Los líquidos sueltos de las células cortadas y dañadas, además del agua usada durante el procesado puede cubrir la superficie, bloquear los poros y reducir significativamente la difusión de gases dentro y fuera del tejido (Salveit, 1997).

A pesar de que la exposición del tejido al etileno afecta adversamente la mayoría de los productos precortados, la producción de etileno inducido por el daño, probablemente no será un mayor problema a menos que el tejido dañado sea confinado a un pequeño volumen sin ventilar, como puede ser un envase sellado o al vacío (Salveit, 2001).

En frutos de mango, la cáscara es el mayor contribuyente a la producción de etileno y CO₂. Se ha reportado que la tasa de producción de CO₂ en cubos de

mango, fue de alrededor de 1.5 veces más grande que mangos pelados completamente, lo que indica que el cortado incrementa la tasa de respiración en mangos. Sin embargo, las tasas de producción de CO₂ y etileno de mangos enteros fue 1.5 veces mayor que en cubos de mango. Esto significa que los pasos en la preparación de cubos de mango precortado, incluyendo el pelado y cortado, resultó en una reducción de la tasa de producción de CO₂ y C₂H₄ (Chantanawarangoon, 2000).

El sellado al vacío no es tan popular como en el pasado, debido a que se encontró que un alto vacío puede dañar la calidad del producto (Garret, 1999). El envasado al vacío generalmente provoca condiciones anaeróbicas las cuales conducen a una fermentación, provocando la acumulación de metabolitos en cantidades indeseables y la pérdida de sabores, además de favorecer el crecimiento de algunos organismos patógenos (Reyes, 2000).

El EAM ha jugado un papel importante en el desarrollo del productos precortados debido que permite al producto respirar y forma una barrera física al ataque de diferentes patógenos (Garret, 1999).

Los niveles bajos de O₂ son benéficos en algunos productos, ya que permiten retener la calidad del producto. Cuando el nivel de O₂ cae cerca del límite, donde la respiración anaeróbica se lleva a cabo, es esencial que la temperatura no se incremente, con el fin de evitar anaerobiosis (Watada, 1997).

Existen dos eventos que pueden ocurrir si los niveles de CO₂ se elevan mucho; producirse la respiración anaeróbica y favorecer el deterioro. La segunda es, que las poblaciones de flora residente, la cual este presente en cantidades muchísimo superiores a los patógenos, podrían contribuir al deterioro del producto. Esta rápida pudrición puede ser visible al consumidor. Por lo anterior, el envase debe tener secciones transparentes en las que se pueda apreciar el contenido (Garret, 1999). Otro efecto importante del CO₂ es que a concentraciones por encima del 1 o 2% reduce la sensibilidad de los tejidos vegetales al etileno (O'Connor-Shaw, 1998).

La tasa de respiración del producto cambia con la temperatura y la edad del tejido, por lo que esta no es constante. Sin embargo, la permeabilidad de las actuales películas se ajusta muy poco a grandes cambios en la temperatura que se experimentan en los sistemas de comercialización actuales, comparado con los grandes cambios que sufre el producto en la tasa de respiración (Watada, 1997).

Las atmósferas modificadas son efectivas en retrasar el oscurecimiento enzimático, así como la actividad poli fenol amonio liasa (PAL) (Watada y Qi, 1999). Niveles de O₂ por debajo del 8% disminuyen la producción de etileno, niveles de CO₂ por encima del 5% previenen o retrasan muchas respuestas al etileno por parte del tejido vegetal, incluyendo la maduración (Baldwin, 1994).

Las atmósferas modificadas pueden suprimir el crecimiento de microorganismos en productos que presentan síntomas de pudrición y que organolépticamente muestran el final de la vida útil del producto. Esto puede favorecer a los patógenos potenciales o microorganismos tóxicos, que pueden estar presentes, y que no alteran las propiedades sensoriales del producto y por lo tanto no pueden ser detectados por el consumidor (Gorny, 2001b).

Asumiendo que se ha realizado una selección adecuada del material y grosor de película, para una cantidad dada de un producto precortado, en el envase del tamaño correcto, hay una necesidad limitada para considerar el uso de absorbedor de O₂ dentro del envase (Schlimme y Rooney, 1994).

2.6.4. Desinfectantes y Programas de Inocuidad

Desinfectar significa el tratar de limpiar el producto mediante un proceso que es efectivo en destruir o reducir substancialmente la carga microbiana de microorganismos de preocupación para la salud pública. Así como otros microorganismos indeseables, sin afectar adversamente la calidad del producto o la seguridad al consumidor (FDA, 2001).

La eficacia del método usado para reducir las poblaciones microbianas, depende, en general del tipo de tratamiento, fisiología de los microorganismos potenciales, características de la superficie del producto, tiempo de exposición, concentración del desinfectante, pH y temperatura (FDA, 2001).

2.6.4.1. Cloro

El cloro ha sido usado para propósitos de inocuidad en el procesado de alimentos durante varias décadas, y es de hecho el desinfectante más ampliamente usado en la industria alimenticia. Algunos productos químicos, hechos a base de cloro, se utilizan para desinfectar productos y superficies dentro de la planta de procesado, así como para reducir las poblaciones microbianas en el agua usada durante las operaciones de lavado y envasado (Brackett, 1994).

La carga microbiana se reduce saneando el producto entero y precortado, con un producto desinfectante. Los compuestos clorinados son los más utilizados en el procesado de alimentos, siendo el hipoclorito de sodio el más utilizado en la industria de precortados (Watada, 1997).

Las formas más comunes de cloro libre incluyen; cloro líquido e hipocloritos. El cloro líquido e hipocloritos se usan generalmente en un rango de concentraciones de 50 a 200 ppm, con tiempos de contacto de 1 a 2 min, para desinfectar superficies de productos frescos y equipo de procesamiento. El ácido hipoclorito, es la forma de cloro libre que tiene la actividad bactericida más amplia contra microorganismos. Existe una amplia gama de sistemas comerciales para monitorear en línea y aplicación de cloro para mantener la limpieza del agua. Esto es particularmente aplicable al agua usada en tanques o para propósitos de limpieza o preenfriado (FDA, 2001).

Las mayores ventajas del dióxido de cloro (ClO_2) sobre el HOCl incluye la reducida actividad con materia orgánica y su gran actividad a pH neutros, sin

embargo, la estabilidad del dióxido de cloro puede ser un problema (FDA, 2001).

Aparentemente, los microorganismos entran al tejido a través de las fisuras, y las soluciones a base de cloro no penetran estas áreas suficientemente para eliminarlos. Por lo que frutos como el melón, los cuales tienen muchas fisuras en su superficie, es de esperarse que altas poblaciones de microorganismos persistan, aún después del saneado con cloro (Watada, 1997).

Ácidos de grado alimenticio se utilizan rutinariamente para controlar el pH del agua de lavado y de los sistemas de hidrogenfriamiento, debido a que la adición de NaOCl al agua incrementa su pH. Los sistemas de lavado de agua son, en general, modificados a un pH de 6.5-7.5 para mantener el cloro en su forma bactericida más activa del ácido de hipoclorito (HOCl) (FDA, 2001). Si el pH no se mantiene en rangos apropiados (6.5-7.5), la mayoría del cloro no estará en forma activa de ácido hipoclorito y tendrá poco efecto contra bacterias y otros patógenos (Gorny, 2001b).

2.6.4.2 Ozono

Durante décadas, el ozono ha sido utilizado en la desinfección del agua, y ultimamente esta comenzando a ser utilizado, como una alternativa al cloro durante el lavado y desinfectado de frutas y verduras procesadas (Burrows y col., 1999).

El ozono tiene ciertas características que lo hace atractivo para el uso como desinfectante en el procesamiento de alimentos. Ha demostrado ser un desinfectante mucho más poderoso que el cloro, para la desactivación de un gran número de organismos, particularmente contra *E. coli*, el patógeno de mayor preocupación en la industria de perecederos. Puede ser usado para desinfectar alimentos en el cuarto de almacenamiento o durante su transportación (Xu, 1999). Además, ayuda a reducir la maduración de

manzanas y otras frutas climatéricas destruyendo el gas etileno en la atmósfera (Burrows y col., 1999).

Aunque el cloro es el agente desinfectante más ampliamente utilizado, disponible para productos frescos, tiene un efecto limitado, el de eliminar bacterias solo sobre la superficie de frutas y verduras. Como agente oxidante, el ozono es 1.5 veces más fuerte que el cloro, además de ser efectivo sobre un espectro mucho más amplio de microorganismos. Por otro lado, el tiempo de contacto para la eliminación microbiana es típicamente 4-5 veces menor que el cloro y otros desinfectantes (Xu, 1999).

El ozono es un gas incoloro o azulado a temperatura ambiente y de refrigeración. Es parcialmente soluble en agua, y como la mayoría de los gases, su solubilidad se incrementa conforme se reduce la temperatura del agua (Graham, 1997). Se genera mediante la aplicación de electricidad o radiación ultravioleta al oxígeno. En la naturaleza se forma en la atmósfera superior, a partir del oxígeno y la aplicación de luz ultravioleta y descargas eléctricas atmosféricas, como relámpagos o la aurora boreal. Como todos los gases oxidantes, es potencialmente dañino en humanos a concentraciones por encima de de 4 ppm durante un tiempo prolongado (Xu, 1999).

El ozono es altamente inestable en agua y se descompone a oxígeno en muy poco tiempo (menos de la mitad de la actividad permanece después de 20 min.) sin dejar subproductos tóxicos (Burrows y col., 1999). Por lo que debe ser considerado como un proceso, en lugar de ser considerado como un aditivo alimenticio (Graham, 1997).

El ozono es muy efectivo eliminando microorganismos a través de la oxidación de sus membranas celulares. Ataca rápidamente las paredes celulares de bacterias y es más efectivo que el cloro contra esporas de pared delgada de patógenos vegetales y parásitos animales, en concentraciones más prácticas y seguras. Además, tiene una propiedad única de auto

descomposición y no deja residuos tóxicos, lo cual lo hace más atractivo para ser utilizado en la industria de los alimentos (Xu, 1999).

Aparte del beneficio más obvio, el control de patógenos, la reducción de costos es un beneficio importante en el uso de ozono. En la industria del procesado de frutas, se ha demostrado claramente que la aplicación adecuada y segura del ozono puede resultar en ahorros directos mediante una reducción en el uso de electricidad y agua. Así como una disminución en los costos del manejo de agua de desecho, ya que una vez que las frutas y verduras frescas son lavadas con agua ozonificada, el agua puede ser recapturada y tratada por una combinación de filtración y ozonificación, quedando libre de bacterias, colores o sólidos suspendidos, y puede ser reciclada (Xu, 1999).

Sin embargo, el ozono puede verse afectado por muchos factores, como la calidad del agua, temperatura, pH, y composición de los productos (Xu, 1999). En agua potable limpia y libre de materia orgánica o partículas de suelo, el ozono es un desinfectante altamente efectivo a concentraciones de 0.5 a 2 ppm. Pero las sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas y suspendidas reaccionan rápidamente con el ozono e interfieren con la acción antimicrobiana deseada. Por lo que la vida media del ozono en agua puede ser tan corta como segundos (en agua sucia o de residuos) o tan larga como horas (en agua limpia). Se recomienda usar bajas temperaturas en el agua, así como un rango de pH de 6.0-8.5, ya que se extiende la vida media del ozono (Xu, 1999).

La mejor forma para determinar los requerimientos o dosis de ozono, es la realización de una prueba piloto, debido a que la calidad del agua y las operaciones de manejo pueden variar tremendamente. La cantidad de ozono requerida se relaciona a la eficiencia para transferirse dentro de la corriente de agua. Varios factores afectarán la eficiencia del sistema, incluyendo la temperatura del agua (entre más fría este el agua más ozono contendrá), presión del sistema (el ozono inyectado en un sistema presurizado agrega transferencia), concentración del gas ozono (a mayor concentración se

transfiere más fácilmente al agua) y el método de inyección del ozono (inyectores venturi de alta eficiencia son más eficientes que los de burbuja).

Para asegurar las especificaciones sobre la seguridad y salud laboral, se debe instalar un monitor de ozono en el ambiente donde los trabajadores estarán presentes, aunque el ozono tiene un fuerte olor característico y puede ser detectado en concentraciones tan bajas como 0.01 ppm, el cual es el nivel máximo permisible (Xu, 1999).

La microbiología de los productos precortados es especialmente importante de considerar, debido a que estos alimentos pueden cambiar su micro ambiente a través de su propia actividad metabólica (Brackett, 1987).

La FDA y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con el apoyo de la industria y de centros de investigación universitarios elaboraron una "Guía para Minimizar el Riesgo Microbiano en Frutas y Vegetales" en la que se establecen áreas comunes de riesgo microbiológico para productos frescos (Díaz-Sobac, 1999).

Un producto será de buena calidad cuando se acoja a la legislación vigente, cubra los requisitos establecidos por el cliente, reúna las características esperadas por los consumidores e incorpore, a lo largo del tiempo, todas las nuevas y cambiantes exigencias (Díaz-Sobac, 1999).

En productos precortados, el desarrollo de pudrición es usualmente acompañado con un crecimiento de microorganismos, pero esto no significa necesariamente que toda la pudrición es de origen microbiana (Nguyen-the y Carlin, 1994).

El objetivo de la inocuidad es manejar los microorganismos no patógenos de tal forma que puedan jugar un papel positivo en la inhibición competitiva de patógenos y su reducción de tipos de pudrición para mantener la calidad del producto (Gorny, 2001b).

Las personas que laboran en la industria de alimentos y que se comprometen en la producción de alimento para el consumo humano, tienen

una obligación moral y legal para desempeñar todas sus operaciones en ambientes limpios y con un deber por los principios básicos de sanidad (Vasconcellos, 2002). Uno de los retos más grandes que enfrenta la industria de productos precortados es cambiar la actitud de los empleados y hacer que se den cuenta que la buena sanidad hace la diferencia, para asegurar la inocuidad del producto (Hurst, 1995).

2.6.4.3. Programas de Seguridad Alimentaria

Ya que no es posible remover por completo los patógenos del producto, es esencial que se prevenga su presencia. Es por esta razón que los programas de seguridad alimenticia dependen de programas como Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP) (Gorny, 2001a).

Las BPA's es una guía de cómo minimizar los riesgos biológicos potenciales durante la producción y manejo de productos frescos en campo y las BPM son criterios ampliamente definidos a seguir durante la producción en plantas procesadoras de alimentos para asegurar que el alimento sea preparado, envasado y comercializado bajo condiciones sanitarias (Gorny, 2001b).

A diferencia de las BPA, las BPM son reglas que son claramente definidas y fáciles de aplicar debido a que el ambiente de procesamiento tiene barreras fácilmente definidas y las actividades de procesamiento pueden ser contenidas y controladas (FDA, 2001).

Las actuales regulaciones de BPM listan que tipo de planta (incluyendo el diseño y construcción de la planta, iluminación, ventilación), instalaciones (lavamanos y sanitarios), equipo de limpieza y mantenimiento, manejo de materiales, y control de plagas son necesarios, así como que errores evitar para asegurar la buena sanidad de la planta procesadora (FDA, 2002).

HACCP es un método sistemático para la identificación y prevención de riesgos implementado por la industria alimentaria para asegurar la producción

de un alimento inocuo (Gorny, 2001a). El programa HACCP identifica todas las áreas o sitios potenciales donde patógenos bacteriológicos pueden introducirse desde que el producto es recibido y procesado en la planta (Watada, 1997), además implementa protocolos en cada paso para monitorear elementos clave y minimizar el deterioro de la calidad del producto (Roming, 1995).

Una vez que los patógenos humanos se han introducido en frutas y vegetales, es casi imposible removerlos excepto a través de la cocción. HACCP es un método proactivo designado para prevenir la contaminación, antes de que ocurra, en lugar de monitorear posible contaminación después de que haya ocurrido. Por lo tanto, comparado con los programas reactivos, es menos costoso y más confiable (Gorny, 2001a).

En los Estados Unidos, el Departamento de Agricultura tiene un programa llamado "Qualified Through Verification Program" el cual inspecciona y certifica plantas procesadoras que cuentan con un programa HACCP (Watada, 1997). Es importante notar que este programa asegura las prácticas sanitarias, pero no la calidad visual o sensorial del producto.

HACCP es meramente un componente o herramienta en un programa de seguridad alimentaria y no puede ser implementado sin programas previos, como son BPA, BPM y un plan sanitario bien desarrollado (FDA, 2001).

2.6.5. Alternativas y métodos patentados

Existen algunas patentes para la conservación de productos precortados.

La patente estadounidense número 6,159,512 revela un método para prevenir oscurecimiento enzimático, pudrición microbiana, reducir el deterioro y extender la vida útil de fruta fresca cortada, pelada o segmentada con la intención de almacenarse en frío, distribuirse, mercadearse o someterse a procesos posteriores. El método consiste en cubrir la superficie del producto con un gel comestible conteniendo suficiente antioxidante para inhibir el oscurecimiento enzimático. Dicho gel tiene un pH por debajo de 3 y

opcionalmente el material que envuelve dicha fruta permite la transmisión de oxígeno y dióxido de carbono manteniendo una atmósfera de al menos 2% de oxígeno.

La patente estadounidense número 5, 547,693 revela el método para reducir la decoloración en la superficie causada por el desarrollo de tejido blanquecino en frutas y vegetales precortados debido a la deshidratación. Este método consiste en aplicar una cubierta comestible higroscópica, ya sea de una sal higroscópica o un alcohol bajo alcalino, y se almacena en un contenedor de plástico permeable a gases capaz de mantener una humedad interna entre el 90 y 100%.

La patente europea número 289,777 revela un método para preparar y preservar fruta fresca cortada para ser almacenada por largos periodos de tiempo sin sufrir pérdidas apreciables de sabor, color y textura. El método consiste en separar la pulpa de la cáscara, cortarla en pedazos, envasar los pedazos en un contenedor impermeable a gases, inyectar el contenedor con una mezcla de oxígeno, sellar el recipiente, enfriar el producto a una temperatura entre -1 a -6° C para provocar un impacto de frío y almacenar los recipientes a una temperatura entre -1 a 10° C.

La patente australiana 200165470 revela un método para preservar frutas y verduras precortadas, las cuales son inmersas en una solución que contiene un flavonoide y un antioxidante como ácido ascórbico. Este método predica el descubrimiento de que en presencia de flavonoides se inhibe la acción enzimática y bacteriana que conlleva a la decoloración y pudrición del producto. Algunas frutas tienen un contenido adecuado de ácido ascórbico por lo que la adición del flavonoide es suficiente.

Otra patente australiana 199964438 revela el uso de una emulsión para preservar productos precortados, la cual contiene ácido ascórbico, ácido cítrico y cloruro de calcio, envasados en condiciones bajas en oxígeno y almacenadas a bajas temperaturas ($0-7^{\circ}$ C). En esta solución, es importante que el pH de la

solución acuosa no sea muy bajo, ya que las frutas o verduras cortadas pueden adquirir un sabor ácido, lo cual es indeseable. Generalmente, el pH de la solución debe ser mayor a 3.5, el cual dependerá de las cantidades de ácido ascórbico y ácido cítrico usado.

La patente estadounidense 5,939,117 revela el uso de un método para extender la vida útil de frutas frescas, particularmente frutas cortadas. El método conserva la textura, sabor, apariencia y color de frutas frescas, mediante una solución que contiene, agua, iones de calcio e iones de ascorbato, presentes en una relación de 1.5:1 a 2.5:1. Preferentemente las frutas son almacenadas a temperaturas de -2 a 7° C.

Por lo anterior se ha visto que el uso de antioxidantes en combinación con otras técnicas, reduce el oscurecimiento y deterioro de frutos cortados. Sin embargo, no se conoce la efectividad de estos tratamientos en otras variedades de mango, de importancia económica en México, como es el caso de mango 'Ataulfo'. Al conocer, la efectividad de estos tratamientos se abriría la posibilidad de aumentar el valor agregado de estos frutos con el consecuente beneficio para productores y consumidores.

3. Hipótesis

El uso de cubiertas comestibles y antioxidantes naturales, retienen la calidad físico-química y nutricional, prolongando la vida útil de mango precortado almacenado a 5°C.

4. Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de 2 cubiertas comestibles y una emulsión de antioxidantes y calcio, para extender la vida útil de mango precortado.

Objetivos Particulares

- Estudiar los cambios físico-químicos y bioquímicos en tres variedades de mango precortado tratados con 2 cubiertas comestibles y una mezcla de antioxidantes y calcio.
- Estudiar el efecto del proceso de cortado en la pérdida de firmeza, cambio de color de la superficie, contenido de ácido ascórbico, β -caroteno y azúcares.
- Determinar el mejor tratamiento para alargar la vida de anaquel y retención de la calidad nutricional de mango precortado.

5. Materiales y Métodos

5.1 Material Vegetal

En este estudio se utilizó mango (*Mangifera indica* L.) de las variedades "Ataulfo", "Kent" y "Keitt", las cuales se obtuvieron de la zona productora del Rosario, Sinaloa, en la temporada Junio-Julio del 2002. Los mangos fueron seleccionados al azar y tratados hidro-térmicamente durante 90 min. para poder introducirse al estado de Sonora. Se transportaron bajo refrigeración hasta Nogales, Sonora y posteriormente, se trasladaron al laboratorio de Ciencia y Tecnología de Frutas y Hortalizas del CIAD, en transporte sin refrigeración. Una vez llegada la fruta, se almacenó a 15°C, hasta ser utilizados.

La **Fig. 6** muestra el diagrama de flujo que se siguió durante el desarrollo de este experimento. Una vez que la firmeza de la fruta disminuyó alrededor de 11-27 N, se procedió a seleccionar la fruta para eliminar frutos con defectos físicos. Posteriormente, se lavaron con agua clorinada (250 ppm) durante 3 minutos, se secaron y se separaron en lotes diferentes. Después la fruta fue rebanada manualmente con cuchillos filosos por ambos lados de cada mango y se separó la pulpa de la piel mediante una cuchara afilada. Posteriormente, de cada cachete del fruto se obtuvieron 9 trozos de aproximadamente 8 cm³. Después el producto fue saneado con agua clorinada (150 ppm), se escurrieron y se procedió a la aplicación de los tratamientos.

5.2 Tratamientos

La **Fig. 7** muestra los distintos tratamientos aplicados en cada variedad. Se realizaron 10 tratamientos, teniendo 3 variedades, con 2 emulsiones y el control. Una emulsión de antioxidantes y una solución conteniendo las cubierta comestible. Para el caso de la variedad 'Ataulfo', se utilizaron dos cubiertas comestibles (SemperFresh™ y Gustec™), para posteriormente eliminar

SemperFresh™ en las variedades 'Kent' y 'Keitt', debido ser productos comerciales a base del mismo material (ésteres de sacarosa) y mostrar mejores resultado la cubierta de Gustec™.

Se diluyó 20 gr. de ácido cítrico + 20 gr. de ácido ascórbico + 13 gr. de cloruro de calcio, en agua destilada a pH neutro, teniendo un pH final alrededor de 2.3. Para las cubiertas comestibles se diluyeron 15 ml de producto por litro de agua destilada a pH neutro, dando una concentración de 1.5%.

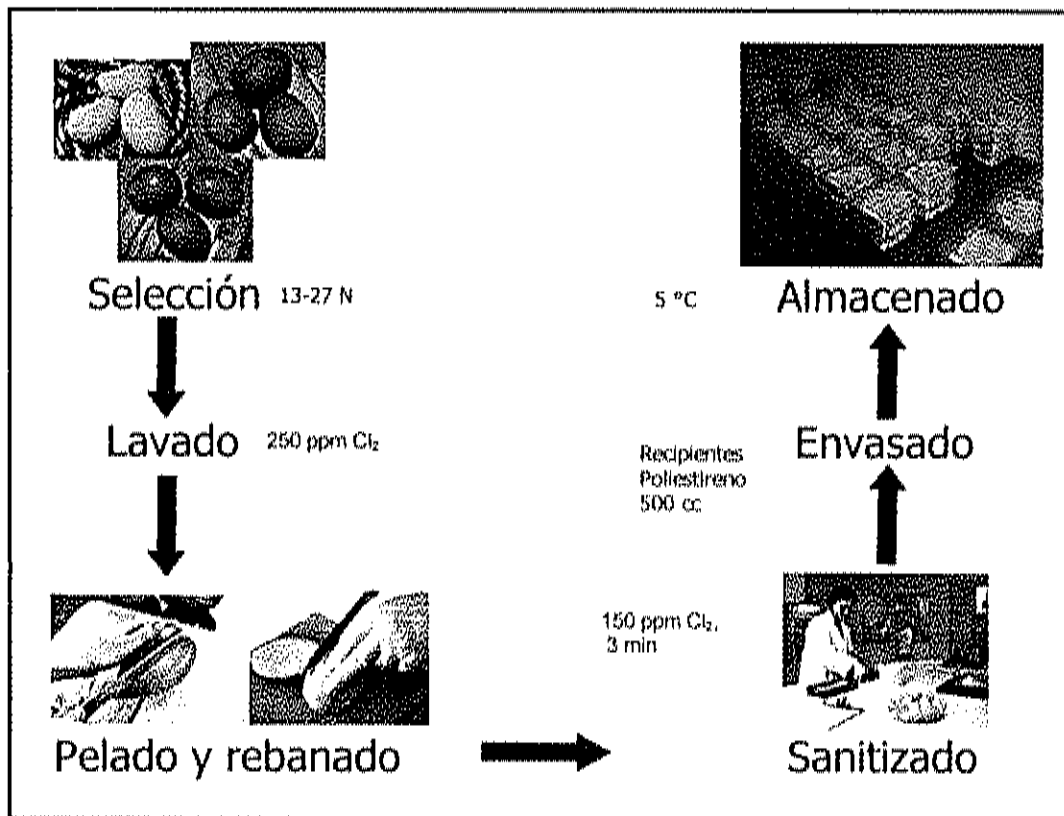


Figura 6. Proceso de elaboración del precortado de mango

Los trozos de mango fueron sumergidos en cada una de las soluciones durante 3 min., se escurrieron y removió el exceso de la solución con toallas de papel, para posteriormente colocarse en charolas de poliestireno de 250 cc (100 g. por charola). A cada charola se le colocó una tapa del mismo material

cerrada por presión sin sellarse herméticamente. Se utilizaron 30 charolas por tratamiento las cuales fueron almacenadas a 5°C durante 25 días.

Se tomaron, 6 charolas por tratamiento, para medir los cambios de la atmósfera dentro del envase (O₂, CO₂ y C₂H₄). A estas mismas charolas se les siguió el comportamiento durante todo el almacenamiento. De igual manera, se tomaron 3 charolas por tratamiento para medir el comportamiento del color (L*, a* y b*), a los cuales se les tomó lectura en dos puntos de cada cubo de las charolas durante el almacenamiento a 5° C. Después de 7, 14 y 21 días de almacenamiento a 5° C, se tomaron 10 charolas de cada tratamiento, para realizar las evaluaciones subjetivas. Primeramente, se evaluó el índice de oscurecimiento y el índice de deterioro.

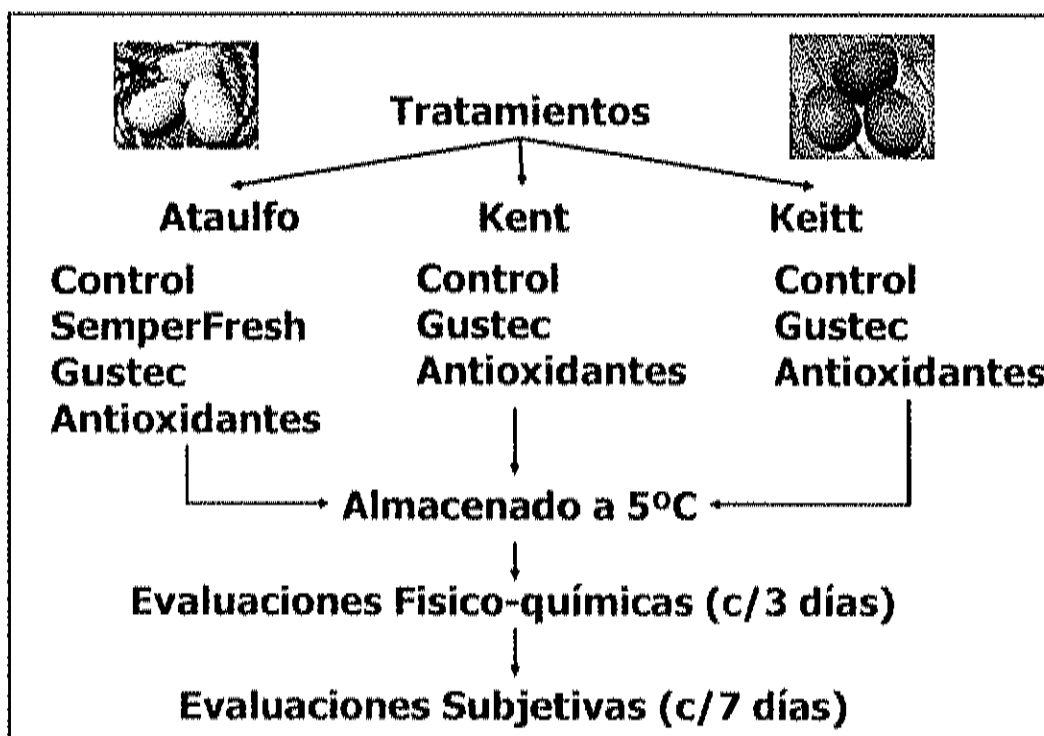


Figura 7. Diseño del experimento y tratamientos aplicados para "Ataulfo," "Kent," y "Keitt"

A intervalos de 3 días se utilizaron 3 charolas por tratamiento para medir pH, sólidos solubles totales (^oBrix), porcentaje de acidez titulable y firmeza. De las mismas charolas, se tomó muestra para medir el contenido de ácido ascórbico (30 g), contenido de azúcares (30g), vitamina A (30g) y etanol y acetaldehído (30g) y se almacenaron a -20°C hasta su análisis.

5.3 Evaluaciones Físico-Químicas

Todas las mediciones físico-químicas se realizaron a temperatura ambiente (25°C). Se analizó el color de uno de los lados de cada trozo en 3 charolas por tratamiento. Se utilizó un colorímetro Minolta CR-300, usando la escala Hunter L*, a*, b*, donde se tomó el valor de L* como indicador de oscurecimiento y el valor b* para determinar la tonalidad del color amarillo. Para medir los sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Atago modelo PR-101. Las mediciones se realizaron colocando dos gotas del extracto de 3 cubos por charola. Para medir la pérdida de firmeza se utilizó un texturómetro marca Texture Analyzer modelo TA-XT2 con un aditamento esférico de diámetro ¼" de acero inoxidable. La velocidad de penetración que se utilizó fue 10 mm/seg. Se midió la fuerza requerida en Newton para penetrar una distancia de 10 mm. Se realizaron 5 mediciones por charola en una cara del cubo.

El pH y el % de acidez titulable se midieron moliendo los trozos de las charolas previamente usadas para medir color y firmeza. Se tomaron 10 gr. de muestra por triplicado y se diluyeron en 50 mL de agua destilada neutralizada y se tituló hasta alcanzar un pH de 8.2 con NaOH a una concentración de 0.1 N (AOAC, 1990). Se utilizó un titulador Mettler modelo DL21, donde la acidez titulable es expresada en % de ácido cítrico.

Las evaluaciones subjetivas se realizaron a intervalos de 7 días. Se realizó con un panel de 10 personas sin entrenar (6 mujeres y 4 hombres), donde se evaluaron los síntomas de deterioro y oscurecimiento, usando una escala hedónica donde 1= ninguno, 3= mínimo, 5= moderado, 7= severo, 9= extremo.

Se evaluaron tres trozos por tratamiento donde se proporcionaban las muestras codificadas para evitar que el panelista identificara los tratamientos. Los datos fueron analizados expresando el porcentaje de distribución de las calificaciones con las que se evaluaron cada tratamiento, a lo largo de todo su almacenamiento. Se calculó el porcentaje para cada calificación y se realizó un análisis estadístico mediante χ^2 -cuadrada.

Se analizó la concentración de gases (O_2 , CO_2 y C_2H_4) dentro de seis charolas por tratamiento en intervalos de 3 días tomando muestras de 1 mL de aire con una jeringa hermética. Se utilizó un cromatógrafo de gases Varian Star 3400CX con un detector de ionización de flama (FID) y conductividad térmica (TCD). Se utilizó una columna HAYESEP N de 2m de longitud, con diámetro externo de 1/8 pulgada 80/100, utilizando nitrógeno como gas acarreador. Las condiciones de la corrida fueron: temperatura del DCT (Detector de Conductividad Térmica) ($170^\circ C$), temperatura del filamento ($205^\circ C$) y temperatura del inyector ($70^\circ C$). Las concentraciones de los estándares empleados fueron 25% de O_2 , 5% de CO_2 y 1ppm de C_2H_4 . Para determinar la concentración de cada gas, se integro el área bajo la curva y se compararon con las áreas de los estándares conocidos.

5.4 Evaluaciones Bioquímicas

Para la determinación de azúcares (Fructosa, Glucosa y Sacarosa), se utilizó el método descrito por Smith y col. (1986). Para la extracción se utilizaron 10g. de muestra, los cuales se homogenizaron con 50 mL de agua destilada y se llevo a ebullición durante 15 min. Se filtró en tela organza y se centrifugo a una temperatura de $25^\circ C$ durante 15 min. a 14,000 rpm en una centrifuga eppendorf, modelo 5415c. El sobrenadante obtenido fue filtrado en un papel de $0.22 \mu m$. Del extracto, se tomaron 10 μl . y se inyectaron a un equipo de HPLC Varian 9012. Se utilizó una columna Superlosil LC-NH₂ 250mm x 4.6mm (longitud y diámetro interno), con una velocidad de flujo de 1.0 mL/min., fase

móvil de acetonitrilo: agua (80:20 v/v) y un tiempo de corrida de 15 min. La detección se realizó con un detector de Índice de refracción marca Varian ProStar modelo 350RI. Para determinar la concentración de cada azúcar, se integro el área bajo la curva y se compararon con las áreas de los estándares conocidos.

La determinación de ácido ascórbico se llevó a cabo de acuerdo al método descrito por Doner y Hicks (1981). Para la extracción se utilizaron 10g. de pulpa, las cuales se homogenizaron por 2 min. en 50 mL de una solución de ácido acético glacial y ácido metafosfórico (Sigma Chemical Co.) (80 mL/ 30g./ L.). Se filtro en tela de organza y se centrifugo durante 15 min. a 14,000 rpm en una centrifuga eppendorf, modelo 5415c. El sobrenadante se filtro en papel filtro de 0.22 μ m. Posteriormente, se tomaron 10 μ L. y se inyectaron a un equipo de cromatografía liquida de alta resolución (HPLC) Varian 9012. Se empleó una columna Waters-NH₂ de tipo μ Bondapak de 250 mm. x 4.6 mm x 10 μ m. (diámetro, longitud y tamaño de partícula). Se utilizó una velocidad de flujo de 1.0 mL/ min. y una fase móvil acetonitrilo-fosfato de potasio (Sigma Chemical Co.) (75:25 v/v). El tiempo de duración de la corrida fue de 12 min. La detección se realizó con un detector UV-Vis Varian 9050, a una longitud de onda de 268 nm. Para determinar la concentración del ácido ascórbico, se integró el área bajo la curva y se compararon con las áreas de los estándares conocidos. Los resultados se expresaron en miligramos de ácido ascórbico / 100 g. de peso fresco. Se realizaron 6 repeticiones por tratamiento.

La determinación de β -caroteno se llevó a cabo de acuerdo al método descrito por Mejia y col. (1988). Para la extracción se utilizaron 10g de muestra, las cuales se homogenizaron por 2 min. en 25 mL de Tetrahidrofurano y 0.10g de BHT para estabilizar el contenido de β -caroteno (Sigma Chemical Co.). Se centrifugo durante 15 min. a 14,000 rpm en una centrifuga eppendorf, modelo 5415c. El sobrenadante se filtró a través de papel filtro de 0.22 μ m. Posteriormente, se tomaron 10 μ L. y se inyectaron a un equipo de

cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) Varian 9012. Se empleó una columna Waters-NH2 de tipo μ Bondapak de 250 mm. x 4.6 mm x 10 μ m. (diámetro, longitud y tamaño de partícula). Se utilizó una velocidad de flujo de 1.0 mL/ min. y una fase móvil acetonitrilo-metanol-tetrahidrofurano grado HPLC (Sigma Chemical Co.) (58:35:7 v/v). El tiempo de duración de la corrida fue de 20 min. La detección se realizó con un detector UV-Vis Varian 9050, a una longitud de onda de 460 nm. Para determinar la concentración del β -caroteno, se integró el área bajo la curva y se compararon con las áreas de los estándares conocidos. Los resultados se expresaron en miligramos de β -caroteno / 100 g. de peso fresco. Se realizaron 6 repeticiones por tratamiento.

Para la determinación de etanol y acetaldehído se utilizó la técnica de Davis y Chace (1969). Se utilizaron 3.3 g. de tejido, los cuales se colocaron en viales de vidrio ámbar con capacidad de 10 ml., provistos de una septa de teflón. Se calentaron a 70° C en un baño de agua con temperatura controlada durante 15 min. Posteriormente, se tomó 1 ml. del espacio de cabeza con una jeringa hipodérmica y se inyectó a un cromatógrafo de gases Varian Star 3400CX, provisto de una columna Cromosorb 101 80/100 de 2 m. de longitud. Las temperaturas usadas fueron de 110 °C para el inyector, 100°C en la columna y 180°C en el DIF. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador y el ensayo se realizó por triplicado. Para calcular el área bajo la curva de las muestras, se reintegraron las mismas con el paquete Varian Star. Posteriormente se corrió una curva estándar que fue de 1 a 1000 μ l de mezcla acetaldehído-etanol en partes iguales. Las concentraciones fueron obtenidas en función de las siguientes ecuaciones de regresión lineal:

$$\text{Acetaldehído mg/100ml}=(\text{área bajo la curva}+74.627)/1,160,748.8$$

$$\text{Etanol mg/100ml}=(\text{área bajo la curva}+5082.35)/632889.77$$

Con una R= 0.9998. Los resultados se expresaron en μ g de acetaldehído o etanol/ g de muestra.

5.5 Análisis Estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico Number Cruncher Statistical Systems (NCSS) mediante análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó un arreglo factorial completamente al azar con las variables variedad y tratamiento, y se bloqueó la variable días, para poder evaluar solo el efecto de los tratamientos y variedades. Para los tratamientos con un nivel de significancia <0.05 , se realizaron comparaciones de medias mediante el método de mínimas diferencias significativas (LSD). Para los datos cualitativos, como los obtenidos en la evaluación sensorial, se realizó un análisis mediante χ^2 -cuadrada.

6. Resultados y Discusión

6.1 Contenido de O₂ y CO₂

En lo que respecta a la concentración de gases dentro de las charolas utilizadas, no se pudo crear una atmósfera modificada con niveles bajos de O₂ (<5%) y/o altos de CO₂ (>5%), que tuvieran un efecto significativo en la vida de anaquel del producto. Esto podría ser debido a que las charolas no estaban selladas herméticamente, provocando un mayor intercambio de los gases con la atmósfera externa. Sin embargo, es importante señalar que este tipo de charolas son utilizadas ampliamente para efectos prácticos en varios productos cortados.

La **Fig. 8** muestra los cambios en el contenido de O₂ dentro de los envases conteniendo los mangos precortados. La concentración de O₂ disminuyó en los primeros 3 días en los frutos de las 3 variedades evaluadas, siguiendo un comportamiento parecido. Los niveles de O₂ disminuyeron hasta alcanzar valores entre 17-19%. Posteriormente, estos niveles se mantuvieron hasta el final de almacenamiento, para las variedades 'Ataulfo' y 'Kent'. Sin embargo, para el caso de la variedad 'Keitt', se observó una reducción paulatina con el tiempo de almacenamiento. No se observaron diferencias significativas en los cambios en el contenido de O₂, entre los tratamientos evaluados.

La concentración de CO₂ aumentó considerablemente durante los primeros 3 días de almacenamiento, dentro del envase en los diferentes tratamientos utilizados, hasta alcanzar niveles entre 2-3.5% (**Fig. 9**). Posteriormente, se mantuvo relativamente sin cambios apreciables, siguiendo un comportamiento parecido en las 3 variedades evaluadas. La reducción de los niveles de O₂ fue acompañada con el aumento en los niveles de CO₂. Al parecer los tratamientos aplicados no tuvieron un efecto significativo en los cambios en la atmósfera dentro de los envases conteniendo los mangos precortados.

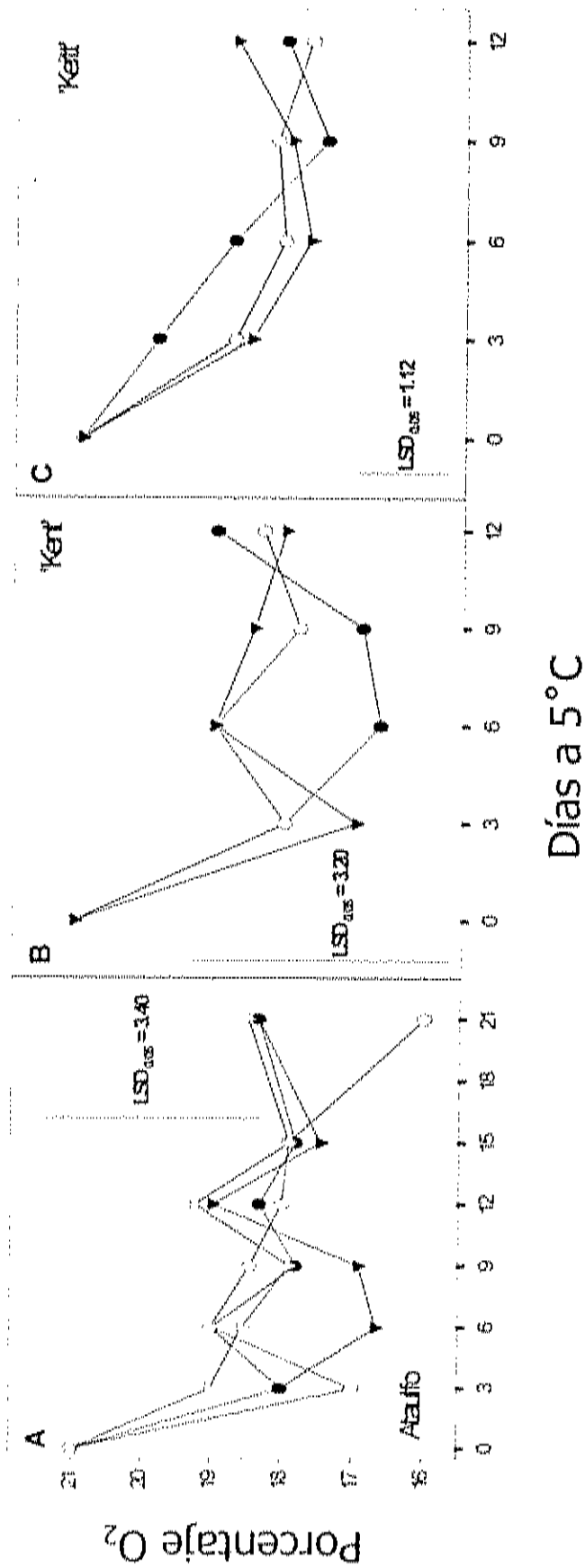
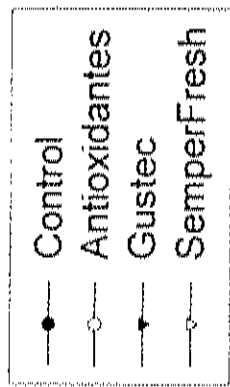
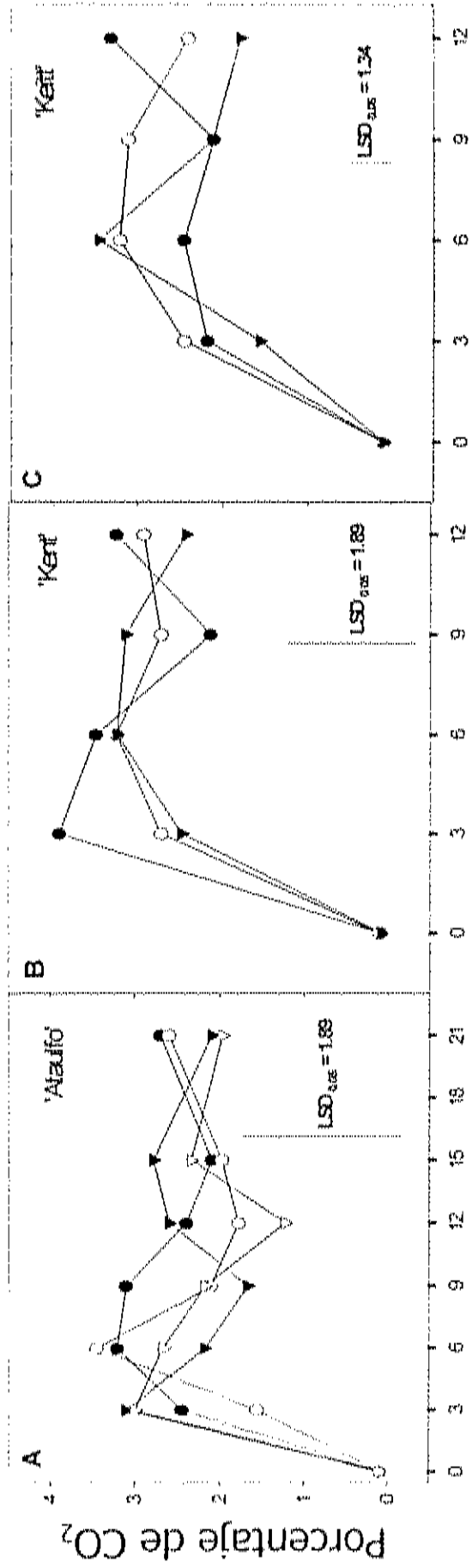
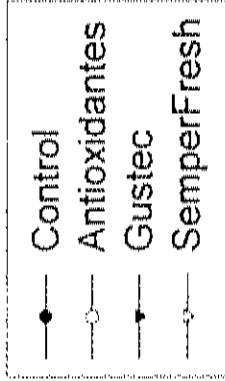


Figura. 8.- Cambios en el porcentaje de O₂ dentro del envase de mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

Se ha reportado que los procesos de cortado y pelado incrementan de 1-7 veces la tasa de respiración del producto (Wiley, 1994), sin embargo, al parecer esto no fue suficiente para crear una atmósfera modificada, probablemente debido a la baja temperatura (5°C) utilizada en este estudio, o a que las charolas no estaban selladas herméticamente.

Previamente, se observó que el uso del mismo tipo de envase y otros antioxidantes en precortados de piña, no modificaron la atmósfera dentro del envase, durante el almacenamiento a 10°C (Ruíz, 2002). De la misma forma, no se modificó significativamente las concentraciones de O₂ y CO₂ dentro de los envases, al utilizar otros antioxidantes en precortados de plátano (Membrives, 2001). La eficacia del uso combinado de antioxidantes y EAM en la reducción del oscurecimiento y deterioro, parece estar mas relacionada con los antioxidantes aplicados, que con la atmósfera modificada creada dentro de los envases de precortados de mango (González-Aguilar y col., 2000). A pesar de que el uso de antioxidantes tiene un efecto muy significativo en la reducción del oscurecimiento, parece ser que no existe una relación directa de estos compuestos en otras reacciones metabólicas de gran importancia como la tasa de respiración del fruto. Al parecer, el o los efectos de estos antioxidantes en la calidad del fruto, no esta relacionado con los cambios fisiológicos que ocurren en los precortados de mango. Sin embargo, se ha reportado que la aplicación de una atmósfera modificada (4% O₂, 10% CO₂ y 86% N₂) en precortados de mango 'Keitt' y piña, incrementa significativamente la vida de anaquel y se reduce el deterioro causado por microorganismos (Martínez-Ferrer y col., 2002). Cabe mencionar que los precortados de mango de la variedad 'Keitt' fueron tratados térmicamente (100°C/ 1 min.) y posteriormente con ácido ascórbico 0.2 M durante 10 min., previo almacenamiento en AM (Boynton

Las cubiertas comestibles pueden proveer una protección adicional a los productos precortados, y además, pueden ofrecer el mismo efecto que el almacenamiento en atmósferas modificadas, modificando la composición



Días a 5°C

Figura. 9.- Cambios en el porcentaje de CO₂ en las charolas de mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Kent', almacenados a 5°C.

interna de gases en el tejido vegetal (Park, 1999).

Al parecer, los cambios en el contenido de O_2 y CO_2 , no tuvieron un efecto significativo en los cambios de calidad y vida de anaquel de los precortados de mango. Esto debido a que los frutos sin tratar (control) tuvieron cambios muy parecidos en O_2 y CO_2 , que los frutos tratados con las cubiertas comestibles y la mezcla de antioxidantes.

Se requieren otros envases y/o uso de películas que creen una atmósfera modificada con menores niveles de O_2 y/o mayores niveles de CO_2 , para tener un efecto significativo en la retención de la calidad de precortados de mango, como reportó previamente (Martínez-Ferrer y col., 2002). Con respecto a la producción de etileno no se detectó dentro de las charolas (datos no mostrados). Estos resultados coinciden con los reportados, previamente en mango precortado, donde se observó una producción de etileno muy baja y en ocasiones casi nula (Allong y col., 2001; Chantanawarangoon, 2000).

6.2 Color (L^* , a^* y b^*)

En algunos productos precortados como manzanas y peras, se ha logrado desarrollar tratamientos que mantienen satisfactoriamente las condiciones iniciales de estos productos (Gorny y col., 2002). Sin embargo, hasta el momento se desconoce el efecto de algunos antioxidantes en la reducción del oscurecimiento de algunas variedades de mango, como 'Ataulfo' que están teniendo una gran demanda a nivel mundial y donde México es un productor muy importante.

Los parámetros L^* , a^* y b^* son comúnmente utilizados para describir los cambios de color de frutos precortados. El valor L^* nos describe la luminosidad de la muestra, donde el 100% representa un color blanco y 0 negro. El valor positivo y negativo de a^* nos indica una coloración roja y verde, respectivamente. Mientras que el valor positivo y negativo de b^* nos indica una coloración amarilla y azul, respectivamente (Fig. 10).

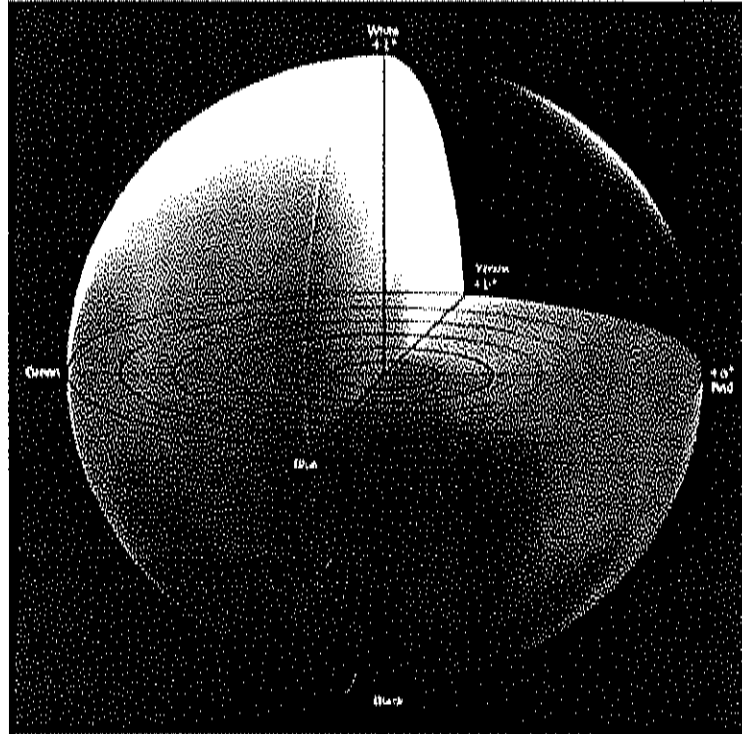
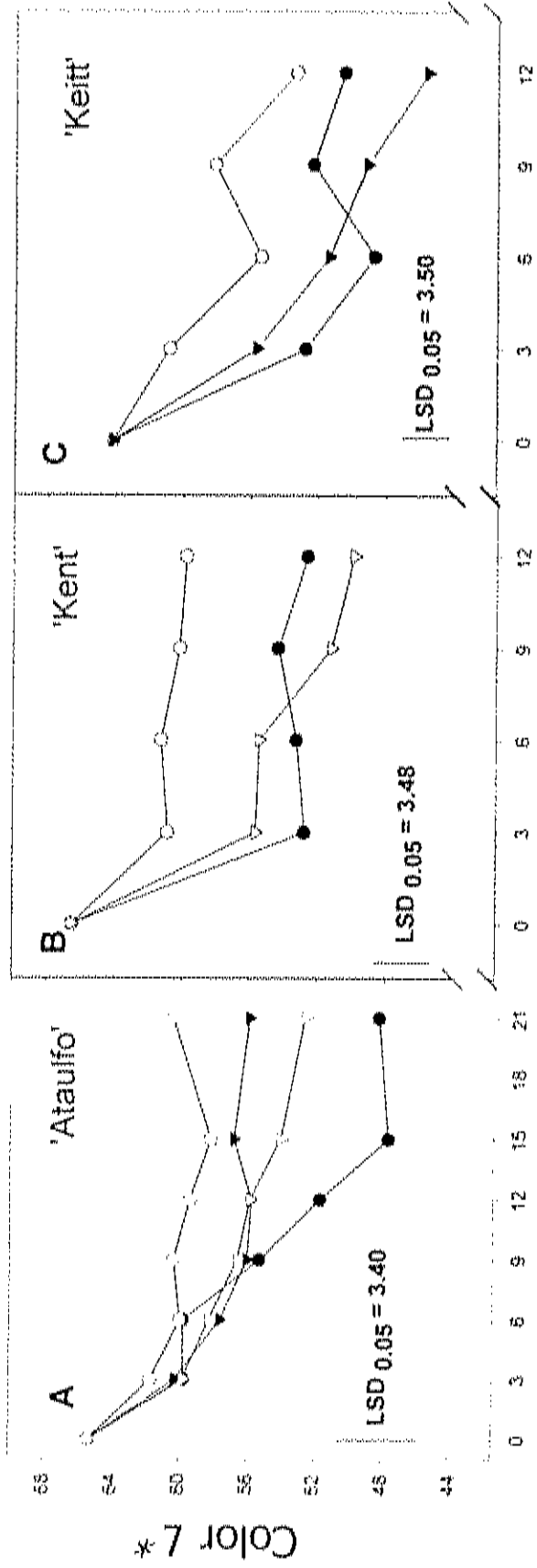
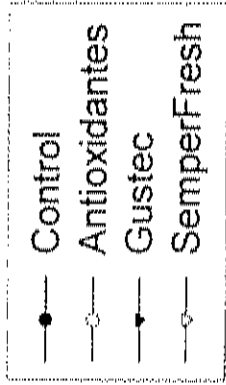


Figura 10. Espacio de color basado en los parámetros L^* , a^* y b^* (CIE)

El oscurecimiento de mango precortado es un factor limitante en su vida útil, y puede ser medido después de procesado mediante el valor de color L^* , el cual decrece durante el almacenamiento indicando un oscurecimiento del tejido (Vilas-Boas y Kader, 2002). Los valores iniciales de L^* (64-66) fueron muy similares en las 3 variedades estudiadas (Fig. 11), siguiendo un comportamiento parecido durante el almacenamiento a 5°C. Estos valores iniciales de L^* coinciden con los reportados previamente en estudios de cubos de mango de las variedades 'Tommy Atkins', 'Keitt' y 'Kent' (Rattanapanone y col., 2001; Vilas-Boas y Kader, 2002). En el presente estudio se observó que el tratamiento de antioxidantes evitó efectivamente los cambios de color de mango precortado, durante el almacenamiento a 5°C. Este tratamiento mantuvo altos los valores de color hasta por 14 días para la variedad 'Kent' y 'Keitt', y 21 días



Días a 5°C

Figura. 11.- Cambios en color para el valor L^* de mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

para el caso de la variedad 'Ataulfo'. Cabe mencionar que la mayor reducción en el valor de L^* se observó después de 3 días a 5°C, para posteriormente mantenerse relativamente estable sin cambios apreciables en las variedades de mango 'Ataulfo' y 'Kent'. Sin embargo, se observó una reducción de L^* al final de almacenamiento en la variedad 'Keitt'. Los frutos control presentaron la mayor reducción en los valores de L^* , seguido de las cubiertas comestibles utilizadas. No se observaron diferencias significativas entre las 2 cubiertas comestibles utilizadas, para la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt'.

Se encontraron diferencias significativas en los valores de Color L^* y b^* (Fig. 12 y 14), entre tratamientos y variedades. El valor de color b^* se utiliza para estimar los cambios en la intensidad del color amarillo (a mayor valor mayor la intensidad) durante el almacenamiento (Allong y col., 2000). Aunque se tuvieron valores iniciales de b^* alrededor de 40 para todas las variedades, la variedad 'Ataulfo' tratada con los antioxidantes, fue la que presentó los menores cambios de este valor, manteniéndose en valores cercanos de $b^* = 36$, después de 21 días a 5°C. Sin embargo, se observó una mayor disminución de b^* en las variedades 'Kent' y 'Keitt', con valores de 35 y 28 después de 12 días a 5°C, respectivamente.

6.3 Firmeza

La firmeza de mangos precortados disminuyó paulatinamente con el tiempo de almacenamiento. Esta disminución fue mas evidente en los frutos de las variedades 'Kent' y 'Keitt', después de 3 días a 5°C. Sin embargo, la pérdida de firmeza fue menor en la variedad 'Ataulfo', independientemente del tratamiento utilizado. Se puede observar que el uso de antioxidantes redujeron la pérdida de firmeza de las variedades de mango 'Ataulfo' y 'Keitt'. Sin embargo, no tuvo ningún efecto benéfico en la variedad 'Kent'. El efecto de los tratamientos disminuyó notablemente al final del almacenamiento, en las 3 variedades estudiadas (Fig. 15). Para la variedad 'Keitt', se observó decoloración y una

textura acuosa a partir del día 9, lo cual no se observó en las demás variedades.

Después de 21 días a 5°C, los frutos de la variedad 'Ataulfo' tratados con los antioxidantes presentaron los mayores valores de firmeza (5 N). Mientras que los frutos de la variedades 'Kent' y 'Keitt', presentaron una firmeza de tan solo 1.5-2 N, después de 12 días a 5°C. Resultados similares se observaron en otras variedades de mango precortado y almacenado a 5°C, con valores de firmeza entre 1-2 N (Chantanawarangoon, 2000).

Al parecer el mantenimiento de la firmeza esta mas relacionado con la aplicación de CaCl_2 , que con el tratamiento de antioxidantes utilizados. Ya que previamente, se observó que el uso de distintos antioxidantes solos o en combinación con algunos agentes antimicrobianos, no tienen un efecto directo en la pérdida de firmeza de precortados de mango (González-Aguilar y col., 2000).

Limbanyen y col. (1998) no encontraron diferencias en firmeza y oscurecimiento en precortados de mango tratados con 1% de CaCl_2 con respecto al control, almacenados durante 8 a 10 días a 5°C. Sin embargo, Chantanawarangoon (2000), encontró que la inmersión de cubos de mango en una solución de 0.068 M de CaCl_2 por 2 minutos, previo almacenamiento a 5°C, redujo significativamente la pérdida de firmeza y prolongó la vida de anaquel. Se ha reportado que la aplicación de CaCl_2 a concentraciones entre 0.017-0.136 M, mantiene la firmeza de varios frutos y vegetales cortados (Gorny, 2001b).

Poovalah (1986) planteó que el principal efecto del calcio en frutos cortados, es la de mantener la integridad estructural de las membranas y pared celular. Se ha descrito que uno de los modos de acción de calcio, es la unión del calcio con los grupos carboxílicos adyacentes a las cadenas de poliuridonas, que ayudan a mantener la integridad de la pared celular y en consecuencia evitan la pérdida de firmeza del tejido vegetal (Van-Buren, 1979).

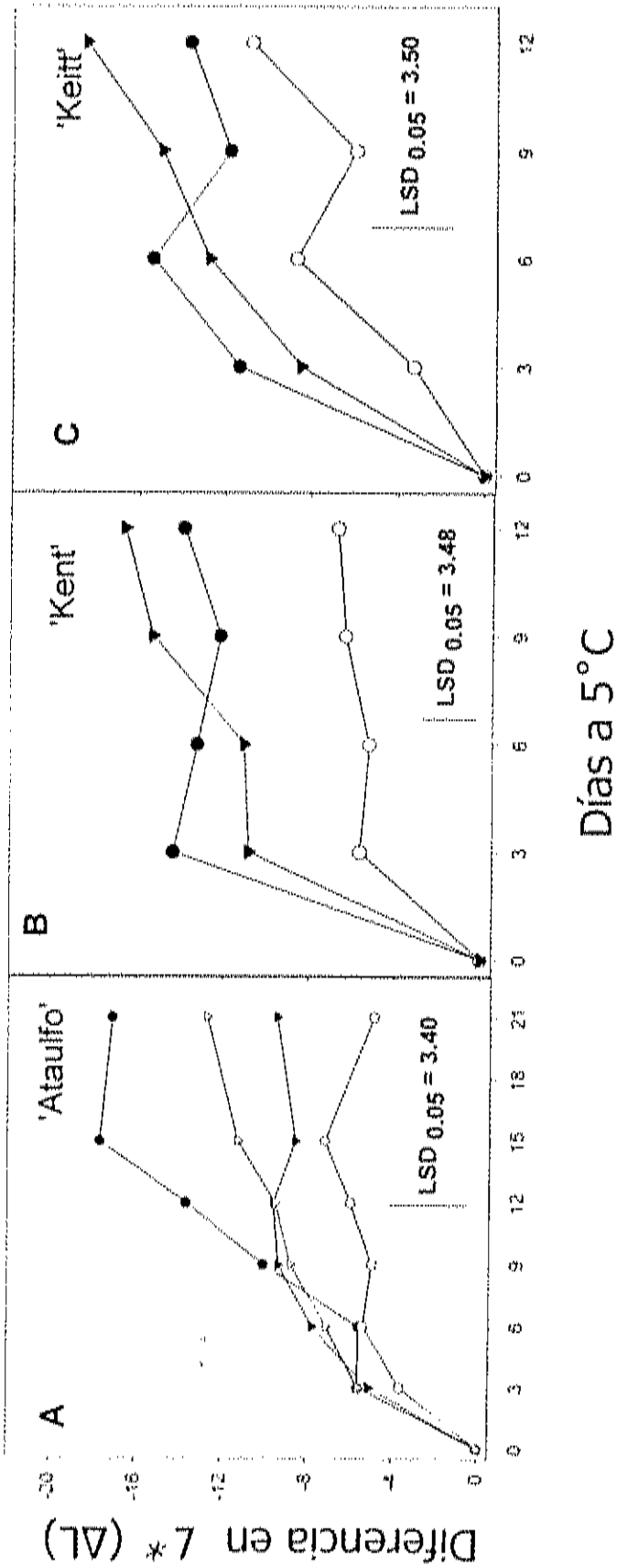
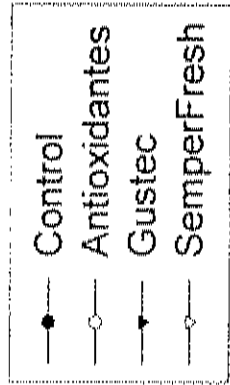
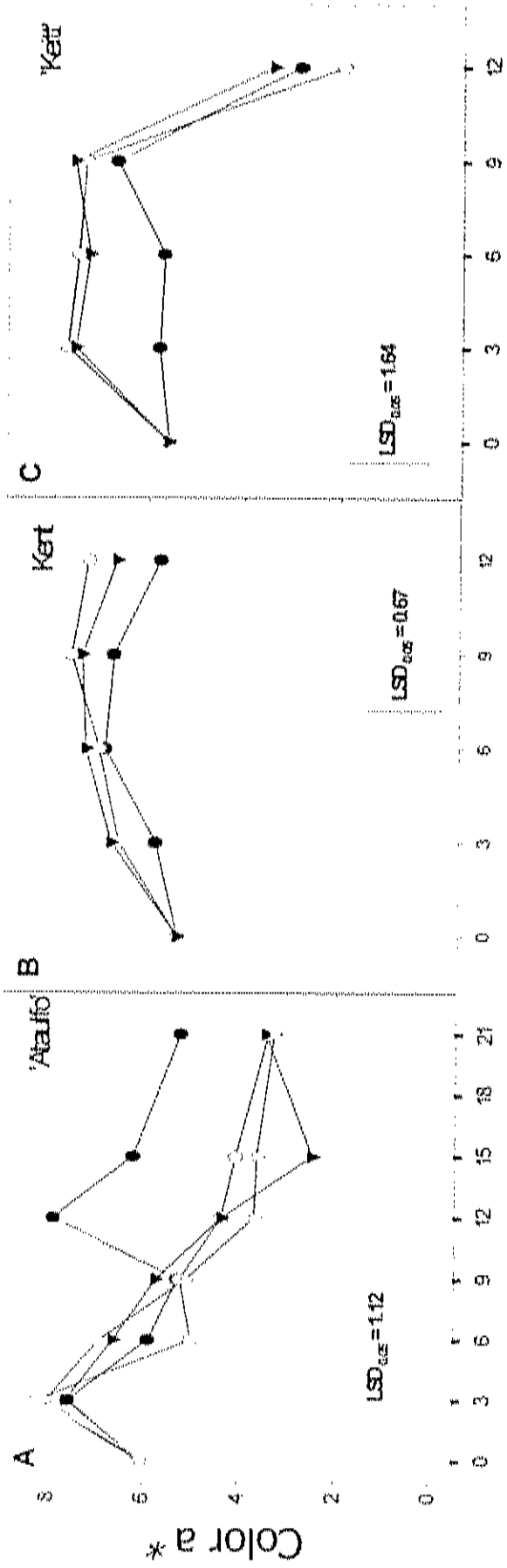
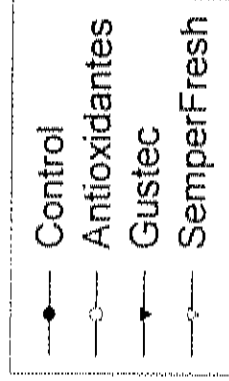


Figura. 12.- Diferencias en color para el valor L^* para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.



Días a 5°C

Figura. 13.- Cambios en color para el valor a* para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

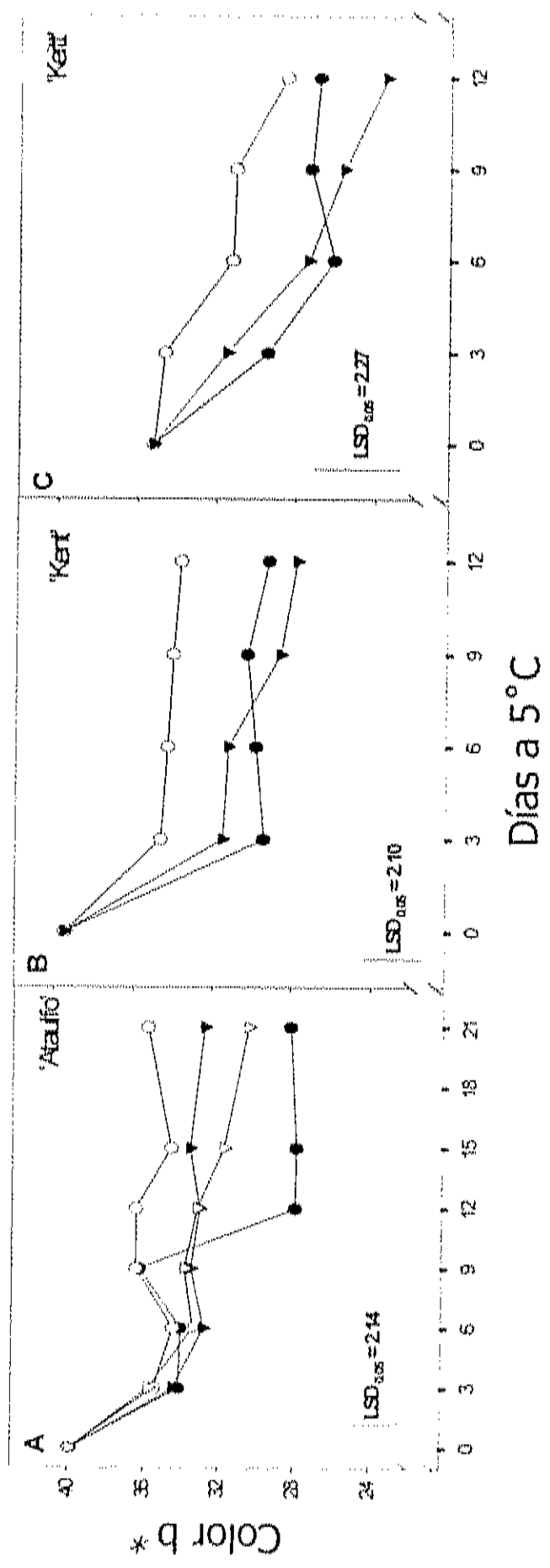
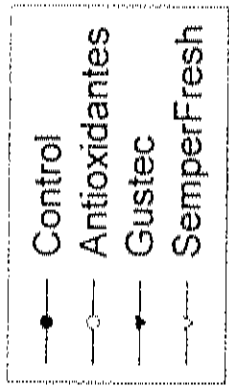


Figura. 14.- Cambios en color para el valor b^* para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Kent', almacenados a 5°C.

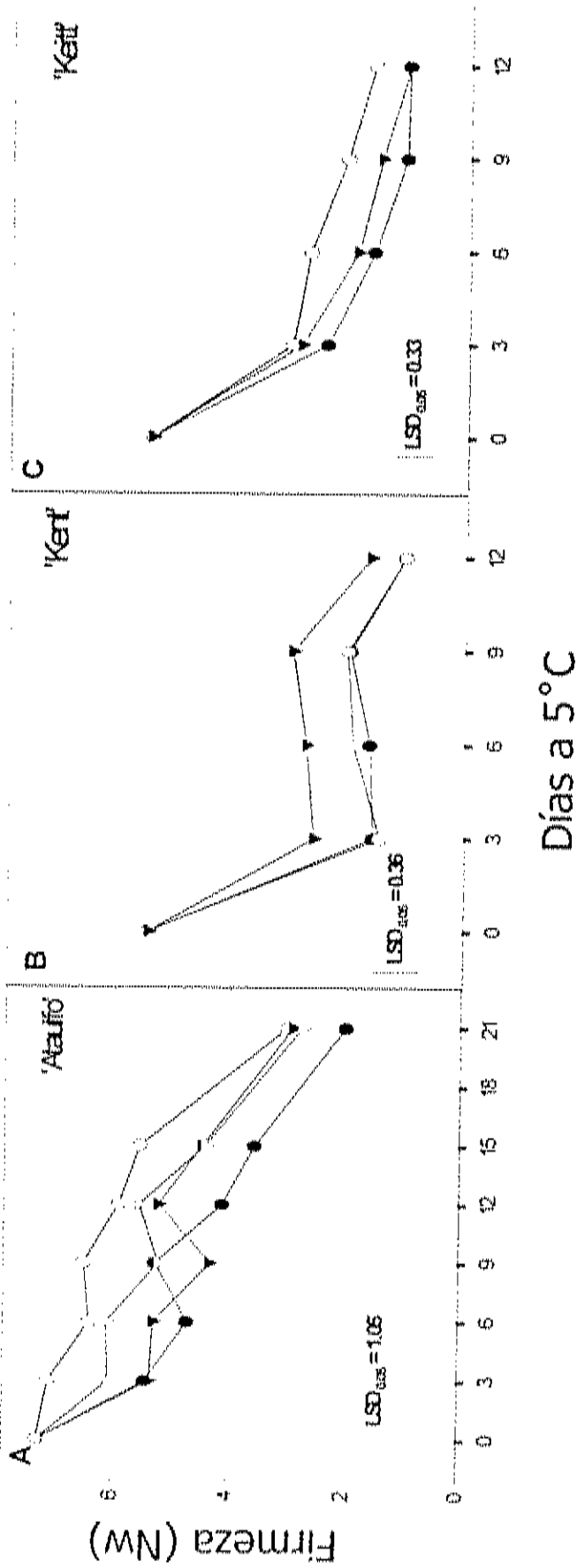
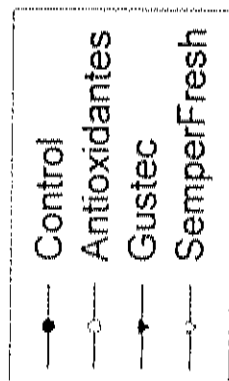


Figura. 15.- Cambios en firmeza de mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

Aunque algunos autores han reportado que el uso de cloruro de calcio provoca un sabor amargo (Luna-Guzmán y col., 2000). En el presente estudio, no se detectaron cambios apreciables en el sabor de los precortados de mango bajo los diferentes tratamientos al ser evaluados por los panelistas no entrenados (datos no mostrados). Sin embargo, es importante señalar que en los precortados de la variedad 'Ataulfo' se detectó un ligero sabor ácido, el cual podría estar relacionado con el mayor % de AT observada en esta variedad, respecto a las otras dos.

Se ha reportado que el envasado en atmósferas modificadas mantiene la firmeza de los frutos cortados. Al parecer el modo de acción de este sistema, es debido a la atmósfera saturada creada dentro del envase, que evita la pérdida de humedad y turgencia del producto (Kader y col., 2001). Previamente, se reportó que el uso de una atmósfera de 2% O₂ + 10% CO₂ en combinación con CaCl₂ 0.068 M, ayuda a mantener la firmeza y retrasa el oscurecimiento en cubos de mango almacenados a 5°C (Chantanawarangoon, 2000), sin embargo en este trabajo no se pudo evaluar el efecto de EAM debido a que no se pudo crear la atmósfera deseada.

Se ha observado que el uso de atmósferas controladas ha arrojado buenos resultados, en cuanto a la retención de la firmeza de rodajas de fresas y peras (Rosen y Kader, 1989), rodajas de durazno (Qi y Watada, 1997), cubos de melones (Qi y Watada, 1999) y rodajas de Kiwi (Agar y col., 1999). Sin embargo, el uso de atmósferas controladas que requieren un control estricto de los gases, presentan algunas desventajas para fines prácticos por su alto costo en la aplicación de frutos cortados.

6.4 Sólidos Solubles Totales, % de Acidez Titulable y pH.

No se encontraron diferencias significativas en el contenido de SST en las 3 variedades evaluadas durante el almacenamiento en frío, independientemente del tratamiento utilizado (**Cuadro 4**). Se ha reportado que los SST incrementan

Cuadro 4.- Medias de pH, Sólidos Solubles y % de Acidez Titulable (ácido cítrico) de mango precortado de las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenado a 5°C.

Tratamiento	pH						
	0	3	6	9	12	15	21
Ataulfo Control	3.6	3.5	3.4	3.2	4.2	4.1	4.1
Ataulfo Antioxidantes	3.6	2.9	3.0	3.1	3.2	3.7	3.3
Ataulfo Gustec	3.6	3.4	3.3	3.8	3.5	3.3	3.2
Ataulfo SemperFresh	3.6	3.2	3.4	3.4	3.5	4.2	3.4
Kent Control	3.6	3.8	3.8	3.9	4.0	-	-
Kent Antioxidantes	3.6	3.6	3.6	3.8	3.9	-	-
Kent Gustec	3.6	3.8	3.6	3.9	3.9	-	-
Keitt Control	3.6	3.8	3.8	3.8	4.3	-	-
Keitt Antioxidantes	3.6	3.6	3.6	3.6	3.9	-	-
Keitt Gustec	3.6	3.8	3.8	3.9	4.4	-	-

Tratamiento	Sólidos Solubles						
	0	3	6	9	12	15	21
Ataulfo Control	17.06	16.40	17.80	16.10	17.48	17.56	17.56
Ataulfo Antioxidantes	17.06	15.36	14.63	16.90	16.80	17.23	16.56
Ataulfo Gustec	17.06	15.30	15.66	17.03	16.16	15.63	16.83
Ataulfo SemperFresh	17.06	16.16	16.40	17.43	15.90	15.13	14.96
Kent Control	18.30	16.53	15.70	16.96	16.80	-	-
Kent Antioxidantes	18.30	17.26	16.50	15.66	16.23	-	-
Kent Gustec	18.30	16.56	16.33	16.50	16.46	-	-
Keitt Control	14.56	15.16	15.70	16.96	15.13	-	-
Keitt Antioxidantes	14.56	15.60	16.50	15.66	14.96	-	-
Keitt Gustec	14.56	15.93	16.33	16.50	15.60	-	-

Tratamiento	% de Acidez Titulable						
	0	3	6	9	12	15	21
Ataulfo Control	1.2021	1.1388	1.5666	2.1148	2.0283	2.4447	2.4447
Ataulfo Antioxidantes	1.2021	2.4794	1.8933	2.2127	1.7071	1.2050	1.7641
Ataulfo Gustec	1.2021	1.9507	1.5490	1.0000	1.3437	2.7566	1.8071
Ataulfo SemperFresh	1.2021	2.0756	2.2851	1.3273	1.6937	0.8846	0.9856
Kent Control	0.5942	0.7392	0.7696	1.2869	1.5607	-	-
Kent Antioxidantes	0.5942	0.6377	0.8672	0.7696	0.9029	-	-
Kent Gustec	0.5942	0.6517	0.8654	0.6260	0.6434	-	-
Keitt Control	0.5221	0.6941	0.5113	0.7118	0.8773	-	-
Keitt Antioxidantes	0.5221	0.6377	0.6342	0.4670	0.9110	-	-
Keitt Gustec	0.5221	0.6517	0.6293	0.6260	0.6981	-	-

con la maduración de los frutos de mango (Mitra, 1997). Bajo este concepto, era de esperarse un aumento durante el almacenamiento de precortados de mango. Sin embargo, al parecer los frutos utilizados habían alcanzado su máximo estado de maduración, al momento de ser cortados y tratados.

De la misma forma, no se encontraron diferencias significativas en los valores de pH y % de AT, para la variedad de 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keltt', después de 21 y 12 días de almacenamiento a 5°C, respectivamente (**Cuadro 4**). Estos resultados concuerdan con los encontrados en estudios previos, donde no se mostraron cambios significativos de estas variables, en mango precortado de las variedades 'Kent' y almacenado durante 10 días a 5°C (Chantanawarangoon, 2000; Rattanapanone y col., 2001).

6.5 Índice de Oscurecimiento y Deterioro

Uno de los principales problemas de los productos precortados es la susceptibilidad al oscurecimiento y decoloración del tejido, los cuales limitan significativamente su vida útil (Cantwell y Suslow, 2002). El oscurecimiento del tejido, favorece otras reacciones de deterioro, el desarrollo de patógenos y reduce la vida de anaquel del producto. De la misma forma, la aceptabilidad disminuye y el producto no se puede comercializar con facilidad, provocando pérdidas económicas. El oscurecimiento enzimático es causado principalmente por la enzima PPO, la cual en presencia del O₂ convierte los compuestos fenólicos en pigmentos de color oscuro (Beaulieu y Gorny, 2002).

Los procesos de cortado y pelado favorecen en distinta magnitud el oscurecimiento del tejido vegetal. La susceptibilidad al deterioro depende principalmente de las características intrínsecas del producto, temperatura y disponibilidad de O₂. Algunos productos se oscurecen con mayor rapidez que otros. Para el caso de mango, el oscurecimiento del tejido es un problema que hay que resolver con la aplicación de algunos compuesto antioxidantes.

Previamente se ha visto que el uso de antioxidantes en combinación con el EAM, reduce el oscurecimiento de cubos de mango 'Kent' durante el almacenamiento a 10°C (González-Aguilar y col., 2000). Sin embargo, no se conoce la efectividad de estos tratamientos en otras variedades de mango de gran importancia económica en México, como el mango 'Ataulfo'.

En el presente estudio se encontró que la superficie de los precortados de mango se oscureció con el almacenamiento en frío, siguiendo un patrón diferente. Para la variedad 'Ataulfo' se observaron diferencias significativas en el índice de deterioro y oscurecimiento entre los tratamientos utilizados (**Fig 16**). Para apreciar la distribución de evaluaciones para los tratamientos, se sumaron los porcentajes mayores o iguales a 7, que se tomó como límite mínimo de calidad de consumo. Para la variedad 'Ataulfo', la suma de porcentajes del índice de oscurecimiento fue el siguiente: para el tratamiento Antioxidantes es de 33.3%, comparado con el 90% para Control, 76.7% para Gustec y 80% para SemperFresh. Esto quiere decir que sólo el 33.3% de los trozos del tratamiento 'Ataulfo', no cumplieron con la calidad mínima de consumo, mientras que para el resto de los tratamientos, más del 70% del producto no cumplía con la calidad mínima de consumo, al final del almacenamiento a 5°C.

Para la evaluación de deterioro, el tratamiento de Antioxidantes resultó el mejor evaluado, donde solo el 25% del producto fue evaluado con un daño severo o extremo, mientras que para el tratamiento Control el 83% resultó evaluado como severo, y para el tratamiento Gustec y SemperFresh el 66% y el 77% resultó evaluado como severo o extremo.

Para las variedades 'Kent' y 'Keitt' no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el Índice de oscurecimiento y deterioro (**Fig. 17 y 18**). Para la variedad 'Kent', la suma de porcentajes del índice de deterioro para el tratamiento Antioxidantes es de 55%, comparado con el 65% para Control y 60% para Gustec. Como se puede apreciar, en el índice de deterioro, las diferencias en porcentajes entre tratamientos disminuyeron en

comparación con la variedad 'Ataulfo', aunque el tratamiento de antioxidantes siguió mostrando el mejor resultado. Para el índice de oscurecimiento, el tratamiento de Antioxidantes mostró que el 45% recibió una calificación severo o extremo, mientras que para el tratamiento control y Gustec, el 40 y 41% respectivamente, recibió la calificación de severo o extremo. (Fig. 19,20 y 21)

Para la variedad 'Keitt', la suma de porcentaje para el índice de deterioro es: el tratamiento de Antioxidantes es 65%, comparado con el 60% para Control y 75% para Gustec. Los resultados en esta variedad muestran similitud para todos los tratamientos. Para el índice de oscurecimiento, el tratamiento Antioxidantes fue calificado con el 34%, el Control con el 60% y Gustec con el 60%. Las diferencias para esta variedad estuvieron más marcadas en el índice de oscurecimiento, sin embargo el índice de deterioro nos indica que los cubos de mango perdieron su calidad, independientemente del tratamiento evaluado.

Probablemente los resultados no sean lo específico que se buscaba, debido a la falta de un panel entrenado, sin embargo, nos muestran las tendencias que confirman las evaluaciones físico-químicas y bioquímicas realizadas, en donde el tratamiento de Antioxidantes se muestra como el mejor tratamiento para retener la calidad de mango precortado.

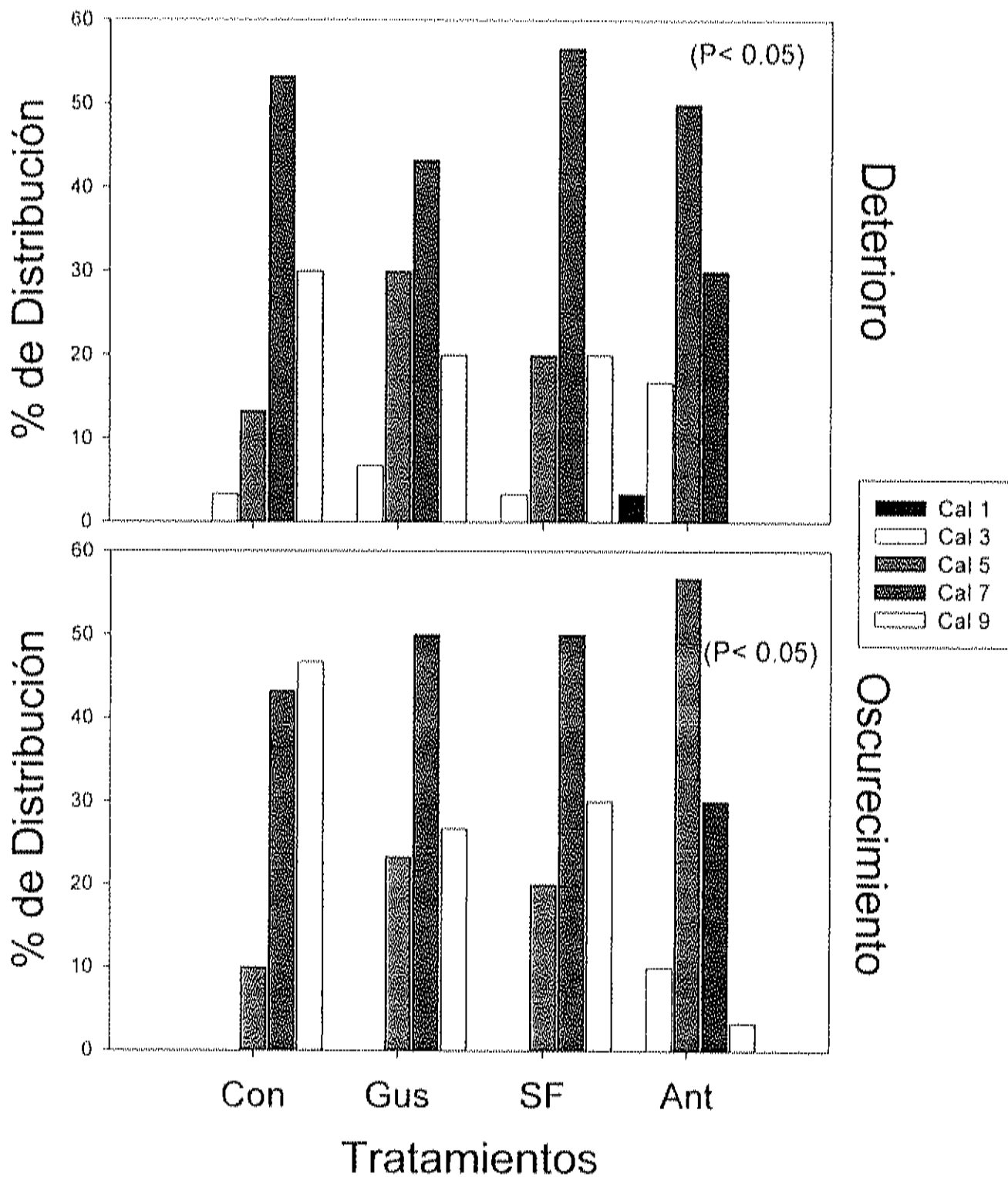


Figura. 16.- Distribución de las evaluaciones subjetivas deterioro y oscurecimiento, en base a porcentaje, respecto a cada tratamiento para mango precortado variedad 'Ataulfo', almacenado a 5°C.

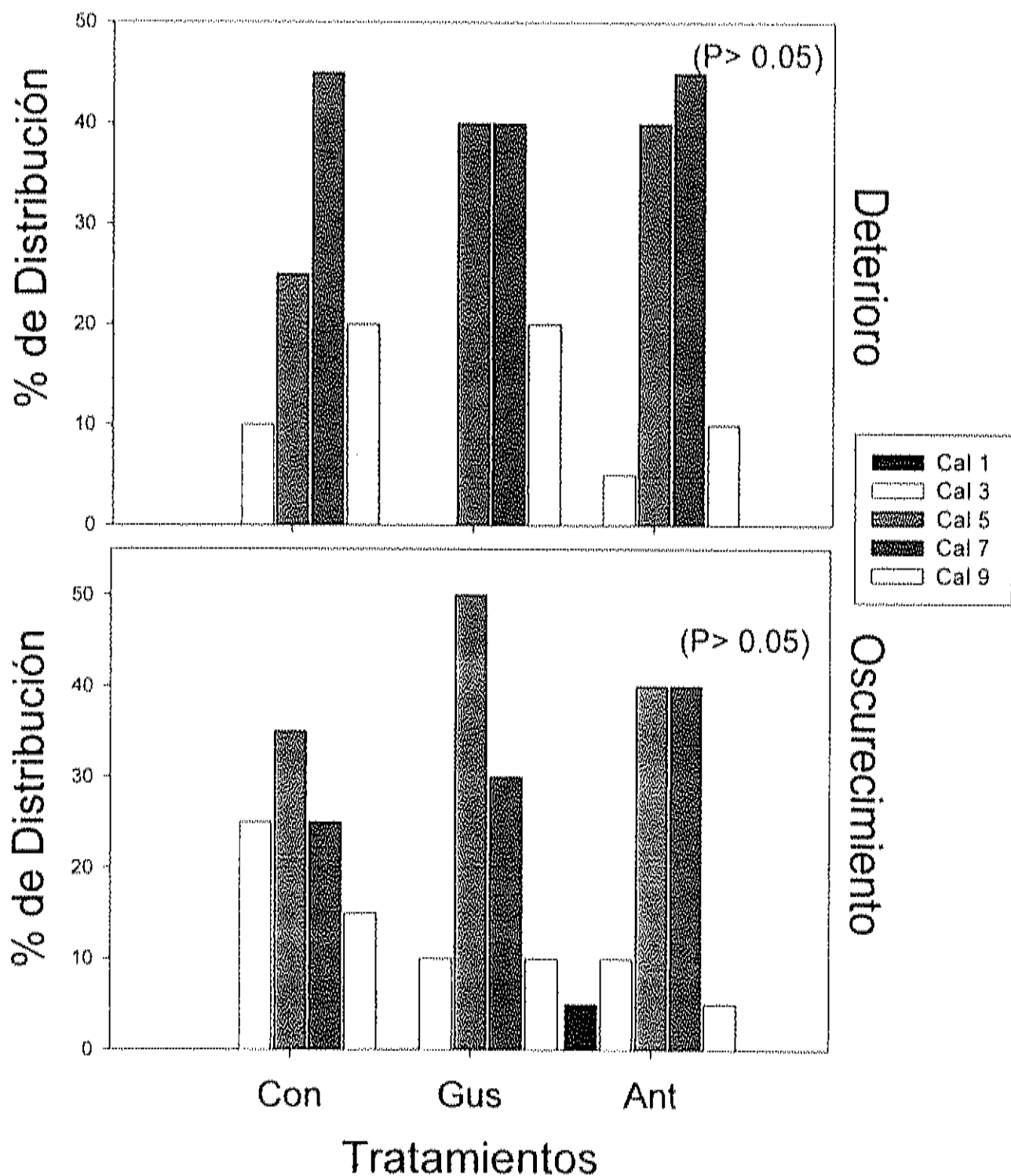


Figura. 17.- Distribución de las evaluaciones subjetivas deterioro y oscurecimiento, en base a porcentaje, respecto a cada tratamiento para mango precortado variedad 'Kent', almacenado a 5°C.

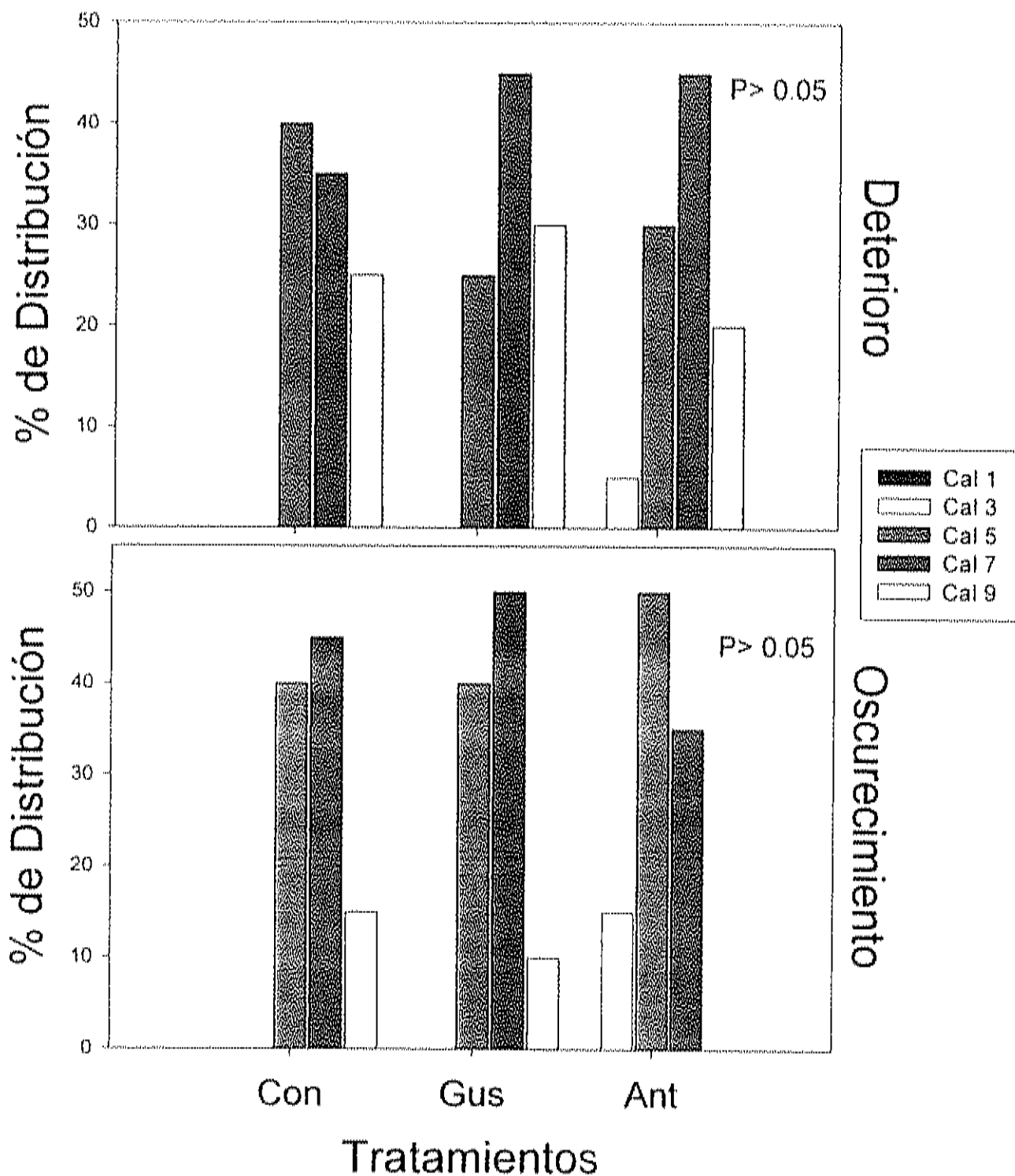


Figura. 18.- Distribución de las evaluaciones subjetivas deterioro y oscurecimiento, en base a porcentaje, respecto a cada tratamiento para mango precortado variedad 'Keitt', almacenado a 5°C.

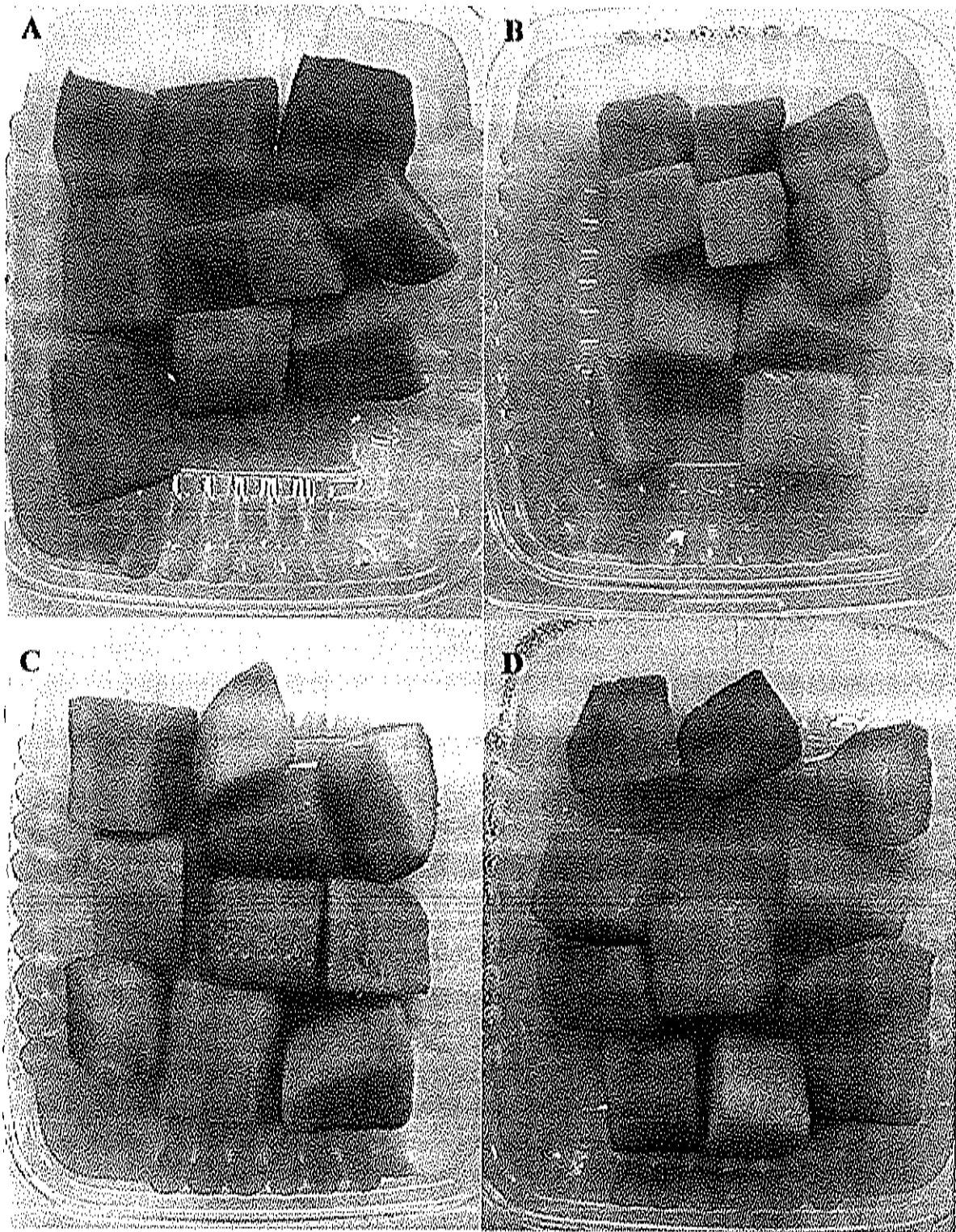


Figura. 19. Deterioro y oscurecimiento para el tratamiento Control (A), Antioxidantes (B), Gustec (C) y SemperFresh (D), en mango precortado de la variedad 'Ataulfo', almacenado 19 días a 5°C.

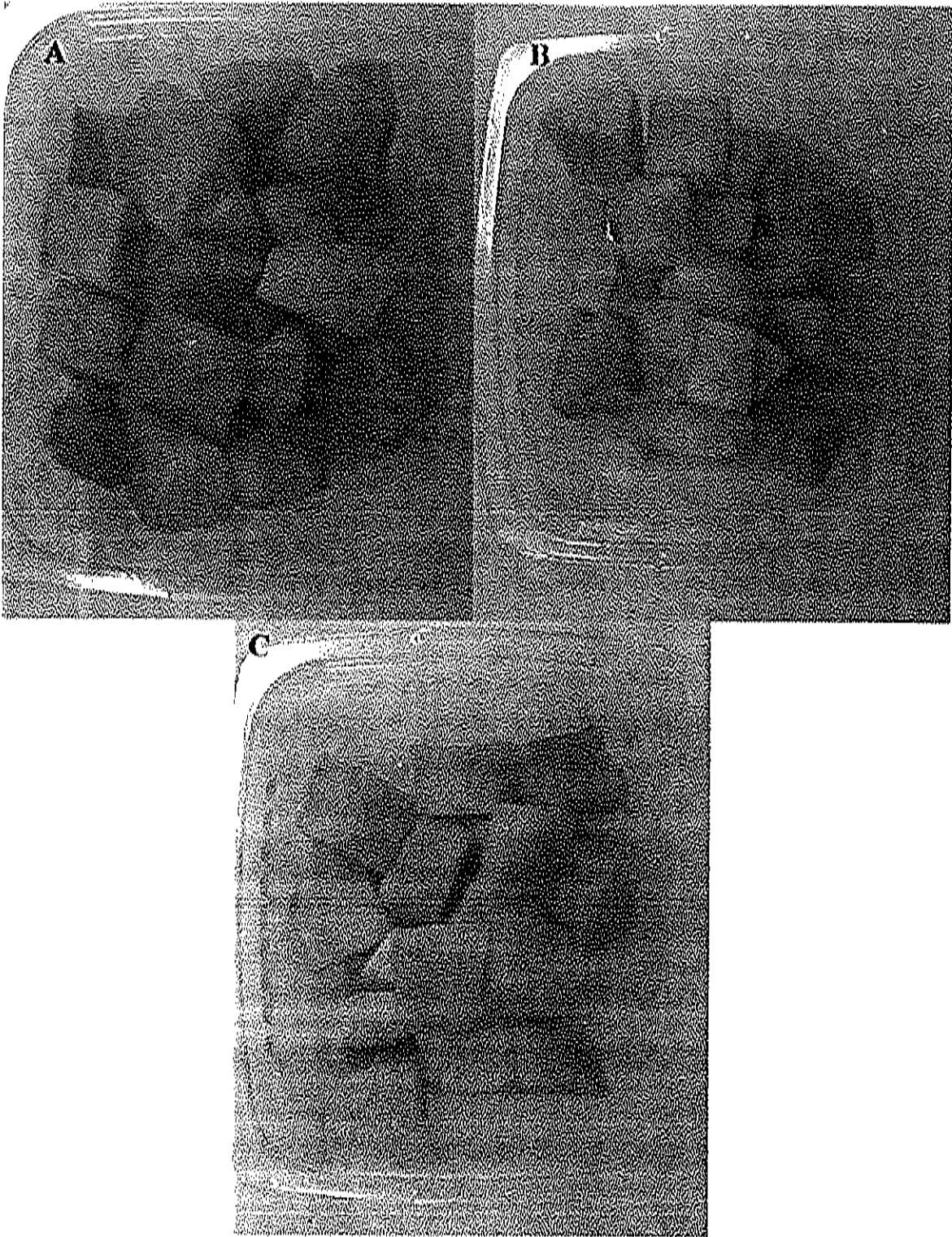


Figura. 20. Deterioro y oscurecimiento para el tratamiento Control (A), Antioxidantes (B) y Gustec (C), en mango precortado de la variedad 'Kent', almacenado 12 días a 5°C.

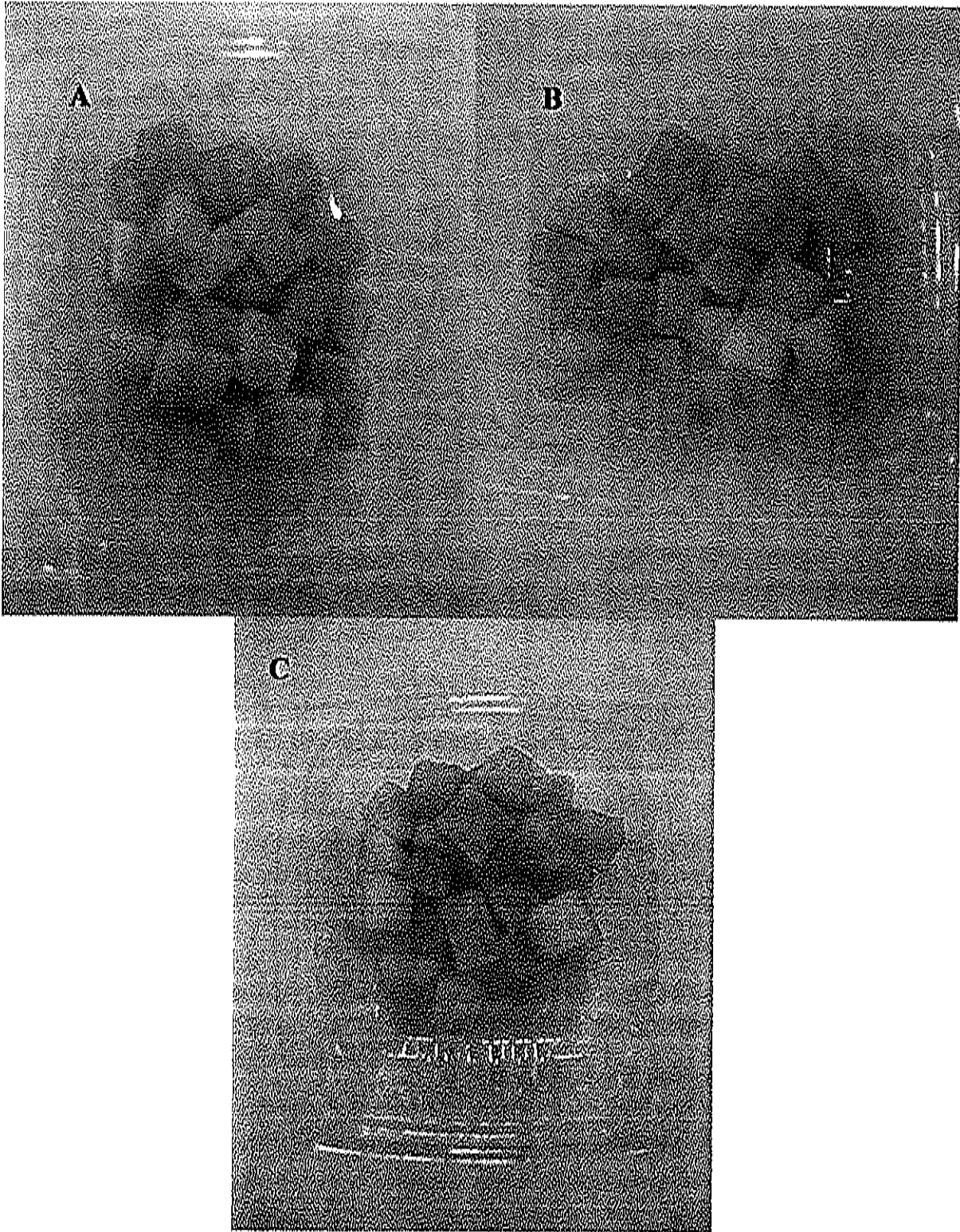


Figura. 21. Deterioro y oscurecimiento para el tratamiento Control (A), Antioxidantes (B) y Gustec (C), en mango precortado de la variedad 'Keitt', almacenado 12 días a 5°C.

6.6 β - caroteno

Para la variedad 'Ataulfo', el contenido de β -caroteno, incrementó su nivel hasta alcanzar un contenido de 350 mg/100g P.F. en los primeros tres días de almacenamiento, siguiendo un comportamiento parecido al reportado en otros estudios de mango, donde el contenido de β -caroteno se incrementa conforme madura el fruto (Fig. 22). Posteriormente, se observó una disminución en su contenido, probablemente debido, al efecto de cortado y su posterior incremento en el metabolismo general del producto. A partir del día nueve, de su almacenamiento a 5°C, el nivel de β -caroteno se mantuvo entre 50-150 mg/100g P.F. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, por lo que al parecer el uso de antioxidantes no tiene ningún efecto positivo en la retención del contenido de vitamina A en mango precortado, respecto al control. Sin embargo, la cubierta comestible Gustec mostró retener mejor el contenido de β -caroteno a lo largo de 21 días de almacenamiento a 5°C.

Para la variedad 'Kent', el comportamiento fue muy similar, teniendo un incremento durante los primeros tres días de almacenamiento, para después disminuir paulatinamente. Aunque los niveles alcanzados en esta variedad no fueron los mismos que para la variedad 'Ataulfo', se logró alcanzar niveles de β -caroteno de 250 mg/100 g. P.F. para los frutos control. Sin embargo, el tratamiento de antioxidantes fue el que mantuvo estable el contenido de β -caroteno alrededor de 15-200 mg/100g P.F. a lo largo de 12 días de almacenamiento de mango precortado. Para esta variedad tampoco existieron diferencias significativas.

Para la variedad 'Keitt', el incremento en el contenido de β -caroteno fue parecido. Sin embargo no se alcanzaron los niveles observados de la variedad 'Ataulfo' y 'Kent'. Después de 3 días de almacenamiento a 5°C, el contenido de β -caroteno disminuyó y se mantuvo estable durante 12 días de almacenamiento

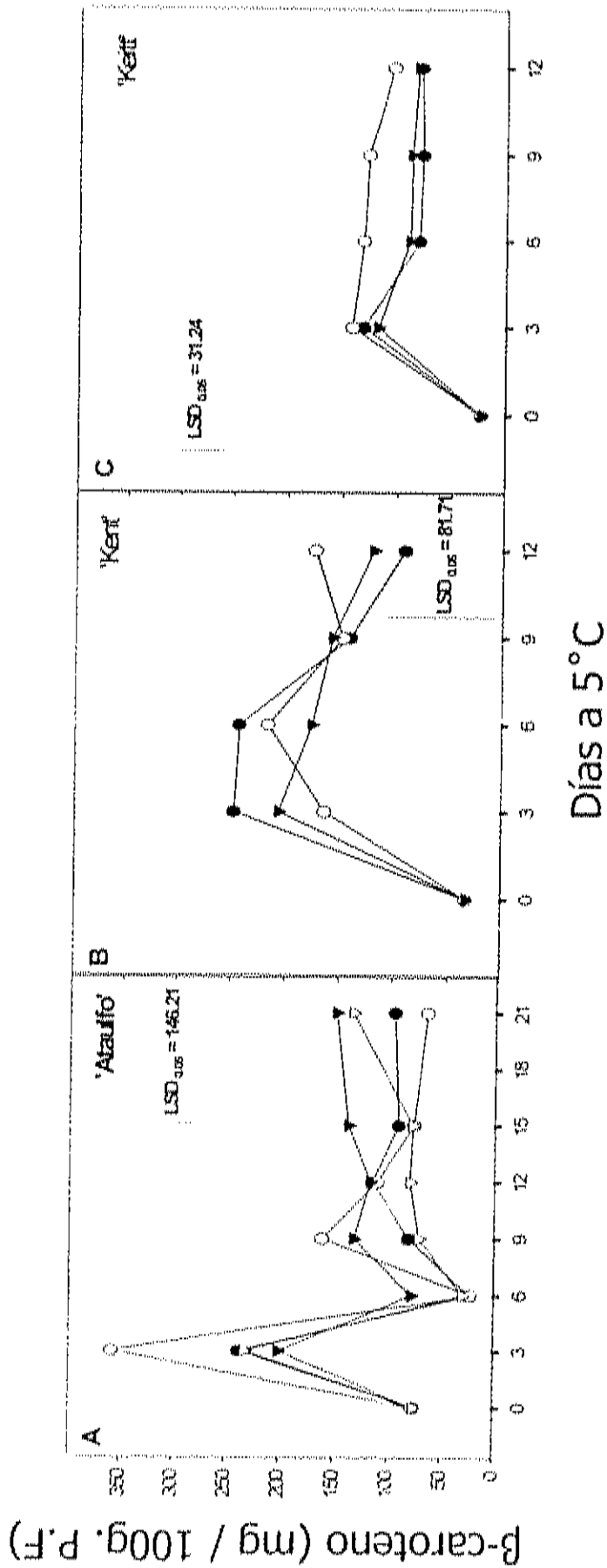


Figura. 22.- Cambios en el contenido de β-caroteno para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

a 5°C. Para esta variedad, el tratamiento de antioxidantes mostró el mayor contenido de β -caroteno al final del almacenamiento, sin embargo, no se observaron diferencias significativas con los demás tratamientos.

La retención de las pro vitaminas A durante el almacenamiento de alimentos procesados es favorecida por el almacenamiento a bajas temperaturas, protegiéndolos de la luz, exclusión del oxígeno y la presencia de un antioxidante natural o agregado (Rodríguez-Amaya, 1997).

Mercadante y Rodríguez-Amaya (1998), reportaron incrementos cuantitativos en el contenido de vitamina A en mango de la variedad 'Tomy Atkins' y 'Keitt' durante la maduración, siendo β -caroteno el de mayor incremento, con niveles de 5.8 y 6.7 $\mu\text{g/g}$ para mango 'Tomy Atkins' y 'Keitt' maduro, respectivamente.

Se ha reportado que las atmósferas controladas ayudaron a mantener el contenido total de ácido ascórbico en cubos de mango tratados con 0.068 M de CaCl_2 + 0.05 M de ácido ascórbico + 0.05 M de L-cisteína, pero no tuvieron efecto sobre la pérdida de β -caroteno durante el almacenamiento (Chantanawarangoon, 2000).

6.7 Vitamina C (ácido ascórbico)

La Fig. 23 presenta los cambios en el contenido de ácido ascórbico de precortados de mango. Como se puede observar, los frutos de la variedad 'Ataulfo' presentaron significativamente un mayor contenido de ácido ascórbico al inicio y durante el almacenamiento a 5°C, que las variedades de mango 'Kent' y 'Keitt'. El contenido inicial de ácido ascórbico fue de 117, 14.5 y 12.4 mg/ 100 gpf, en las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', respectivamente. La aplicación de antioxidantes evitó considerablemente la pérdida de ácido ascórbico en las 3 variedades evaluadas. Bushway y col. (1988) reportaron 24.8 mg. /100 g. para mango, donde no se reportó la variedad, además Vinci y col. (1995) reportaron 25.32 mg. /100 g. de AA, sin mencionar la variedad. En el presente trabajo la

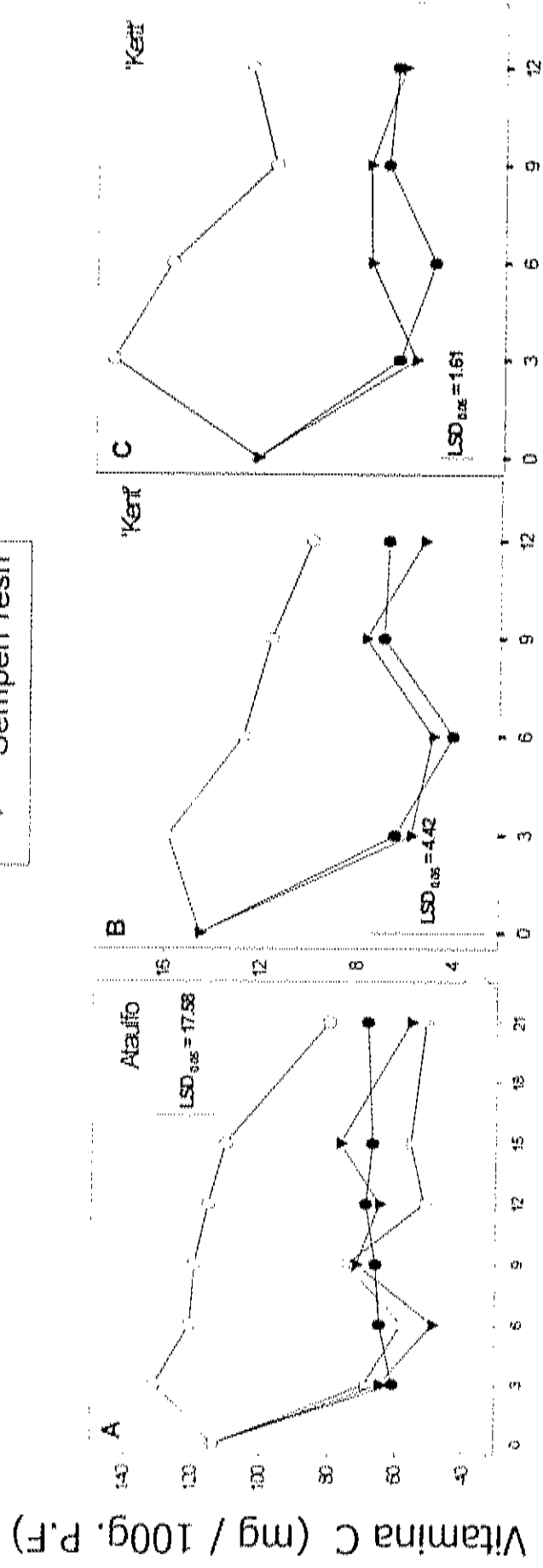
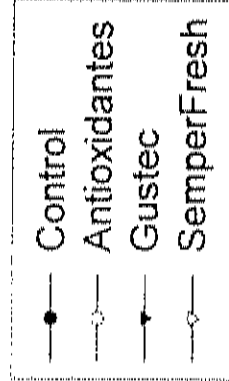
variedad 'Ataulfo' mostró niveles de AA muy superiores a los reportados para las variedades más comunes de mango, donde las cantidades varían entre 25-50 mg/100g de AA. Abu-Sarra y Abu-Goukh (1992), reportaron que en las variedades de mango Kitchner, Dr. Knight y Abu-Samaka, los niveles de ácido ascórbico fueron 14.3, 19.1 y 16.4 mg/100 g, respectivamente.

Vazquez-Salinas y Lakshminarayana (1985) reportaron que la variedad Kent presenta mayores cantidades de AA, respecto a las variedades Haden, Irwin y Keitt, alcanzando niveles de 242 mg /100g. Sin embargo el estado de madurez era diferente al presentado para este trabajo.

Carillo-Lopez y col. (2000), reportaron para mango entero de la variedad Haden, niveles de ácido ascórbico de 17.3mg/ 100g, disminuyendo gradualmente durante el periodo de almacenamiento (32 días).

El contenido de ácido ascórbico, empezó a disminuir paulatinamente después de 3 días a 5°C, siguiendo un patrón parecido en las 3 variedades evaluadas (**Fig. 23**).

La mayor reducción se observó después del día 15, 9 y 6 de almacenamiento a 5°C, en las variedades de mango 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', respectivamente'. Estas 2 últimas variedades presentaron valores muy similares durante el periodo de almacenamiento. Al final del almacenamiento, los frutos de la variedad 'Ataulfo' tratados con antioxidantes presentaron los niveles más altos de ácido ascórbico (80 mg. /100 gpf). Mientras que los frutos de las variedades 'Kent' y 'Keitt', tuvieron niveles de tan solo 11 y 13 mg. /100 gpf, respectivamente. Estos valores fueron significativamente menores en los frutos control y tratados con la cubierta comestible, en las 3 variedades estudiadas. La mayor pérdida de ácido ascórbico se observó en los frutos control y tratados con las cubiertas comestibles, independientemente de la variedad evaluada. No se encontraron diferencias significativas entre estos tratamientos, durante el periodo de almacenamiento a 5°C.



Días a 5°C

Figura. 23.- Cambios en el contenido de Vitamina C (ácido ascórbico) para mango precortado de la variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

Chantanawarangoon (2000) determinó que para mango precortado de las variedades Haden, Kent y Keitt los niveles de AA varían de 25 mg/100g almacenados a 5°C, disminuyendo su nivel hasta 15 mg/100g después de 12 días de almacenamiento, ya sea en atmósfera modificada o aire. Además, mango precortado adicionado con CaCl₂, AA y L-cisteína reportaron niveles de 70 mg/100g disminuyendo hasta los 60 mg/100g durante 17 días de almacenamiento bajo atmósfera controlada.

Wright y Kader (1997) observaron que el contenido de ácido ascórbico, disminuye considerablemente después de los procesos de cortado y pelado. Lo cual coincide con los resultados encontrados en el presente estudio con las 3 variedades de mango estudiadas.

El estado de madurez en la cosecha, método de cosecha, y las condiciones de manejo poscosecha afectan el contenido de Vitamina C en frutas y vegetales (Lee y Kader, 2000). La Vitamina C es más sensible a degradarse cuando las frutas es sujeta a un manejo y condiciones de almacenamiento adversos, como son el almacenamiento prolongado, altas temperaturas, bajas humedades relativas, daños físicos y daño por frío. AA es muy susceptible a la oxidación enzimática y química durante el procesado, cocinado o almacenamiento de productos frescos (Lee y Kader, 2000).

El calcio ha recibido considerable atención en años recientes debido a sus efectos benéficos en retrasar la senescencia y control en desórdenes fisiológicos en frutas y vegetales (Poovaiah, 1986). El calcio juega un papel esencial en mantener la estructura de la pared celular en frutas interactuando con ácidos pectínicos en las paredes celulares para formar pectatos de calcio (Rolle y Chism, 1987). El tratamiento con calcio ayuda a retener la firmeza en frutas, incrementa el contenido de vitamina C, reduce la evolución de dióxido de carbono y etileno (Poovaiah, 1986).

El uso de atmósferas controladas que utilizan bajo oxígeno, reduce la pérdida de ácido ascórbico en precortados de fresas, kiwi, pero no tiene un

efecto en precortados de mango (Rosen, 1997; Agar y col., 1999; Chantanawarangoon, 2000).

En tejidos vegetales, el ácido ascórbico (AA) es oxidado a ácido dehidroascórbico (ADHA), en una reacción reversible (Erdman y Klein, 1982). La pérdida de ácido ascórbico durante el almacenamiento podría ser debida a la hidrólisis de ADHA a ácido 2,3 dicetoglucónico, posterior a la conversión de AA a ADHA (Klein, 1987). Se ha reportado que los procesos de pelado y cortado favorecen significativamente la pérdida de AA por diferentes mecanismos, que incluyen la exposición del tejido vegetal a la luz y al oxígeno, y el contacto de sustratos con enzimas oxidativas, que favorecen la degradación de este compuesto.

Un gran número de enzimas, tales como la AA oxidasa, peroxidasa, citocromo oxidasa y polifenoloxidasa, están involucradas en los procesos de oxidación de AA (Erdman y Klein, 1982). Después del cortado, existe un daño celular, principalmente de las membranas celulares que da lugar a la formación de radicales libre, que interactúan con los antioxidantes, como el AA (Watada y col., 1990). Lazan y col. (1986) reportaron un incremento en la actividad de PPO en las variedades de mango 'Malgoa' y 'Harumanis' durante los procesos de maduración, lo cual coincidió con la disminución en el contenido de AA. Por lo que la maduración podría afectar la pérdida de AA. Sin embargo, esto contrasta con el presente estudio, donde se utilizaron mangos maduros y aún así el contenido de AA disminuyó con el almacenamiento. Posiblemente, al igual que los procesos de maduración afectan el contenido de AA, es posible que los procesos de envejecimiento y senescencia del tejido, favorezcan de la misma forma, la pérdida de AA como ocurrió en las 3 variedades de mango estudiadas. El oscurecimiento enzimático también causa pérdidas en el valor nutrimental del producto a través de la oxidación del ácido ascórbico (Pizzocaro y col., 1993).

A pesar de no haber demostrado buenos resultados, el uso de cubiertas comestibles podría tener resultados satisfactorios como acarreador de ácido ascórbico o calcio. Purwadaria y Wuryani (2000) analizaron el uso de cubiertas comestibles en mango precortado, para desarrollar un modelo de respiración, pero hasta el momento no se han realizado trabajos donde se evalúe el uso de cubiertas comestibles como acarreador de calcio y ácido ascórbico. A pesar del enorme potencial de la variedad 'Ataulfo', no se reportan trabajos realizados en esta variedad. El uso de cubiertas comestibles debe considerarse como una opción viable que puede ser usada en combinación con otros métodos para mejorar la estabilidad de los productos precortados (Wong y col., 1994).

6.8 Azúcares (Glucosa, Fructosa y Sacarosa)

El mango es considerado una de las frutas más preferidas en el mundo, debido a su atractivo color, delicioso sabor y excelente propiedades nutritivas (Mittra y Baldwin, 1997).

El contenido de fructosa para las todas las variedades mostró un nivel similar, alrededor de los 2.5-3.5 mg/100g de peso fresco (Fig. 24). Para las variedades 'Ataulfo' y 'Keitt', el contenido mostró una tendencia ascendente para el tratamiento con antioxidantes, sin embargo disminuyó a los 15 y 9 días de almacenamiento a 5°C, respectivamente, no así para la variedad 'Kent' donde todos los tratamientos mostraron un comportamiento similar descendente.

De igual forma el nivel de glucosa mostró un nivel similar para las variedades 'Ataulfo' y 'Kent' para todos los tratamientos, con un contenido alrededor de 1mg/100g de peso fresco y mostrando un comportamiento estable durante todos los días de almacenamiento (Fig. 25). Pero no así para la variedad 'Keitt', en donde el contenido de glucosa fue de 0, excepto para el tratamiento de antioxidantes, donde se alcanzó los niveles de 1.5 mg/100g de

peso fresco en el día 6 de almacenado. No existieron diferencias significativas entre tratamientos para esta determinación.

A diferencia de otras frutas, durante su maduración cada variedad de mango tiene características distintivas y un sabor diferente (Selvaraj y col., 1989). Vazquez-Salinas y Lakshminarayana (1985), reportaron que el nivel de glucosa fue siempre menor que el nivel de fructosa durante la maduración de mangos de la variedad Haden, Irwin, Kent y Keitt, siendo sacarosa la de mayor cantidad con valores alrededor del 75% de las azúcares totales. Se reportó que los niveles de glucosa y fructosa disminuyeron gradualmente mientras que el nivel de sacarosa se incrementó durante la maduración.

Selvaraj y col. (1989), evaluaron el comportamiento de 7 variedades de mango. Al igual que la mayoría de las variedades de mango, se encontró que los principales azúcares fueron fructosa, glucosa y sacarosa, los cuales aumentaron con la maduración del fruto. Sin embargo, el azúcar predominante de todas las variedades estudiadas fue glucosa, seguida por fructosa y sacarosa.

Durante su maduración, el almidón acumulado se hidroliza, provocando la formación de azúcares, donde glucosa, fructosa y sacarosa constituyen la mayoría de los monosacáridos, siendo la sacarosa el azúcar predominante (Mitra y Baldwin, 1997).

El contenido de sacarosa disminuyó drásticamente durante los primeros tres días para las variedades 'Ataulfo' 'Keitt', para después incrementarse o mantenerse durante su almacenamiento (Fig. 26). Esto se debe probablemente al incremento en la respiración del producto durante los primeros tres días debido al proceso de precortado. El tratamiento de antioxidantes mostró el menor nivel de sacarosa en todas las variedades, lo cual indica que este tratamiento fue el que más retrasó la maduración de los cubos de mango. La variedad 'Kent' mostró un nivel estable de sacarosa durante los 12 días de

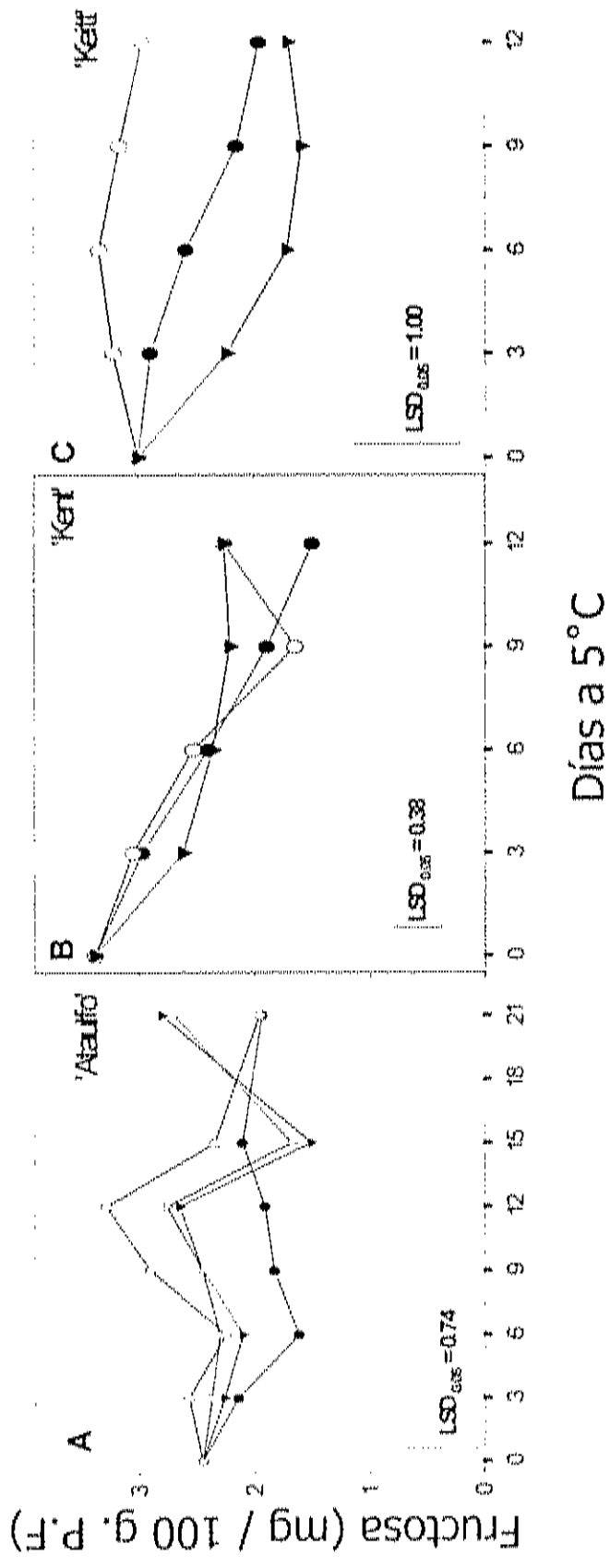
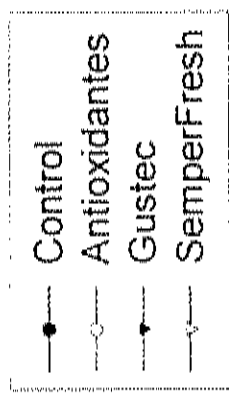


Figura. 24.- Cambios en el contenido de fructosa para mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

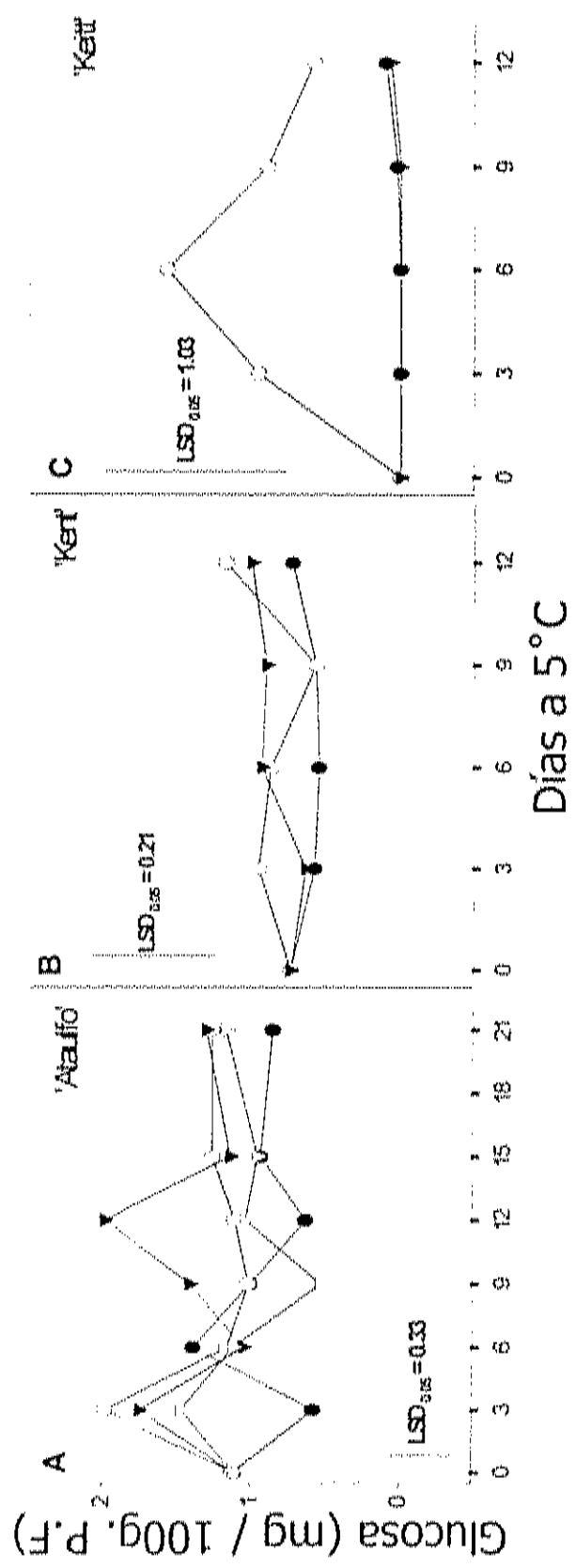
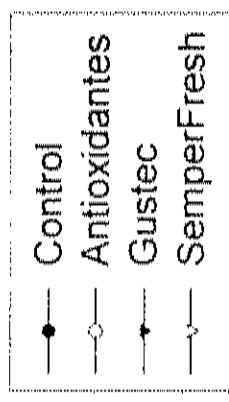


Figura. 25.- Cambios en el contenido de glucosa para mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

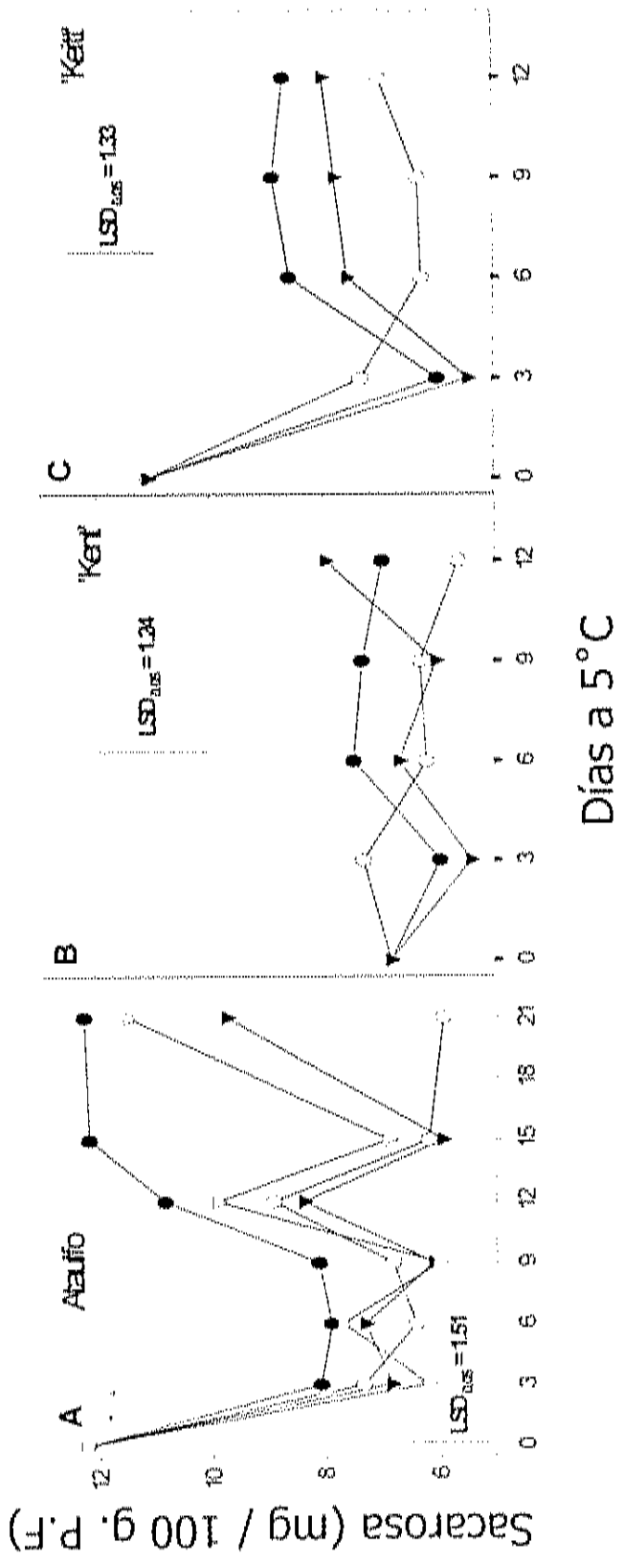
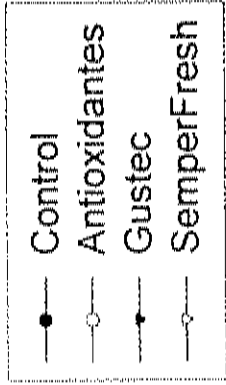


Figura. 26.- Cambios en el contenido de sacarosa para mango precortado para las variedades 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

almacenamiento a 5°C, con un contenido alrededor de 5-7 mg/100g de peso fresco.

Medlicott y Thompson (1985) reportaron que los niveles de azúcares totales de mango 'Keitt' aumentaron con la maduración, pero después de 9 días de almacenamiento disminuyeron, probablemente debido a los procesos de respiración. Sacarosa contribuyó con el 57% del contenido total de azúcar, seguido de fructosa y glucosa con un 28% y 17%, respectivamente.

González-Aguilar y col. (2001), reportaron que para mangos irradiados de la variedad Tommy Atkins, la sacarosa fue el azúcar predominante con niveles de 55.26 mg./100 g. de peso fresco.

6.9 Etanol y Acetaldehído

El etanol y acetaldehído son los principales productos de fermentación en tejidos vegetales, y su acumulación se ha correlacionado con la producción de malos olores y sabores en el fruto (Ke y col., 1991). Los procesos de pelado y cortado favorecen la difusión y pérdida de estos compuestos, los cuales al alcanzar ciertas concentraciones participan en el aroma característico del producto. Sin embargo, el uso inapropiado de cubiertas comestibles así como el EAM puede favorecer la acumulación de etanol y acetaldehído, por encima de las cantidades normales, generando sabores y olores desagradables (Guilbert y col., 1996; Baldwin y col., 1995a).

El mango precortado evaluado en este trabajo mostró un comportamiento normal en el contenido de etanol y acetaldehído, aumentando sus concentraciones durante su almacenamiento, encontrándose diferencias significativas para las variedades 'Ataulfo' y 'Kent' (Fig. 27 y 28).

Se puede observar que los niveles de etanol en todas las variedades se mantuvo constante durante su almacenamiento a 5°C, con un contenido alrededor de 0.2 µL /g. P.F., excepto para el tratamiento control en las variedades 'Ataulfo' y 'Kent', en las cuales su contenido se incremento

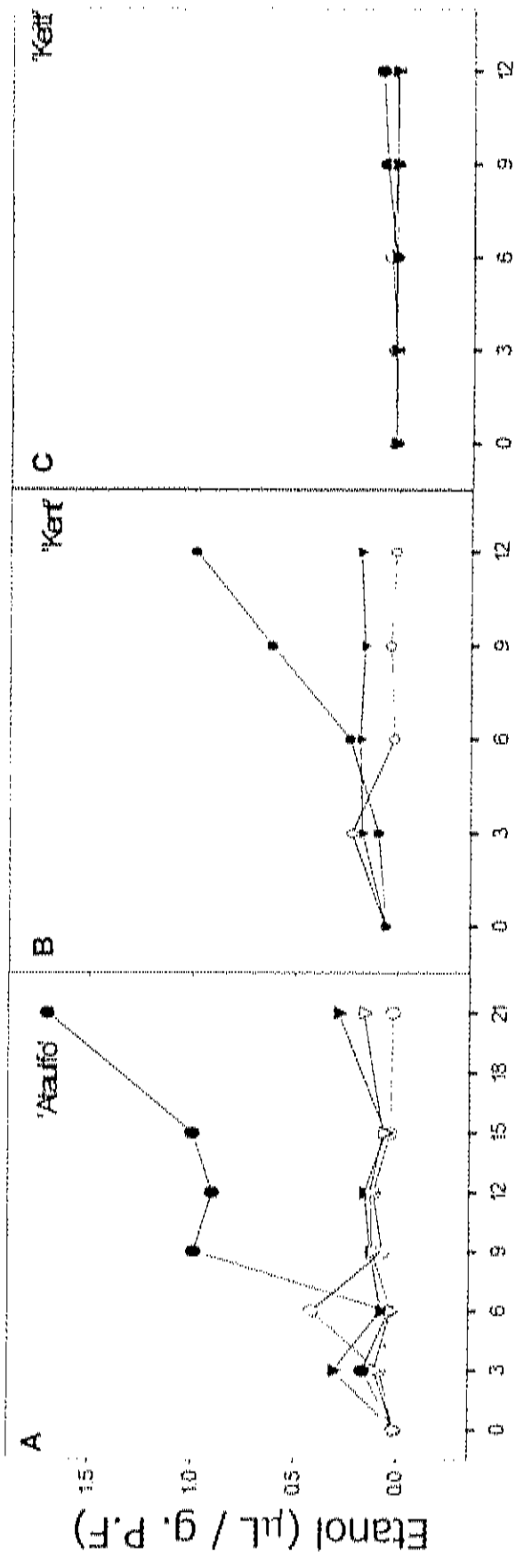
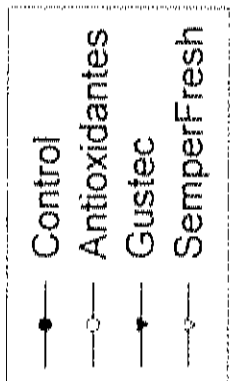
considerablemente a partir del día 6, alcanzando niveles de 1 μL /g. P.F., y hasta un nivel de 1.5 μL /g. P.F. para la variedad 'Ataulfo', a los 21 días de almacenamiento a 5°C.

El contenido de acetaldehído se incremento en los primeros días para las variedades 'Ataulfo' y 'Kent', no así para la variedad 'Keitt', en la cual se mantuvo el nivel durante los 12 días de almacenamiento, con un contenido de alrededor de 0.03 μL /g. P.F. Durante los 21 días de almacenamiento de la variedad 'Ataulfo', todos los tratamientos se mantuvieron con un nivel entre 0.03-0.08 μL /g. P.F., excepto para el tratamiento control, el cual se incremento a partir del día 15 hasta un nivel de 0.16 μL /g. P.F. y siendo el tratamiento de antioxidantes el que presento el menor contenido.

Se ha reportado que la acumulación de compuestos volátiles productos de la fermentación anaeróbica, desaparecen rápidamente cuando se expone el producto por unos minutos a la atmósfera normal de 21% de O_2 y 0.03% de CO_2 (Gil y col., 1998). Además de que se tiene identificado que el CO_2 tiene un efecto inhibitorio en la acumulación de etanol y acetaldehído (Gunes y col., 2001).

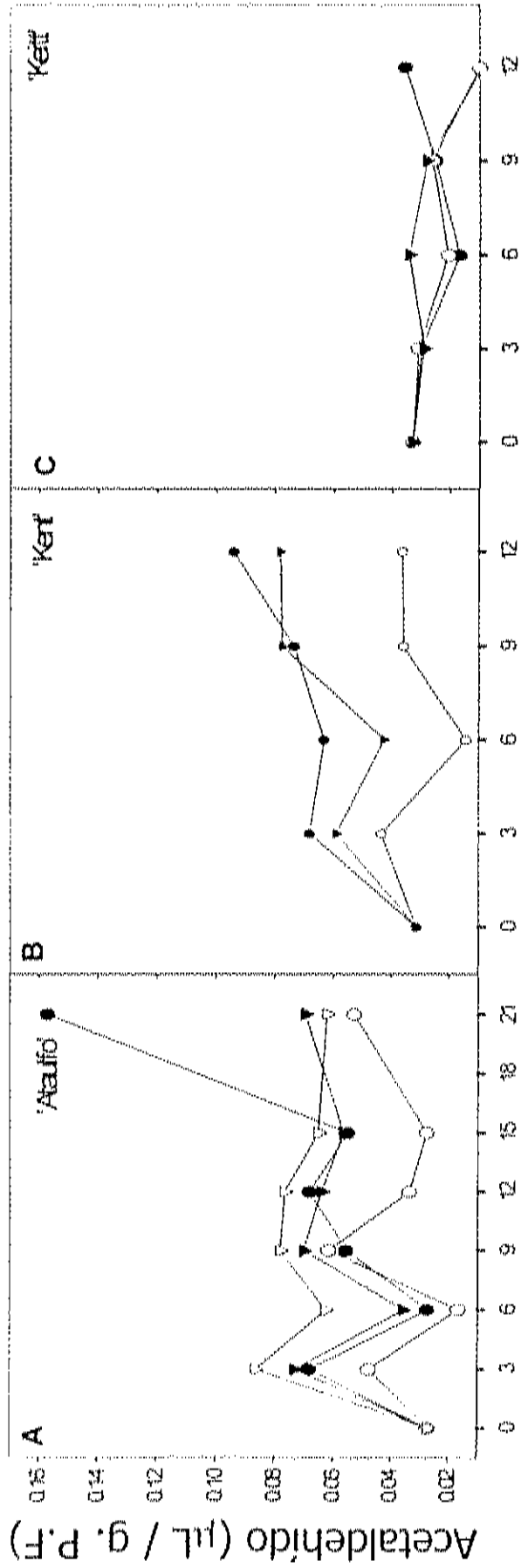
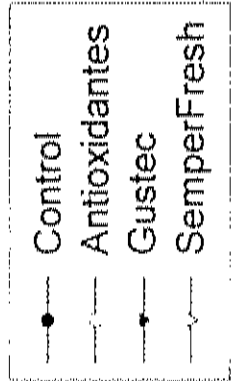
En otro estudio se encontró que el uso de AM (2-4% de O_2 y 5-10% de CO_2), prolongó la vida de anaquel de rodajas de kiwi. Sin embargo, los niveles de etanol y acetaldehído detectados son entre 5 y 8 veces superiores a los observados en rodajas de piña (Agar y col., 1999).

Se ha reportado, que la percepción de estos volátiles por los consumidores, depende principalmente de su concentración en el tejido vegetal y la capacidad de detección de la persona (Ke y col., 1991). Hasta el momento, no se ha reportado ningún trabajo que describa los niveles mínimos de percepción de estos volátiles en mango precortado. Por lo que se recomienda, llevar a cabo estudios posteriores para identificar los límites de detección por parte del consumidor en mango precortado.



Días a 5°C

Figura. 27.- Cambios en el contenido de Etanol para mango precortado variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.



Días a 5°C

Figura. 28.- Cambios en el contenido de Acetaldehído para mango precortado variedad 'Ataulfo', 'Kent' y 'Keitt', almacenados a 5°C.

7. Conclusiones

El proceso de pelado y cortado acelera los procesos metabólicos en mango precortado. Esto lo hace más susceptible, disminuyendo por consecuencia su vida útil.

La variedad 'Ataulfo' presentó mejores resultados al proceso de cortado y pelado, su vida de anaquel fue de 21 días, mientras que las otras dos variedades 'Kent' y 'Keitt' fue de tan sólo 12-14 días a 5°C. A pesar del enorme potencial de la variedad 'Ataulfo', no se ha reportado ningún trabajo en forma de fruto cortado en esta variedad.

El tratamiento de antioxidantes en combinación con el tratamiento de calcio mostró ser una excelente alternativa para retener la firmeza y evitar los cambios en color de mango precortado, siendo la variedad 'Ataulfo' la que mejores beneficios obtuvo.

A pesar de no haber mostrado buenos resultados las cubiertas comestibles evaluadas, podrían tener resultados satisfactorios si se utilizan como acarreador de ácido ascórbico o calcio, ya que por sí solas no demostraron mejores resultados que el tratamiento de antioxidantes.

La variedad 'Kent' tuvo una vida útil de 12 días, sin embargo la calidad del sabor se conservó durante todo el periodo de almacenamiento. El principal problema para esta variedad, fue la rápida pérdida de firmeza durante los primeros 3 días.

Para la variedad 'Keitt', se observó decoloración y una textura acuosa a partir del día 9, lo cual no se observó en las demás variedades. Esto se pudo haber debido a la calidad de la materia prima, ya que por haber sido fruta recolectada al final de la temporada, la calidad no era la óptima. Esto provocó que la vida de anaquel del producto precortado, en especial el parámetro de firmeza, fuera menor que para las demás variedades.

Se requiere más investigación al respecto, sobre todo para explicar el modo de acción de estos tratamientos y las diferencias en la respuesta de las diferentes variedades de mango.

Se concluye que el uso de antioxidantes y calcio podría ser una alternativa viable en mango precortado, para mantener su calidad por un período suficiente para su comercialización. De esta forma, se puede abrir una nueva línea de comercialización de mango, el cual es bien aceptado en los diferentes mercados nacionales. Este tipo de producto podría crear nuevas oportunidades en el mercado del mango mexicano, así como crear nuevas fuentes de empleo en el sector de frutos cortados frescos.

8. Bibliografia

- Abbott, J.A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharv. Biol. Technol.* 15: 207-225.
- Abu-Sarra, A.F. and Abu-Goukh, A.A. 1992. Changes in pectinesterase, polygalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. *J. Hort. Sci.* 67(4): 561-568.
- Agar, I.T., Massantini, R., Hess-Pierce, B and Kader, A.A. 1999. Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *J. Food Sci.* 64(3): 433-440.
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Technol.* 7(6): 179-187.
- Ahvenainen, R. 2000. Minimal Processing of Fresh Produce. In: S.M. Alzamora, M.S. Tapia, A. Lopez-Malo (ed). *Minimally processed fruits and vegetables: fundamental aspects and applications*. Aspen Publishers, Gaithersburg, Md. pp. 277-290.
- Allong, R., Wickham, L.D. and Mohammed, M. 2001. Effect of slicing on the rate of respiration, ethylene production and ripening of mango fruit. *J. Food Qual.* 24(5): 405-419.
- Amarante, C. and Banks, N.H. 2001. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. *Hort. Rev.* 26: 161-238.
- AOAC. 1990. Association of official agricultural chemistry. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 12th De Washington D.C. U.S.A.
- Baldwin, E.A. 1994. Edible coatings for fresh fruits and vegetables: Past, present, and future. In: Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M. Nisperos-Carriedo (eds). *Edible coatings and films to improve food quality*. Technomic Publ. Co., Lancaster, PA, pp. 25-63.
- Baldwin, E.A., Nisperos- Carriedo, M. O. and Baker, R. A. 1995a. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 35- 38.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. 1995b. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Cri. Rev. Food Sci. and Nutrition* 35(6): 509-524.
- Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Hagenmaier, R.D. and Baker, R. 1997. Use of lipids in coatings for food products. *Food Technol.* 51(6): 56-62.
- Bayindirli, L., Sümnü, G. and Kamadan, K. 1995. Effects of semperfresh and JONFRESH fruit coatings on poststorage quality of "Satsuma" mandarins. *J. Food Process. Preserv.* 19: 399-407.
- Beaulieu, J.C. and Gorny, J.R. 2002. Fresh-cut fruits. In: K.C. Gross, C.Y. Wang and M. Salveit (eds). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agricultural Handbook Number 66.
- Bendich, A. 1987. Vitamin C and immune responses. *Food Technol.* (11): 112-114.

- Brackett, R.E. 1987. Microbiological Consequences of Minimally Processed Fruits and Vegetables. *J. Food Qual.* 10: 195- 206.
- Brackett, R.E. 1994. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: R.C. Wiley. *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. NewYork, USA; Chapman&Hall. pp. 269-312.
- Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30(1): 18-22.
- Burrows, J., Yuan, J., Novak, J. and Boisrobert, C. 1999. Ozone applications in food processing. *Fresh-cut*. April. pp. 50-54.
- Bushway, R. J., King, J.M., Perkins, B. and Krishnan, M. 1988. High-performance liquid chromatographic determination of ascorbic acid in fruits, vegetables and juices. *J. Liq. Chromatogr.* 11(16): 3415-3423.
- Cantwell, M.I. and Suslow, T.V. 2002. Postharvest Handling Systems: Fresh-cut Fruits and Vegetables. In: A. Kader (ed). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third Edition, UC, Davis, California. pp. 445-463.
- Cantwell, M.I. 2002. Introduction and information sources. In: *Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety*. University California Davis.
- Carrillo-Lopez, A., Ramirez-Bustamante, F., Valdez-Torres, J.B. and Rojas-Villegas, R. 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *J. Food Qual.* 23: 479-486.
- Chantanawarangoon, S. 2000. Quality maintenance of fresh-cut mango slices. University of California, Davis. Master Thesis. 79 pp.
- Chen, C., Trezza, T.A., Wong, D.W.S., Camirand, W.M. and Pavlath, A.E. 1999. Methods for preserving fresh fruit and product thereof. US Patent. 5,939,117.
- Davis, P.L. and Chace, W.R. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *HortSci.* 4(2): 117-119.
- Debeaufort, F., Quezada- Gallo, J.A. and Voilley, A. 1998. Edible Films and coatings: tomorrow's packaging: a review. *Critical reviews in food Science and Nutrition.* 38(4): 299-313.
- Díaz-Sobac, R. and Vernon- Carter, J. 1999. Inocuidad Microbiológica de Frutas Frescas y Mínimamente Procesadas. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 2(3): 133-136.
- Doner, L.W. and Hickts, K.B. 1981. High-Performance liquid chromatographic separation of ascorbic acid, erythorbic acid, dehydroascorbic acid, dehydroerythorbic acid, dikelogulonic acid, and dikeloglunoconic acid. *Anal. Biochem.* 115: 225-230.
- FAOSTAT. 2002. Statistical Databases. Organización de las naciones unidas para la agricultura y alimentación. <http://apps.fao.org>
- FDA. 2001. Analysis and Evaluation of preventive control measures for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh-cut produce. Center for food safety and applied nutrition. pp. 296.
- FDA. 2002. Current good manufacturing practices in manufacturing, packing or holding of human foods. Title 21. Code of federal regulations. Washington, DC: Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services.

- Francis, G.A., Thomas, C. and O'Beirne, D. 1999. The microbiological safety of minimally processed vegetables. Review Article. *Int. J. Food Sci. Technol.* 34: 1-22.
- Garret, E.H. 1999. Fresh-cut produce. In: Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods. Second edition. Aspen Publishers, Maryland. pp. 125-134.
- Gil, M.I., Gorny, J.R. and Kader, A.A. 1998. Responses of 'Fuji' apple slices to ascorbic acid treatments and low-oxygen atmospheres. *HortScience* 33: 305-309.
- Gómez- Lim, M.A. 1993. Mango Fruit Ripening: Physiology and Molecular Biology. *Acta Hort.* 341: 484-497.
- González-Aguilar, G.A., Wang, C.Y. and Buta, J.G. 2000. Maintaining Quality of Fresh- Cut Mangoes using Antibrowning Agents and Modified Atmosphere Packaging. *J. Agri. Food Chem.* 48 (9): 4204- 4208.
- González-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta, J.G. and Krizek, D.T. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36: 767-773.
- Gorny, J.R., Hess-Pierce, B., Cifuentes, R.A. and Kader, A.A. 2002. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and chemical preservatives. *Postharv. Biol.Technol.* 24(3): 271-278.
- Gorny, J.R. 2001a. Food Safety Guidelines for the fresh-cut produce industry. 4th ed. International Fresh-cut Produce Association, Arlington, VA. 216 pp.
- Gorny, J.R. 2001b. Fresh-Cut product preparation. In: Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety. University California Davis.
- Graham, D.M. 1997. Use of ozone for food processing. *Food Technol.* 51(6): 72-75.
- Guilbert, S., Gontard, N. and Gorris, L.G.M. 1996. Review Article. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. 29(1-2): 10-17.
- Gunes, G., Watkins, C.B. and Hotchkiss, J.H. 2001. Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures. *Postharv. Biol. Technol.* 22: 197-204.
- Hoover, D.G. 1997. Minimally processed Fruits and Vegetables: Reducing microbial Load by nonthermal Physical Treatments. *Food Technol.* 51(6): 66-71.
- Hulme, A.C. 1971. In: The Biochemistry of fruits and their products. ARC. Food Research Institute. England. pp. 233-254.
- Hurst, W. C. 1995. Sanitation of Lightly Processed Fruits and Vegetables. *HortScience* 30(1): 22-24.
- Huxsoll, C.C. and Bolin, H.R. 1989. Processing and Distribution Alternatives for Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Food Technol.* 43(2): 124- 128.
- Huxsoll, C.C., Bolin, H.R. and King, A.D. 1989. Physicochemical changes and treatments for lightly processed fruits and vegetables. In: Quality factors of fruits and vegetables-chemistry and technology. Washington D.C. pp 203-215.
- INEGI. 2002. El sector Alimentario en México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F.

- James, K. and McGregor, A.M. 2000. Surface coatings for fresh fruit and freshly prepared fruits and vegetables. *Postharv. News Info* 11:45N-47N.
- Kader, A.A. 2002. Quality Parameters of Fresh-cut Fruit and Vegetable Products. In: L. Olusola (ed). *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. Boca Raton, Fla.; London. CRC Press, pp. 11-19.
- Kader, A.A. and Mitcham, B. 2001. Standardization of quality. In: *Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety*. University California Davis.
- Ke, D., Rodriguez-Sinobas, L. And Kader, A.A. 1991. Physiology and Prediction of fruit tolerance to Low-oxygen atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(2): 253-260.
- Klein, B.P. 1987. Nutritional Consequences of Minimally Processing of Fruits and Vegetables. *J. Food Qual.* 10: 179-193.
- Krochta, J.M. and Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and opportunities. *Food Technol.* 51(2): 61-74.
- Krochta, J.M., Salveit, M. and Cisneros-Zevallos, L. 1996. Method of preserving natural color on fresh and minimally processed fruits and vegetables. U.S. patent 5,547,693.
- Laurila, E., Kervinen, R. and Ahvenainen, R. 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharv. News Inform.* 9(4): 53N- 66N.
- Lambrecht, H.S. 1995. Sulfite substitutes for the prevention of enzymatic browning in foods. In: Lee, C.Y. and Whitaker, J.R. (eds). *Enzymatic browning and its prevention*. Washington, D.C. USA. ACS Symposium series 600, pp. 313-323.
- Lee, C.Y. and Whitaker, J.R. 1995. *Enzymatic Browning and its prevention*. American Chemical Society. Washington, D.C. 338 pp.
- Lee, S.K. and Kader, A.A. 2000. Preharvest and Postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharv. Biol. Technol.* 20:207-220.
- Limbanyen, A., Brecht, J.K., Sargent, S.A. and Bartz, J.A. 1998. Fresh cut Mango fruit slices. *HortScience* 33(3): 457. Abstract.
- Lizada, C. 1993. Mango. In: B.Seymour, J.E. Taylor, and G.A.Tucker (eds). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman and Hall, New York. pp. 255-271.
- Luna- Guzman. 2000. Comparison of Calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh cut cantaloupes. *Postharv. Biol. Technol.* 19(1): 61-72.
- Marques, L., Fleuriet, A. and Macheix, J.J. 1995. Fruit polyphenol oxidases. New data on an old problem. In: *Enzymatic Browning and its prevention*. American Chemical Society. Washington, D.C. pp. 90-102.
- Martinez-Ferrer, M., Harper, C., Pérez-Muñoz, F. And Chaparro, M. 2002. Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits. *J. Food Sci.* 67(9): 3365-3371.
- Martinez, M.V. and Whitaker, J.R. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends in Food Science & Technology* 6:195-200.

- McCarthy, M.A. and Matthews, R.H. 1994. Nutritional Quality of fruits and vegetables subject to minimal processes. In: R.C. Wiley. Minimally processed refrigerated fruits & vegetables. New York, USA; Chapman&Hall. pp. 313-326.
- McEvily, A.J., Iyenga, R. and Otwell, W.S. 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 32(3): 253-273.
- McHugh, T.H., Avena-Bustillos, R. and Krochta, J.M. 1993. Hydrophilic edible films: Modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *J. Food Sci.* 58(4): 899-903.
- Medlicott, A.P. and Thompson, A.K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by High Performance Liquid Chromatography. *J. Sci. Food Agr.* 36: 561-566.
- Mejia, L.A., Hudson, E., Gonzalez de Mejia, E. and Vazquez, F. 1998. Carotenoid content and vitamin A activity of some common cultivars of Mexican peppers (*Capsicum annum*) as determined by HPLC. *J. Food Sci.* 53(5): 1448-1451.
- Membrives, M. 2001. Utilisation d'antioxydants naturels et d'atmosphères modifiées pour la conservation des bananes de 4^{ème} gamme. Université de Bourgogne. Dijón, France. pp. 23.
- Mercadante, A.Z. and Rodriguez- Amaya, D.B. 1998. Effects of ripening, cultivar differences and processing of carotenoid composition of mango. *J. Agric. Food Chem.* 46(1): 128-130.
- Mitcham, E.J. and McDonald, R.E. 1992. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(6): 919-924.
- Mitra, S. and Baldwin, E.A. 1997. Mango. In: S. Mitra (ed). Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. CAB International, New York. pp. 85-122.
- Nguyen-the, C. and Carlin, F. 1994. The microbiology of minimally processed fruit and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34: 371-402.
- Nisperos, M.O. and Baldwin, E.A. 1996. Edible coatings for whole and minimally processed fruits and vegetables. *Food Australia* 48(1): 27-31.
- Nussinovitch, A. and Lurie, S. 1995. Edible coatings for fruits and vegetables. *Postharv. News Inform.* 6(4): 53N- 57N.
- O'Connor-Shaw, R. 1998. Shelf life and safety of minimally processed fruit and vegetables. In: *Sous vide and cook-chill processing for the food industry.* Aspen Publication. Maryland. pp. 165-189.
- Paaimans, G.J., Wink, H.A. and Ruiter, A. 2000. Composition for preserving vegetables and fruit. A.U. patent 199964438.
- Park, H.J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 254-260.
- Park, H.J., Bunn, J.M., Vergano, P.J. and Testin, R.F. 1994. Gas permeation and thickness of the sucrose polyesters, SemperFresh coatings on apples. *J. Food Process. Preserv.* 18: 349-358.
- Perera, C.O. and Baldwin, E.A. 2000. Biochemistry of fruits and Its implications on Processing. In: D. Arthey (ed) and P.R. Ashurst (eds). *Fruit Processing:*

- Nutrition, Products, and Quality Management. Aspen Publishers, Inc. pp. 19-36.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. 1993. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J. Food Process. Preserv.* 17: 21-30.
- Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.* 40(2): 86-89.
- Powrie, W.D., Wu, C.H. and Skura, B.J. 1988. Preservation of cut and segmented fresh fruit pieces. E.U. patent 289777.
- Purwadaria, H. K. and Wuryani, S. 2000. Respiration Model for edible coated minimally processed mango. *Acta Hort.* 509: 531-542.
- Qi, L., Wu, T. and Watada, A.E. 1999. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *J. Food Qual.* 22(5): 513-521.
- Rattanapanone, N., Chongsawat, C. and Chaiteep, S. 2000. Fresh-cut Fruits in Thailand. *HortScience* 35(4): 543- 546.
- Rattanapanone, N., Lee, Y., Wu, T. and Watada, A.E. 2001. Quality and Microbial Changes of fresh-cut Mango Cubes Held in Controlled Atmosphere. *HortScience* 36(6): 1091-1095.
- Reyes, V.G. 2000. Preservation of exposed cut fresh fruit. U.S. patent 6,159,512.
- Rodriguez-Amaya, D.B. 1997. Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods. U.S. Agency for International Development. pp. 99.
- Rolle, R.S. and Chism, G.W. 1987. Physiological Consequences of Minimally Processed fruits and Vegetables. *J. Food Qual.* 10: 157- 177.
- Romig, W. R. 1995. Selection of Cultivars for Lightly Processed Fruits and Vegetables. *HortScience* 30(1): 38-40.
- Rosen, J.C. and Kader, A.A. 1989. Postharvest physiology and quality maintainance of sliced pear and strawberry fruits. *J. Food Sci.* 54(3): 656-659.
- Ruiz, S.C. 2002. Uso de agentes antioxidantes y envasado en atmósferas modificadas para mantener la calidad de rodajas de piña fresca. Tesis de Maestría. CIAD, A.C.
- Saltveit, M.E. 1997. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: F.A.Tomás-Barberán and R.J. Robins (eds). *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*. Oxford, U.K: Clarendon Press. pp. 205-220.
- Salveit, M.E. 2001. Fresh-Cut product biology. In: *Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety*. University California Davis.
- Salunkhe, D.K., Bolin, H.R. and Reddy, N.R. 1991. Minimal Processing. In: *Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables*. 2nd Edition. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida. pp. 13-28.
- Sapers, G.M. 1993. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. *Food Technol.* 47(10): 75-84.

- Schlimme, D.V. and Rooney, M.L. 1994. Packaging of minimally processed fruits and vegetables. In: R.C. Wiley. Minimally processed refrigerated fruits & vegetables. NewYork, USA; Chapman&Hall. pp. 135-182.
- Scott, K.J. and Rodriguez-Amaya, D. 2000. Pro-vitamin A carotenoid conversion factors: retinol equivalents- fact or fiction?. *Food Chem.* 69:125-127.
- Selleck, R. 2001. Fruit and vegetable preservative. A.U. patent 200165470.
- Selvaraj, Y., Kumar, R. and Pal, D.K. 1989. Changes in sugar, organic acids, amino acids, lipids constituents and aroma characteristics of ripening mango fruit. *J. Food Sci. Technol.* 26(6): 308-313.
- Shaw, P.E. and Wilson, C.W.III. 1982. Ascorbic acid content of some tropical fruit products determined by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 30(2): 394-396.
- Shewfelt, R.L. 1987. Quality of Minimally Processed Fruits and Vegetables. *J. Food Qual.* 10: 143-156.
- Singh, R.P. and Mannapperuma, J.D. 2000. Minimal processing of fruits and vegetables. In: J.E. Lozano, C. Añon, E. Parada-Arias and G.V. Barbosa-Cánovas (eds). *Trends in food engineering*. Technomic, Lancaster. pp. 191-203.
- Smith, J.S., Villalobos, M.C. and Kottemann, C.M. 1986. A research note. Quantitative Determination of sugars in various food products. *J. Food Sci.* 51(5): 1373-1375.
- Steiner, F. and Rieth, T.E. 1986. Preservative method and preserved fruit or vegetable product, using citric acid, sodium and calcium chloride-containing preservative composition. U.S. Patent 4, 818, 549.
- Toivonen, P.M.A. and DeEll, J.R. 2002. Physiology of fresh-cut fruits and vegetables. In: L. Olusola (ed). *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. Boca Raton, Fla.; London. CRC Press. pp. 91-118.
- Vámos-Vigyázó, L. 1981. Polyphenol Oxidase and Peroxidase in fruits and Vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 15: 49-127.
- Varoquaux, P. and Wiley, R.C. 1994. Biological and Biochemical Changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: R.C. Wiley. *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. NewYork, USA; Chapman&Hall. pp. 226-268.
- Vasconcellos, J.A. 2002. Regulatory and safety aspects of refrigerated minimally processed fruits and vegetables: A review. In: S.M. Alzamora, M.S. Tapia, A. Lopez-Malo (eds). *Minimally processed fruits and vegetables: Fundamental aspects and applications*. Aspen Publishers, Gaithersburg, Md. pp. 319-343.
- Vazquez-Salinas, C. and Lakshminarayana, S. 1985. Compositional Changes in Mango Fruit during Ripening at different Storage Temperatures. *J. Food Sci.* 50: 1646-1649.
- Vilas-Boas, E.V.B. and Kader, A.A. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on softening of fresh-cut kiwifruit, mango and persimmon slices. *Postharv. Biol. Technol.* In press.

- Vinci, G., Botrè, F. and Mele, G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatography investigation. *Food Chem.* 53: 211-214.
- Walker, J.R.L. 1995. Enzymatic browning in fruits. Its biochemistry and control. In: *Enzymatic Browning and its prevention*. American Chemical Society, Washington, D.C. pp. 8-22.
- Watada, A.E. 1997. Quality maintenance of fresh-cut fruits and vegetables. *Food Biotechnol.* 6(4): 229-233.
- Watada, A.E., Ko, N.P. and Minott, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharv. Biol. Technol.* 9: 115-125.
- Watada, A.E. and Qi, L. 1998. Physiology, quality and microorganism population of fresh cut products stored under low O₂ controlled atmospheres. In: S. Ben-Yehoshua. *Proceedings of the International congress on the uses of plastics in agriculture*. Laser Pages Publishing Co. Jerusalem, Israel. pp. 579-585.
- Watada, A.E. and Qi, L. 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharv. Biol. Technol.* 15: 201- 205.
- Weichmann, J. 1986. The effect of controlled-atmosphere storage on the sensory and nutritional quality of fruits and vegetables. *Hort. Rev.* 8: 101-127.
- Wiley, R. C. (1994) *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. NewYork, USA. Chapman&Hall. 368 pp.
- Whitaker, J.R. 1994. Polyphenol Oxidase. In: *Principles of enzymology for the food sciences*. Marcel Dekker. New York. pp. 543-555.
- Whitaker, J.R. 1995. Polyphenol Oxidase. In: D.W.S. Wong (ed). *Food Enzymes. Structure and mechanism*. Chapman & Hall. pp. 271-307.
- Whitaker, J.R. and Lee, C.Y. 1995. Recent advances in chemistry of enzymatic browning. In: *Enzymatic Browning and its prevention*. American Chemical Society. Washington, D.C. pp. 3-7.
- Wright, K.P. and Kader, A.A. 1997. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharv. Biol. Technol.* 10: 39-48.
- Wong, D.W.S., Camirand, W.M. and Parlath, A.E. 1994. Development of Edible Coatings for Minimally Processed Fruits and Vegetables. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, eds. J.M Krochta, E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA.
- Xu, Liangji. 1999. Use of Ozone to Improve the Safety of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technol.* 53(10): 58- 62.
- Yildiz, F. 1994. Initial Preparation, Handling, and Distribution of Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. In: R.C. Wiley. *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. NewYork, USA; Chapman&Hall. pp. 15-65.
- Zagory, D. 2001. Controlled and modified atmospheres. General aspects of film technology and selection. In: *Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety*. University California Davis.