

2 de Octubre, 2008

MANGO PRECORTADO COMO PRODUCTO DE VALOR AGREGADO (REVISIÓN DE LITERATURA Y ENTREVISTAS)

Adel A. Kader

Consultor Manejo Post Cosecha de Frutas, Kader Consulting Service, P.O.Box 600, Davis, CA 95617, USA; email: adelkader41@gmail.com

Traducido al español por: Max Villalobos Acuña.

Resumen Ejecutivo

Una revisión de fuentes de información electrónica e impresa fue conducida acerca del mantenimiento de la calidad de mangos precortados entre el tiempo de preparación y consumo. Entrevistas (por correo electrónico, teléfono, y/o en persona) con representantes de la industria de fruta precortada se enfocaron en sus retos para suplirse mangos de los cultivares y tamaños deseados, así como para preparar y mercadear productos de mangos precortados. Falta de consistencia en disponibilidad, calidad y estado de maduración de fruta entera fue el reto más frecuentemente mencionado por los procesadores. A ellos les gustaría recibir fruta libre de defectos, tamaño grande (10 o menor en cajas de 4kg) con semillas pequeñas, firmes y maduros (casi listos para consumo), que sería mangos listos para el proceso de corte. 'Kent' y 'Keitt' son los cultivares preferidos para procesamiento y existe una demanda creciente de los consumidores por Ataulfo. La mayoría de los procesadores son conscientes de los factores que influyen la vida en anaquel de los productos precortados y están implementando procedimientos adecuados de sanidad y manejo de temperatura. Empaques para reducir deshidratación son comúnmente usados mientras que aquellos con atmósferas modificadas (2-4% oxígeno + 8-12% dióxido de carbono) son usados no frecuentemente. Muy pocos procesadores usan tratamientos químicos

para retrasar maduración y oscurecimiento de los mangos precortados. Existe un buen potencial para incrementar la participación de mangos precortados, actualmente del 3%, a un porcentaje más alto del total de productos de fruta precortada mercadeados a través de servicios de comidas y ventas al detalle.

Basándose en el análisis de esta revisión de literatura y entrevistas de muchos procesadores de fruta precortada, futuras necesidades de investigación incluyen:

1. Identificar el estado de maduración óptima (basándose en firmeza y contenido de sólidos solubles) para mangos enteros que se van a usar para la industria de precortado que provean buen sabor al consumidor y adecuada vida en anaquel.
2. Evaluar como varios procedimientos (inmersión en químicos, atmósferas modificadas, inhibidores de acción del etileno) influyen el sabor, la textura (ensuavecimiento) y apariencia (oscurecimiento) de mangos precortados. El entendimiento de los mecanismos y factores que afectan la retención del sabor en mangos precortados podría originar nuevas tecnologías para la preservación de calidad del sabor.
3. Comparar la eficacia de desinfecciones de agua y procedimientos de limpieza de la fruta en la reducción de contaminación microbiana para la selección del mejor método de limpieza de mangos antes del procesamiento.
4. Desarrollar nuevas tecnologías para reducir costos de mano de obra mediante la automatización de la mayor cantidad de pasos de procesamiento como sea posible sin afectar significativamente el rendimiento (peso del producto precortado relativo al peso de las frutas enteras) o la calidad de los mangos precortados.
5. Desarrollar nuevos productos de valor agregado que sean llamativos para varios grupos de consumidores.

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE MANGOS PRECORTADOS

La calidad de los mangos intactos depende del cultivar, prácticas culturales en precosecha y condiciones ambientales, madurez a cosecha y método de cosecha. Procedimientos de manejo, condiciones y tiempo entre cosecha y preparación del producto precortado también tienen impacto en la calidad de frutas y vegetales enteros y, consecuentemente, calidad del producto precortado. Factores adicionales que influyen en la calidad de los mangos precortados incluyen métodos de preparación (afilamiento de las herramientas de corte, tamaño y superficie de contacto de las piezas de corte, lavado y remoción de la humedad de la superficie) y las subsecuentes condiciones de manejo (empaque, velocidad de enfriamiento, mantenimiento de rangos óptimos de temperatura y humedad relativa, mercadeo expedito y procedimientos apropiados de sanidad). Un programa efectivo de aseguramiento de calidad debe tomar en consideración todos los factores que afectan calidad en los mangos intactos y los productos precortados.

Efectos de madurez a cosecha y estado de maduración

En la mayoría de las áreas de producción, los mangos alcanzan la mejor calidad de consumo cuando se dejan madurar en el árbol. No obstante, los mangos son usualmente cosechados en estado verde-maduro de tal forma que estos puedan soportar el sistema de manejo poscosecha cuando son enviados a distancias largas. Los índices de madurez a cosecha actualmente usados se basan en un balance entre aquellos que asegurarían la mejor calidad de consumo y los que proveen la flexibilidad requerida durante el mercadeo.

Maduración es la combinación de procesos que ocurren desde el estado verde-maduro hasta estados tempranos de senescencia y que resulta en el color, textura y sabor deseado. Los mangos

producen relativamente pequeñas cantidades de etileno (0.1 a 2 microlitros por kilogramo por hora) en asociación con su maduración. Exposición a tratamientos de etileno (100ppm por 1-2 días a 20 - 25°C) resulta en una maduración más uniforme y rápida. Una vez que las frutas están maduras estas requieren un manejo más cuidadoso para minimizar el desarrollo de golpes. Los mangos deben ser madurados, al menos parcialmente (cerca al estado de consumo) antes del corte para asegurar la mejor calidad del sabor del producto precortado.

Limbanyen et al (1998) reportó que mangos 'Tommy Atkins', 'Haden', y 'Palmer' con color de la pulpa amarilla (sin color verde remanente) presentaron la óptima madurez para el proceso de precorte en términos de mantenimiento de apariencia aceptable, textura y sabor. Fruta más madura desarrolló ablandamiento de la pulpa y más oscurecimiento. La vida poscorte de mango precortado a 5C fue de 8 a 10 días y fue limitada por el oscurecimiento y ablandamiento de la pulpa. Pelado a una profundidad de al menos 2mm y remoción de la pulpa cerca del pedúnculo fue necesario para minimizar el oscurecimiento (Limbanyen et al, 1998). Ellos también concluyeron que mangos con síntomas de antracnosis de leves a moderados en la cáscara pueden utilizarse para el proceso de precorte.

Tovar et al (2000) reportó que rebanadas de mangos 'Kent' parcialmente maduras continuaron madurando después del corte, pero no alcanzaron los mismos niveles de madurez a los mangos enteros después de 5 a 7 días a 13C o 23C. Allong et al (2000) encontró que rebanadas precortadas obtenidas de mangos 'Julie' y 'Graham' parcialmente maduros (12.5 a 14% sólidos solubles) y firmes maduros (14.5 a 17% sólidos solubles) tuvieron una vida en anaquel de 8 días a 5C o 4 días a 10C. Ellos concluyeron que mangos parcialmente maduros (13-16% sólidos solubles) son ideales para precortar en término de mantenimiento de una aceptable apariencia, textura y sabor durante la vida poscorte a 5C.

Rattanapanone et al (2001) recomendó que mangos ‘Tommy Atkins’ y ‘Kent’ deberían presentar de 13 a 27 N (3 a 6 lbf) de firmeza (fuerza de penetración con prueba de 11mm) al momento del corte para tener una calidad aceptable y vida anaquel razonable como productos precortados. Vida de mercadeo fue limitada por el desarrollo de una desintegración acuosa del tejido, leve oscurecimiento y desarrollo microbiano en los trozos (cubos).

Beaulieu y Lea (2003) compararon cambios en calidad y volátiles en cubos de mangos ‘Keitt’ y ‘Palmer’ maduros y firmes (86-92 N = 19-20.5 lbf firmeza de la pulpa como fuerza de penetración medida con prueba de 11 mm y 9-10% sólidos solubles) y maduros suaves (27-29 N = 6-6.5 lbf firmeza de la pulpa y 12.5-14% sólidos solubles). Ellos encontraron que la mayoría de los cubos provenientes de mangos suaves maduros no son mercadeables al día 7 a 4C mientras que cubos provenientes de maduros firmes no se encontraban suficientemente maduros para proveer a los consumidores un óptimo producto, a pesar de que la vida en almacenamiento fue más prolongada que los cubos provenientes de mangos suaves maduros.

DeSouza et al (2005) reportó que mangos ‘Tommy Atkins’ precortados tuvieron una vida en anaquel de 10 días a 3C. Ellos también encontraron que los mangos naturalmente madurados presentaron el mejor sabor y preferencia del consumidor al compararse con mangos verdes maduros que fueron madurados con etileno por 12 horas a 25-30C antes del corte.

Efecto del tratamiento cuarentenario de agua caliente

Dea et al (2008b) concluyó que el tratamiento cuarentenario con agua caliente (inmersión en agua a 46C por 65-110 minutos dependiendo del cultivar y tamaño de la fruta) de mangos ‘Kent’ enteros no afecta significativamente la calidad de rodajas almacenadas a 5C. Sin embargo, si los límites de temperatura y/o la duración son excedidos se puede producir daño por calor el cual

ocasiona que los mangos no se puedan usar para el proceso de precorte. Enfriamiento después del tratamiento de calor reduce el potencial de daño por calor.

Efecto de lavado de los mangos antes del corte

Ngarmsak et al (2005) reportó que el lavado de mangos ‘Chok Anun’ enteros en agua clorada (100 ppm) caliente (50C) o fría (12C) por 5 minutos significativamente redujo la población total microbiana en la cáscara y la parte terminal del pedúnculo. Poblaciones microbianas en ambos casos; después de preparación y 7 días a 5C, de rebanadas de mangos preparadas de fruta no lavada fueron significativamente más altas que aquellas preparadas de fruta lavada.

Efecto del corte (pelado y segmentación)

Los cortes incrementan la tasa de deshidratación, ensuavecimiento y oscurecimiento. El uso de herramientas bien afiladas para el pelado de mangos y el corte de la pulpa limitan el daño celular y reduce la exudación de los contenidos celulares y oscurecimiento enzimático mediado por las enzimas polifenol oxidasa y fenol oxidasa. Además, el empaque en contenedores rígidos es esencial para reducir deshidratación y daño mecánico durante distribución.

Chantanawarangoon (2000) mostró que las cáscaras de mango presentaron las más altas tasas de respiración y producción de etileno seguido de mangos enteros y cubos de mango, respectivamente. Mangos pelados presentaron menor tasa de respiración y tasas similares de producción de etileno comparado con cubos de mango. Las tasas de producción de C_2H_4 y CO_2 de mangos enteros fueron cerca de 1.5-2 veces más altas que mangos enteros pelados. Estos resultados indican que la cáscara de mango es la mayor contribuidora a la producción de C_2H_4 y CO_2 . La producción de CO_2 de cubos de mango fue cerca de 1.5 veces más alta que mangos

enteros pelados, lo que indica que el corte incrementa las tasas de respiración del mango. No obstante, las tasas de producción de C_2H_4 y CO_2 de mangos enteros fueron cerca de 1.5 veces más alta que los cubos. Esto indica que los pasos de preparación de los cubos de mango, incluido el pelado y el cortado, resultaron en la reducción de las tasas de producción de C_2H_4 y CO_2 . Por lo tanto, el corte tuvo un efecto menor en la fisiología de los mangos precortados, lo cual ayudaría a extender la vida poscorte.

Allong et al (2001) encontró que el almacenamiento de mangos 'Julie' y 'Graham' precortados a temperaturas más bajas (5C en lugar de 10C) reduce los efectos negativos del corte, incluyendo el nivel de contaminación microbiana.

Gil et al (2006) recomendó la completa remoción de la cáscara del mango con un cuchillo o pelador muy afilado para evitar oscurecimiento de los tejidos de cáscara remanentes, el cual aparece más rápido que en la pulpa en productos de mango precortados.

El pelado y el corte de la pulpa manualmente pueden resultar en menos daño que el pelado y corte mecánico si elafilamiento de las herramientas de corte es similar, pero este último posiblemente va a ser más consistente en la severidad del daño a la fruta. Estos factores además de la eficiencia y costo relativo deberían ser considerados cuando se compara pelado y cortado manual vs. mecánico.

Efectos de tratamientos de calcio para la retención de la firmeza

La vida en anaquel (vida poscorte basándose en el alcance del límite de mercadeo o evaluación de calidad visual = 5) de cubos de mango precortado es limitada por el ensuavecimiento y oscurecimiento. A 5C, la vida en anaquel de cubos de mango tratados con agua destilada (control), 0.5% $CaCl_2$ y 1% $CaCl_2$ fueron cerca de 5, 7 y 9 días, respectivamente

(Chantanawarangoon, 2000). Cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 tuvieron una firmeza de la pulpa y contenido de calcio más altos que aquellos tratados con 0.5% CaCl_2 o agua (control). La firmeza de tubos de mango en todos los tratamientos disminuyó durante el almacenamiento. No obstante, aquella de cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 fue significativamente más alta que los tratados con 0.5% CaCl_2 o agua (control). La firmeza al día 9 de los cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 disminuyó cerca de 25% de la firmeza inicial.

Banjongsinsiri et al (2004) concluyó que la textura de mango 'Kent' es casi con certeza influenciada con cambios en la solubilidad de pectinas insolubles con alto peso molecular en la pared celular y componentes no asociados con pectinas como celulosa y hemicelulosa.

Trindade et al (2003) concluyó que una de las condiciones más apropiadas para la conservación de la calidad de mangos 'Tommy Atkins' precortado fue la inmersión en una solución de 3.5% (p/p) de cloruro de calcio a 35C por 20 minutos y empaque en atmósferas modificadas activas (5% oxígeno + 5% dióxido de carbono). Bajo estas condiciones, mangos precortados mantuvieron buena calidad por 5 días a 5C. El relativo corto tiempo de vida en anaquel pudo estar asociado con el largo periodo entre la cosecha en Brazil y el procesamiento en Portugal.

Efecto de la modificación de la atmósfera

Limbanyen et al (1998) reportó que una atmósfera modificada de 10% oxígeno + 10% de dióxido de carbono disminuyó el oscurecimiento y el ensuavecimiento de mangos precortados al compararse con la fruta control que se encontraba en aire regular.

Chantanawarangoon (2000) observó que la calidad visual de cubos de mango 'Haden', 'Keitt' y 'Kent' almacenados en 2% O_2 + 10% CO_2 fue mucho mejor mantenida que aquellos

almacenamos en otras atmósferas (2% O₂ o aire + 10% CO₂) o en aire (control) durante almacenamiento a 5C. La vida en anaquel de cubos de mango previamente inmersos en 1% CaCl₂ y almacenados en 2% O₂ + 10% CO₂ fue cerca de 12 días, comparado con 9 días para aquellos inmersos en 1% CaCl₂ y almacenados en aire. La firmeza de cubos de mango en todos los tratamientos disminuyó durante almacenamiento. No obstante, la tasa de ensuavecimiento fue más baja en cubos almacenados en 2% O₂+10% CO₂.

Rattanapanone y Watada (2000) concluyó que cubos de mango ‘Tommy Atkins’ precortado pueden almacenarse en atmósferas bajas en oxígeno (0.5 a 4.0% oxígeno, nitrógeno como sustituto) a 5C. El mercadeo del producto fue limitado por la apariencia acuosa del tejido y ligero oscurecimiento en aire y 4% oxígeno, respectivamente. Rattanapanone et al (2001) reportó que el periodo de mercadeo de cubos de mango ‘Tommy Atkins’ y ‘Kent’ precortado fue de 3 a 5 días a 10C o de 5 a 8 días a 5C y fue extendido por 1 a 2 días cuando los cubos fueron almacenados en 4% oxígeno + 10% dióxido de carbono o 2% oxígeno + 10% dióxido de carbono (calibrado con nitrógeno). Ellos concluyeron que a pesar de que las atmósferas controladas (AC) fueron beneficiosas en mantener la calidad de los cubos, bajas temperaturas fueron más efectivas que las AC.

Martinez-Ferrer et al (2002) trabajando con mangos ‘Keitt’ cosechados con 7-8% sólidos solubles y mantenidos a 13-15C hasta que los sólidos solubles alcanzaron 11-12% antes de la preparación de los cubos, encontró que el empaque en atmósferas modificadas con 4% oxígeno + 10% dióxido de carbono + 86% nitrógeno resultó en una vida en anaquel más prolongada (25 días a 5C) de los cubos de mango en comparación con empaque al vacío, 100% oxígeno y el tratamiento control en aire. Este tratamiento significativo inhibió el desarrollo de microorganismos, particularmente mohos y levaduras.

Donadon et al (2004) comparó 3 tipos de filmes poliméricos para el empaque de trozos de mango y encontró que aquellos empacados en bandejas de tereftalato de polietileno (más conocido en inglés como polyethylene terephthalate, PET) tuvieron una vida en anaquel de 14 días a 3C vs 11 días para el mango en otros tipos de empaque. Singh et al (2007) concluyó que la vida en anaquel de mangos precortados puede ser extendida empacando en contenedores PET. Chonhenchob et al (2007) reportó una vida en anaquel más prolongada en mangos precortados y empacados en PET debido a la reducción de oxígeno y aumento en la concentración de dióxido de carbono.

Poubol y Izumi (2005a) reportaron que la vida en anaquel de mangos ‘Carabao’ precortados, basándose en oscurecimiento y apariencia acuosa, fue de 6 días a 5C y 4 días a 13C. Una atmósfera enriquecida con 10% dióxido de carbono mejoró la textura y retardó el desarrollo de apariencia acuosa de cubos de ‘Carabao’ a 5 y 13C. 10% de dióxido de carbono también redujo el conteo bacteriano en los cubos de mango almacenados a 13C.

Poubol y Izumi (2005b) encontraron que 60% de oxígeno redujo las tasas de respiración de mango ‘Carabao’ precortado mantenidos a 5C, pero estimuló respiración después de 2 días a 13C. El oscurecimiento de cubos de ‘Carabao’ fue acelerado por 60% oxígeno a 13C. Por lo tanto, ellos concluyeron que 60% oxígeno no es una atmósfera deseada para cubos de mango almacenados a 13C.

Sothornvit y Rodsamran (2008) encontraron que filmes plásticos proveyeron una buena barrera contra oxígeno y que poseían suficientes propiedades mecánicas para cubrir mangos enteros y mínimamente procesados. Cuando los últimos fueron cubiertos y mantenidos en bandejas de celofán, la vida en anaquel fue extendida a 6 días a 5C.

Efecto de temperatura de almacenamiento y la humedad relativa

El mantenimiento de mangos enteros y precortados en adecuados rangos de temperatura y humedad relativa es el factor más importante para mantener su calidad y minimizar las pérdidas poscosecha. Por ser una fruta con sensibilidad a daño por frío, para arriba de la temperatura mínima segura, cada 10C de incremento en temperatura acelera el deterioro y la tasa de pérdida de calidad nutricional de 2 a 3 veces. Retrasos entre cosecha y enfriamiento o procesamiento puede resultar en pérdidas cuantitativas (debido a pérdida de agua y pudriciones) y de calidad (pérdidas en sabor y calidad nutritiva). El grado de estas pérdidas depende de la condición de la fruta a la cosecha y su temperatura, la cual puede ser varios grados más alta que la temperatura ambiente, especialmente cuando se ha expuesto al tratamiento de agua caliente.

Chantanawarangoon (2000) encontró que la tasa de producción de CO_2 de cubos de mango almacenados a 5C fue más alta que aquellos almacenados a 2 y 0C, respectivamente. No obstante, la producción de C_2H_4 de cubos de mango almacenados a 0C fue cerca de 2.5 veces más alta que aquellos almacenados a 5C y 2C. Normalmente, basándose en los efectos de temperatura, frutas mantenidas a más bajas temperaturas deberían tener más baja producción de CO_2 y C_2H_4 . No obstante, a temperaturas causantes de daño por frío muchos de las frutas y vegetales susceptibles a este daño muestran un incremento en tasas de respiración y producción de etileno. Por lo tanto, la alta producción de C_2H_4 de los cubos de mango almacenados a 0C podría ser un signo de daño por frío. El síntoma de daño por frío fue obviamente observado en el día 13 como un oscurecimiento de la superficie. Ninguno de los cubos de mango almacenados a 0, 2 y 5C tuvieron exudado de jugo durante los 13 días de almacenamiento. La calidad visual de cubos de mango almacenados a 2C fue levemente mejor que aquellos almacenados a 5 o 0C. Los resultados de este experimento indican que 2 a 5C es el rango de temperatura óptima para cubos

de mango precortados debido a que el almacenamiento a 0C por más de 10 días puede causar daño por frío. No obstante, para almacenamiento hasta 10 días, 0C puede utilizarse.

Izumi et al (2003) recomendó 5C como la mejor temperatura para mantener la calidad de cubos precortados de mango 'Carabao' (parcialmente maduros con 50-60% de la cáscara amarilla); la vida anaquel fue de 4-6 días y almacenamiento en atmósfera controlada (1-2% oxígeno, balanceado con nitrógeno) proveyó un beneficio adicional.

Maciel et al (2004) observó que las características sensoriales de mangos 'Espada' mínimamente procesados fue afectada durante almacenamiento, limitando el tiempo de almacenamiento a 4 días a 7C y 61% humedad relativa.

Dea et al (2008a) encontró que la vida en anaquel de mangos 'Kent' precortados fue de 3 a 4 días a 12C vs 5 a 6 días a 5C. Fue poco claro si este periodo de almacenamiento a 5C causó daño por frío en trozos de mango precortado debido a que no se notaron síntomas. No obstante, un contenido de ácido ascórbico reducido e incremento en la tasa de ensuavecimiento a 5C sugieren que los trozos precortados experimentaron estrés por daño por frío.

Efecto de tratamientos químicos antioscurecimiento

Durante almacenamiento a 5C, los cubos de mango que no tuvieron tratamientos de inmersión o sólo inmersos en agua tuvieron una calidad visual significativamente más baja que aquellos tratados con varias soluciones químicas (Chantanawarangoon, 2000). En el día 12 de almacenamiento, los cubos de mango tratados con 1% CaCl₂ + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína, 1% CaCl₂ + 1% ácido cítrico + 0.5% N-acetilcisteína o 1% CaCl₂ + 1% ácido ascórbico tuvieron más alta calidad visual que aquellos inmersos en agua. No hubo diferencias significantes en firmeza de los cubos de mango tratados con soluciones químicas que tenían 1%

CaCl₂ como componente. La firmeza de los cubos de mango no inmersos o inmersos en agua fue significativamente más baja que aquellos tratados con las soluciones químicas que incluyeron 1% CaCl₂ como componente. Estos resultados muestran que 1% CaCl₂ es esencial para el mantenimiento de la firmeza de cubos de mango precortados.

Basándose en firmeza y apariencia, es claro que 1% CaCl₂ es un compuesto clave que debería ser aplicado para mantener la firmeza y extender la vida en anaquel de cubos de mango precortados sin importar el periodo meta de mercadeo. No obstante, si el periodo de mercadeo es más largo de 6 días, químicos adicionales, como 1% de ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína o 1% ácido cítrico + 0.5% N-acetilcisteína, deberían ser aplicados para retardar oscurecimiento en adición al 1%CaCl₂.

Considerando el costo y la disponibilidad de químicos de grado alimenticio, ácido ascórbico es comparable al ácido cítrico. No obstante, L-cisteína es menos caro y más disponible que N-acetilcisteína. Por lo tanto, la mezcla de ácido ascórbico y L-cisteína en adición al 1% de CaCl₂ podría ser la mejor alternativa para mantener la calidad de cubos de mango precortado (Chantanawarangoon, 2000).

Plotto et al (2004) comparó los efectos de cubiertas comestibles en el mantenimiento de la calidad de mangos ‘Tommy Atkins’ precortados mantenidos a 5 y 10C. Los trozos de mango fueron inmersos por 30 segundos en 5ppm dióxido de cloro, 2% ascorbato de calcio y 0.5% N-acetil-L-cisteína (antioxidantes) o cubiertos con 1% carboximetilcelulosa (CMC) o CMC y 0.5% maltodextrina (CMM). Las piezas de mango cubiertas y aquellas tratadas con antioxidantes mantuvieron buena apariencia visual por más de 21 días a 5C o 14 días a 10C. Este estudio confirma la necesidad de tratar mangos precortados con antioxidantes para prevenir oscurecimiento durante el almacenamiento. La temperatura de almacenamiento a 5C mantuvo la

calidad visual de mangos precortados, pero en promedio los volátiles disminuyeron. Carboximetilcelulosa sola o en combinación con maltodextrín podrían mejorar la calidad de mangos precortados. No obstante, la calidad de la fruta al momento del corte podría afectar la durabilidad y calidad de trozos precortados en mayor proporción que los aditivos químicos.

Chonhenchob et al (2007) concluyó que el tratamiento químico más efectivo para reducir oscurecimiento, ensuavecimiento y pudriciones de mangos 'Namdokami' precortados fue 0.1 M ácido ascórbico.

NatureSeal, Inc. (una subsidiaria de Mantrose-Haeuser Co., Inc.) vende la formulación NatureSeal para mangos precortados la cual se promociona para extender la vida en anaquel de 10 a 14 días a temperaturas de 2-5C. Para más información, visite el sitio web de la compañía <http://www.natureseal.com/>.

Efecto de inhibidores de la acción del etileno

Plotto et al (2003) investigó los efectos del tratamiento de mangos 'Kent' enteros con 1-metilciclopropeno (1-MCP, 25ppm), calor (38C y 98% humedad relativa por 12 o 24 horas), o etanol (5g/kg) en la calidad y vida de anaquel de trozos precortados. Los trozos precortados fueron inmersos en 2% ascorbato de calcio y 1% ácido cítrico para prevenir oscurecimiento. Ellos encontraron que el 1-MCP y los tratamientos con calor disminuyeron la firmeza mientras que el tratamiento con etanol mantuvo la firmeza a niveles similares al control. Después de 12 días a 7-8C, la piezas cortadas tratadas con etanol mantuvieron la mejor calidad visual, pero con sabor no deseado. Estos tratamientos inhibidores de maduración no influenciaron la vida en anaquel de mangos 'Tommy Atkins' precortados pero disminuyeron por 2 días el deterioro de mangos 'Kent'.

Vilas-Boas y Kader (2007) encontraron que el ensuavecimiento y oscurecimiento fue reducido cuando 1-MCP (0.5 o 1.0 ppm por 6 horas) fue aplicado directamente a trozos precortados de mangos 'Kent' y 'Keitt'. Las tasas de respiración de trozos de mango no fueron afectadas por el 1-MCP mientras que la tasa de producción de etileno fue afectada sólo hacia el final de la vida en anaquel (9 días a 5C). El tratamiento de mangos enteros antes del corte fue menos efectivo que el tratamiento al producto precortado.

La combinación de tratamientos de 1-MCP con tratamientos de calcio y/o empaques de atmósfera modificada resulta en efectos sinérgicos en el mantenimiento de buena apariencia y calidad de textura. 1-MCP (Smartfresh) es ahora disponible en formulación líquida (AgroFresh, Inc.), su aplicación como inmersión o en combinación con otros químicos a mangos precortados debería ser evaluada.

Efectos de combinaciones de tratamientos

Gonzalez-Aguilar et al (2000) encontró que combinaciones de agentes antioscurecimiento y de empaques con atmósferas modificadas (MAP) redujeron el oscurecimiento y el deterioro de mangos 'Kent' precortados almacenados a 10C hasta 14 días. Una combinación de 4-hexilresorcinol (0.001M), sorbato de potasio (0.05M) y D- ácido isoascórbico (0.5M) fue más eficiente que los químicos individuales en la inhibición de oscurecimiento, pudriciones y deterioro de mangos precortados.

No hubo diferencias significativas en calidad visual entre cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 + 0.5% L-cisteína y almacenados en aire o en atmósferas controlada (2% O_2 + 10% CO_2). Calidad visual de los cubos de mango en los diferentes tratamientos no fue significativamente diferente hasta el día 10, cuando los valores de calidad visual de cubos de mango en la fruta

control disminuyeron a cerca de los valores que limitan mercadeo. Basándose en apariencia, la vida en anaquel de los cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína almacenados en aire o en atmósfera controlada fueron cerca de 17 días, comparado con 12 días para aquellos tratados con 1% CaCl_2 y almacenados en atmósfera controlada y de 10 días para el control (Chantanawarangoon, 2000).

DeSouza et al (2006) indicó que los síntomas que limitan la vida en anaquel de mangos ‘Kensington’ precortados fueron oscurecimiento del tejido, desarrollo de apariencia cristalina, disecación de la superficie y pérdida de firmeza. Una atmósfera con bajo contenido de oxígeno (2.5%) fue efectiva para controlar el oscurecimiento del tejido y el desarrollo de apariencia cristalina, mientras que la aplicación de calcio (3%) fue parcialmente efectiva para controlar el oscurecimiento. Sin embargo, el cloruro de calcio disminuyó significativamente la pérdida de firmeza. Dióxido de carbono (5-40%) y ácido cítrico tuvieron poco efecto positivo en vida en anaquel, en realidad, ambos tratamientos promovieron el ensuavecimiento del tejido. Una combinación de 2.5% oxígeno y 3% calcio permitió a trozos de mango ‘Kensington’ almacenarse por al menos 15 días a 3C.

Gonzalez-Aguillar et al (2008) reportaron que combinaciones de cloruro de calcio, antioxidantes (ácido ascórbico, ácido cítrico) y dos filmes o coberturas comerciales resultaron en una reducción de oscurecimiento y deterioro de mangos ‘Keitt’, ‘Kent’ y ‘Ataulfo’ precortados y almacenados a 5C. La vida en anaquel de mangos ‘Ataulfo’ precortados fue de 21 días mientras que mangos ‘Keitt’ y ‘Kent’ precortados fue sólo de 9 y 12 días, respectivamente. Los autores relacionaron esta diferencia a una mejor respuesta de los mangos ‘Ataulfo’ a los antioxidantes en comparación con ‘Keitt’ y ‘Kent’.

Efecto de otros métodos de mínimo procesado

Boynton et al (2000 y 2002) evaluaron los efectos del procesamiento a altas presiones (300 y 600 MPa) por 1 minuto en la calidad sensorial y estabilidad de cubos de mango mantenidos por 9 semanas a 3C. El sabor a mango fresco disminuyó y sabores no deseados aumentaron durante el almacenamiento, pero el color y otros atributos sensoriales cambiaron muy poco. Ellos también encontraron que alta presión previno el incremento en carga microbiana que fue notada en la fruta control.

Tovar et al (2001a & b) concluyó que un corto tratamiento de deshidratación osmótica (sucrosa a 65 grados Brix a 30C) al vacío (211 mbar) junto con almacenamiento a baja temperatura (5C) podría ser usado para aumentar la vida en anaquel de trozos de mango 'Kent' a 20 días.

RETENCIÓN DE NUTRIENTES EN MANGOS PRECORTADOS

Chantanawarangoon (2000) encontró que el tratamiento con 1% CaCl_2 + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína por aproximadamente 2 min dobló las concentraciones de ácido ascórbico reducido (AAR) y el ácido ascórbico total (AAT) en cubos de mango precortado. Durante 10 días de almacenamiento a 5C, no hubo cambios significantes en las concentraciones de AAR, ácido dehidroascórbico (ADHA) y AAT de cubos de mango en el control y aquellos tratamientos con 1% CaCl_2 y almacenados en CA. Contrariamente, el contenido de AAR y AAT en cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína y mantenidos en aire o atmósfera controlada decreció al mismo tiempo que ADHA incrementó durante el almacenamiento. No obstante, la disminución de AAR y AAT y el incremento de ADHA se dieron más lentamente en aquellos mangos almacenados en atmósfera controlada. Después de 17

días a 5C, las cantidades de AAT de cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína y almacenados en aire disminuyó cerca de 29% de la cantidad inicial mientras que el AAT de los cubos de mango tratados con la misma solución y almacenados en atmósfera controlada disminuyó 18% de las cantidades iniciales. Los resultados indican que la atmósfera controlada (2% O_2 + 10% CO_2) fue efectiva en mantener AAT al reducir la oxidación de AAR a ADHA. Por lo tanto, la pérdida de AAR durante almacenamiento debido a la hidrólisis de ADHA a ácido 2, 3 dicetogulónico después de la oxidación de AAR a ADHA fue retrazada bajo condiciones de almacenamiento en atmósfera controlada (Chantanawaragoon, 2000).

El mayor carotenoide en cubos de mango es β -caroteno con solo trazas de α -caroteno. Durante almacenamiento a 5C por 17 días en este mismo estudio anteriormente mencionado, no hubo diferencias significativas en el contenido de β -caroteno en los cubos de mango de todos los tratamientos. El contenido de β -caroteno de los cubos de mango no cambió durante 10 días en almacenamiento a 5C. No obstante, los cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 +1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína y almacenados en aire o atmósfera modificada por 17 días - y cuyos valores de apariencia visual estuvieron por arriba del límite de mercadeo- tuvieron más bajo contenido de β -caroteno que aquellos almacenado por 10 días (Chantanawaragoon, 2000).

Gil et al (2006) reportó que cubos de mango 'Ataulfo' precortado mantuvieron buena apariencia visual y no hubo cambios significativos en contenido de sólidos solubles, acidez titulable, y pH hasta por 9 días a 5C. El contenido inicial de vitamina C fue de 80 mg por 100 g de peso fresco y hubo una pérdida de cerca del 10% durante los 9 días a 5C. Ninguna pérdida en carotenoides totales fue notada hasta el día 9 cuando estas ascendieron a cerca del 25%. Hubo una leve reducción en compuestos fenólicos totales después de 3 días a 5C, pero no pérdidas

subsecuentes fueron encontradas entre el día 3 y día 9 a 5C. En general, los mangos precortados se deterioraron visualmente antes de la ocurrencia de pérdidas nutritivas significativas (Gil et al, 2006).

Robles-Sánchez et al (2007) concluyó que baja temperatura y atmósfera modificada o controlada pueden preservar la calidad y la capacidad antioxidante de mangos frescos precortados hasta por 10 días.

Gonzalez-Aguilar et al (2007) reportó que la exposición a irradiación ultravioleta C (UV-C) por 10 minutos parecía ser una buena técnica para incrementar la capacidad antioxidante total al incrementar el contenido de fenólicos y flavonoides en mangos ‘Tommy Atkins’ precortados y almacenados por 15 días a 5C. No obstante, este tratamiento redujo el contenido de vitamina C y carotenoides.

SANIDAD MICROBIANA DE MANGOS PRECORTADOS

Generalmente existe una correlación positiva entre una prolongada vida en anaquel de frutas precortadas y bajo conteo de placa aeróbica, bajo conteo de placa total y especialmente bajo conteo de levaduras y hongos. Por lo tanto, es muy importante evitar fuentes de contaminación microbiana y lavar las frutas con agua desinfectada antes del corte.

Thambaramala (1997) encontró que la esterilización de la superficie con 80% etanol antes del pelado seguido de almacenamiento a 1.5% O₂ y 11% CO₂ en bolsas plásticas de baja densidad totalmente inhibió por 3 semanas a 5C el deterioro microbiano de trozos de mangos pelados.

Chantanawarangoon (2000) encontró que después de 4 días a 5C, los conteos microbianos y de levaduras y hongos en cubos de mango en el control incrementaron rápidamente. Hasta el día 10, no hubo diferencias significativas en los conteos microbianos y de levaduras y hongos entre

todos los tratamientos excepto el control el cual tuvo un conteo microbiano más alto que los otros tratamientos. Después de 10 días a 5C, el conteo microbiano de cubos de mango tratados con 1% CaCl_2 + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína y almacenados en aire incrementó más rápidamente que aquellos tratamientos almacenados en atmósfera controlada. Es claro que el tratamiento con 1% CaCl_2 + 1% ácido ascórbico + 0.5% L-cisteína fue efectivo en la reducción de crecimiento microbiano en cubos de mango precortados por hasta 10 días en aire y hasta 17 días en atmósfera controlada (2% O_2 + 10% CO_2) a 5C. No obstante, después de 17 días a 5C, crecimiento microbiano fue observado sólo en los cubos de mango del tratamiento control.

Narciso y Plotto (2005) mostraron que la desinfección de la fruta entera juega un papel importante en el estado de limpieza de la fruta cortada. El uso de ácido peroxiacético (100ppm) para desinfectar mangos 'Keitt' enteros seguido de 30 segundos de inmersión en ácido peroxiacético o hipoclorito de sodio acidificado (200 ppm) redujo efectivamente el crecimiento microbiano y mantuvo los conteos microbianos bajos en superficies de fruta cortada hasta por 21 días en comparación con trozos de mango cortados provenientes de mangos enteros tratados con 200 ppm hipoclorito de sodio.

Plotto et al (2006) concluyó que, debido a resultados inconsistentes, vapor de etanol (5g/kg) aplicado por 20 horas a mangos 'Kent' enteros antes del corte no es una solución práctica para retrasar maduración. No obstante, con menor duración del tratamiento (10 horas) esta práctica podría proveer una medida de sanidad segura en una línea de producción de mangos precortados.

Ngarmsak (2007) encontró que el tratamiento de mangos precortados con 80 mM solución de vanillina antes del empaque y almacenamiento a 5C o 10C significativamente retrasó el deterioro por y crecimiento de levaduras y hongos en mangos precortados. A pesar de que se detectó un

ligero olor a vainilla después del procesado, este no fue presente después de 7 días de almacenamiento.

Clorito de sodio acidificado es un agente de desinfección recientemente aprobado por el FDA (singlas en inglés de la agencia de la Agencia estadounidense de Alimentos y Medicamentos) para tratamientos de inmersión o aspersion de alimentos, incluyendo frutas y vegetales frescos y precortados, y a ha mostrado una fuerte habilidad para el control de patógenos. He et al (2008) relacionó la acción antioscurecimiento del clorito de sodio (3mM) a la inactivación directa de la enzima polifenol oxidasa y a la degradación oxidativa de sustancias fenólicas. Por lo tanto, los efectos potenciales del clorito de sodio en calidad y sanidad de mangos precortados merecen evaluación.

RESUMEN DE ENTREVISTAS

Aquellos que fueron entrevistados incluyeron individuos de las siguientes compañías: Del Monte Fresh Produce, Dole Foods, Fresh Express – Chiquita, Garden Highway, G.O. Fresh, Ready Pac Foods, y Sun Rich Fresh Foods.

Variabilidad en madurez a cosecha y estado de maduración entre mangos de un mismo lote es una preocupación mayor para procesadores de fruta precortada. La mayoría de los procesadores no cuenta con facilidades para madurar la fruta. Por lo tanto, ellos prefieren recibir mangos en un estado de madurez casi listo para consumo (firmeza de la pulpa de 3-6 lbf con prueba de 8 mm y 12-14% mínimo de sólidos solubles). Además, ellos prefieren cultivares de mango con menor contenido de fibra y buen sabor. Los cultivares Kent y Keitt fueron mencionados por casi todos los procesadores como los mas preferidos debido a la mejor disponibilidad de tamaños grandes y su consistente buen sabor cuando se cortan en el estado maduro-firme (firmeza de la pulpa de

3- lbf con la punta de 8 mm) con el propósito de facilitar procesamiento y reducir daño mecánico. Algunos procesadores indicaron que ‘Ataulfo’ es demandado por algunos de sus clientes debido a su sabor superior cuando se encuentra en el estado óptimo de madurez (color de la pulpa de amarillo oscuro a naranja). La falta de tamaños grandes fue mencionada como la razón mangos ‘Haden’ no son usados para precortado. Alto contenido de fibra e inconsistencia de sabor cuando maduros fueron las razones mencionadas para no usar mangos ‘Tommy Atkins’ para precortado excepto si es el único cultivar disponible.

Algunos procesadores mencionaron que los periodos de transición de un lugar de producción a otro son particularmente desafiantes. Ellos están generalmente comprometidos con sus clientes y consumidores en proveer fruta consistentemente, pero algunas veces no pueden cumplir con la demanda durante los periodos de transición debido a la poca oferta, inmadurez de los mangos y/o no disponibilidad de fruta de tamaño deseado.

Fruta libre de defectos y de tamaño grande (8 o menos mangos por caja de 4 kg) son preferidos porque estos proveen un mayor rendimiento de productos precortados (mayor peso de producto precortado relativo al peso de la fruta entera) por hora de trabajo. Los procesadores indicaron que el rendimiento de mango precortado puede variar de 35 a 50%, dependiendo al tamaño de la semilla relativo al tamaño de la fruta y la cantidad de cortes irregulares de fruta que son excluidas para mejorar la uniformidad del producto precortado en el empaque. Rendimientos similares son obtenidos por los procesadores IQF de productos de mango congelado. En contraste, los rendimientos obtenidos en un hogar o en un entorno de servicio podrían ser mucho mayores. Por ejemplo, un estudio realizado por Mattson en nombre de la NMB resulto en rendimientos de mango fresco cortado que van entre un 60-70% en un ambiente gastronómico. Una necesidad de alta prioridad es la disponibilidad de máquinas costo eficientes para el lavado,

pelado, cortado de pulpa, lavado de los trozos, remoción de la humedad de la superficie con aire forzado y empaque. El objetivo es reducir los costos de mano de obra y minimizar posible áreas de contaminación microbiana para asegurar sanidad de los productos precortados.

Los factores que influyen en compras del consumidor de productos de mango precortados incluyen consistencia de color y textura además de precio en comparación con el precio de mangos enteros al momento de la compra. Compras subsecuentes dependen en la satisfacción del consumidor con el sabor (sabor y aroma) de productos de mango precortado. Mangos que son procesados con menor estado de madurez tienen una vida en anaquel más prolongada pero menor satisfacción del consumidor.

La mayoría de procesadores indicaron que es posible incrementar la participación de productos de mango precortado de los niveles actuales cercanos al 3% del total de productos de fruta precortada a porcentajes más altos. Esto se puede lograr si existe disponibilidad todo el año de los cultivares preferidos, calidad del sabor y estados de maduración óptimo para que el procesamiento sea más consistente.

CONCLUSIONES

1. La demanda de productos de mango precortado vía servicios de comida o ventas al detalle puede ser estimulada si la consistencia de la calidad, especialmente sabor, de estos productos es mejorada. Procesadores, operadores de servicios de comida y ventas al detalle deberían colaborar en la promoción de productos de mango precortado a los consumidores una vez que se asegure mejor consistencia del sabor de los productos de mango precortado.
2. Suplidores de mango deberían trabajar con procesadores para cumplir sus necesidades en término de cultivares con menos contenido de fibra, fruta de tamaños grandes, óptimos estados

de madurez para garantizar buen sabor y la ausencia de defectos que reduzcan rendimiento (peso del producto precortado relativo a peso de la fruta entera) por hora de labor.

3. Desarrollo de sistemas mecánicos eficientes para el pelado, remoción de la semilla, y cortado de la pulpa de mango en segmentos deseados va a ayudar a reducir los costos de mano de obra durante el procesamiento de productos de mango precortado. El objetivo debería ser la obtención de un rendimiento promedio del 50%.

4. Si los procesadores usan mangos firmes maduros (3 a 6 lbf firmeza con prueba de 8 mm), apropiada sanidad y buen manejo de temperatura y humedad relativa, una vida en anaquel de 5-7 días es posible. Si, en adición, ellos usan inmersión en químicos antioscurecimiento y antiablandamiento y empaque en atmósferas modificadas, la vida poscorte puede ser extendida de 9 a 12 días.

5. La fecha de “Mejor usar antes de” debe ser determinada de acuerdo a las condiciones de cada lote de mangos al momento del procesamiento. Esto debido a que entre más prolongado sea el lapso entre cosecha y corte, más corta va a ser la vida poscorte de productos de mango precortado. Además, entre más maduros y suaves los mangos estén al momento del procesamiento, más corta será la vida poscorte.

6. Esfuerzos futuros en investigación y desarrollo deberían incluir los siguientes:

6.1. Identificar los estados de madurez óptimos para cada cultivar (basados en firmeza y contenido de sólidos solubles) para mangos enteros que se usarán para productos precortados. Esto para proveer buen sabor al consumidor y una adecuada vida en anaquel.

6.2. Evaluar como los diferentes procedimientos (inmersión en químicos, atmósferas modificadas, inhibidores de la acción del etileno, etc) influyen en el sabor así como textura

(ensuavecimiento) y apariencia (oscurecimiento) de mangos precortados. El objetivo es identificar los tratamientos que vayan a preservar el sabor además de la textura y la apariencia.

6.3. Comparar la eficacia de la desinfección en agua y procedimientos de limpieza de la fruta en la reducción de contaminación microbiana para seleccionar el mejor método para la limpieza de mangos antes del procesamiento.

6.4. Evaluar el potencial de irradiación (de 1 a 3 kGy) sólo y en combinación con otros tratamientos y su efecto en la calidad sensorial y carga microbiana de productos de mango precortado y si existen efectos negativos potenciales. Por ejemplo, el incremento de las tasas de ensuavecimiento y oscurecimiento pueden ser minimizadas si se combina la irradiación con otras tecnologías como inmersiones en calcio, químicos antioscurecimiento y empaque en atmósferas modificadas.

6.5. Desarrollo de nuevas tecnologías para reducir los costos de mano de obra mediante la automatización de todos los pasos de procesamiento como sea posible sin pérdidas significativas de rendimiento (peso del producto precortado relativo al peso de las frutas enteras) o calidad de mangos precortados.

6.6. Desarrollo de nuevos productos de mango que provean valor agregado y que sean llamativos para varios grupos de consumidores.

LITERATURA CITADA

Allong, R., L.D. Wickham and M. Mohammed. 2000. The effect of cultivar, fruit ripeness, storage temperature and duration on quality of fresh-cut mango. *Acta Hort.* 509:487-494.

Allong, R., L.D. Wickham and M. Mohammed. 2001. Effect of slicing on the rate of respiration, ethylene production and ripening of mango fruit. *J. Food Quality* 24: 405-419.

Banjongsinsiri, P., S. Kenney, and L. Wicker. 2004. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylestrase and calcium. *J. Sci. Food Agric.* 84:1493-1499.

Beaulieu, J.C. and J.M. Lea. 2004. Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharv. Biol. Technol.* 30: 15-28.

Boynton, B.B., C.A. Sims, M.O. Balaban, M.R. Marshall, and S. Sargent, 2000. The effects of high pressure processing on sensory and stability of pre-cut mangos and carambolas. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 113:279-283.

Boynton, B.B., C.A. Sims, S. Sargent, M.O. Balaban, and M.R. Marshall. 2002. Quality and stability of pre-cut mangos and carambolas subjected to high-pressure processing. *J. Food Sci.* 67:409-415.

Chantanawarangoon, S. 2000. Quality maintenance of fresh-cut mango cubes. M.S. thesis in Food Science, University of California at Davis, 72p.

Chonhenchob, V., Y. Chantarasomboon, and S.P. Singh. 2007. Quality changes of treated fresh-cut tropical fruits in rigid modified atmosphere packaging containers. *Packag. Technol. Sci.* 20:27-37.

Dea, S., J.K. Brecht, M.C.N. Nunes, and E.A. Baldwin. 2008a. Incidence of chilling injury in fresh-cut 'Kent' mangoes. *HortScience* 43:1148 (abstract).

Dea, S., J.K. Brecht, M.C.N. Nunes, and E.A. Baldwin. 2008b. Quality of fresh-cut 'Kent' mango slices prepared from hot-water or nonhot-water-treated fruit. *HortScience* 43:1210 (abstract).

deSouza, B.S., J.F. Durigan, J.R. Donadon, G.H.A. Teixeira, and M.F.B. Durigan. 2005. Respiratory and storage behavior of fresh cut 'Tommy Atkins' mango. *Acta Hort.* 682: 1909-1915.

deSouza, B.S., T.J. O'Hare, J.F. Durigan, and P.S. deSouza. 2006. Impact of atmosphere, organic acids, and calcium on quality of fresh-cut 'Kensington' mango. *Postharv. Biol. Technol.* 42: 161-167.

- Donadon, J.R. and J. F. Durigan. 2004. Production and preservation of fresh-cut 'Tommy Atkins' mango chunks. *Acta Hort.* 645:257-260.
- Gil, M.I., E. Aguayo, and A.A. Kader. 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *J. Agric. Food Chem.* 54:4284-4296.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., J. Celis, R.R. Sotelo-Mundo, L.A. de la Rosa, J. Rodrigo-Garcia, and E. Alveraz-Parrilla. 2008. Physiological and biochemical changes of different fresh-cut mango cultivars stored at 5 C. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43:91-101.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., M.A. Villegas-Ochoa, M.A. Martinez-Tellez, A.A. Gardea, and J. F. Ayala-Zavala. 2007. Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *J. Food Sci.* 72: S197-S202.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., C.Y. Wang, and J.G. Buta. 2000. Maintaining quality of fresh-cut mangoes using antibrowning agents and modified atmosphere packaging. *J. Agric. Food Chem.* 48:4204-4208.
- He, Q., Y. Luo, and P. Chen. 2008. Elucidation of the mechanism of enzymatic-browning inhibition by sodium chlorite. *Food Chem.* 110:847-851.
- Izumi, H., T. Nagatomo, C. Tanaka and S. Kanlayanarat. 2003. Physiology and quality of fresh-cut mango is affected by low O₂ controlled atmosphere storage, maturity and storage temperature. *Acta Hort.* 600: 833-838.
- Limbanyen, A., J.K. Brecht, S.A. Sargent, and J.A. Bartz. 1998. fresh-cut mango fruit slices. *HortScience* 33:457 (abstract).
- Maciel, M.I.S., V.L.A.G. Lima, E.A. Melo, F.G. Prazeres, D.E.S. Lima, A.M. Souza, M.S. Lima, S.C. Mendonca, and R.S. Musser. 2004. Quality evaluation of minimally processed mango cv. 'Espada'. *Acta Hort.* 645:261-265.
- Martinez-Ferrer, M., C. Harper, F. Prez-Muñoz, and M. Chaparro. 2002. Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruit. *J. Food Sci.* 67: 3365-3371.
- Narciso, J. and A. Plotto. 2005. A comparison of sanitation systems for fresh-cut mango. *HortTechnology* 15:837-842.
- Ngarmsak, M. 2007. Antifungal activity of vanillin on fresh-cut tropical fruits. *Acta Hort.* 746: 409-415.
- Ngarmsak, M., P.J. Delaquis, P.M. Toivonen, T. Ngarmsak, B. Ooraikul, and G. Mazza. 2006. Antimicrobial activity of vanillin against spoilage microorganisms in stored fresh-cut mangoes. *J. Food Prot.* 69:1724-1727.

- Ngarmsak, M., T. Ngarmsak, B. Ooraikul, P.J. Delaquis, P.M. Toivonen, and G. Mazza. 2005. Effect of sanitation treatments with heated, chlorinated water on the microbiology of fresh-cut Thai mangoes. *Acta Hort.* 682:1895-1899.
- Plotto, A., J. Bai, E.A. Baldwin, and J.K. Brecht. 2003. Effect of pretreatment of intact 'Kent' and 'Tommy Atkins' mangoes with ethanol vapor, heat or 1-methylcyclopropene on quality and shelf-life of fresh-cut slices. *Proc. Fla State Hort. Soc.* 116:394-400.
- Plotto, A., J. Bai, J.A. Narciso, J.K. Brecht, and E.A. Baldwin. 2006. Ethanol vapor prior to processing extends fresh-cut mango storage by decreasing spoilage, but does not always delay ripening. *Postharv. Biol. Technol.* 39:134-145.
- Plotto, A., K.L. Goodner, E.A. Baldwin, J. Bai, and N. Rattanapanone. 2004. Effect of polysaccharide coatings on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica*). *Proc. Fla State Hort. Soc.* 117:382-388.
- Poubol, J. and H. Izumi. 2005a. Shelf life and microbial quality of fresh-cut mango cubes stored in high CO₂ atmospheres. *J. Food Sci.* 70: M69-M74.
- Poubol, J. and H. Izumi. 2005b. Physiology and microbial quality of fresh-cut mango cubes as affected by high-O₂ controlled atmospheres. *J. Food Sci.* 70: M286-M291.
- Purwadaria, H.K., S. Wuryani, S. Subhadrabandhu. 2000. Respiration model for edible coated minimally processed mango. *Acta Hort.* 509: 531-542.
- Rattanapanone, N., Y. Lee, T. Wu and A.E. Watada. 2001. Quality and microbial changes of fresh-cut mango cubes held in controlled atmosphere. *HortScience* 36: 1091-1095.
- Rattanapanone, N. and A.E. Watada. 2000. Respiration rate and respiratory quotient of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L.) in low oxygen atmosphere. *Acta Hort.* 509:471-478.
- Robles-Sanchez, M., S. Gorinstein, O. Martin-Belloso, H. Astiazaran-Garcia, G. Gonzalez-Aguilar, and R. Cruz-Valenzuela. 2007. Minimal processing of tropical fruits: antioxidant potential and its impact on human health. *Interciencia* 32:227-232 (in Spanish with English summary).
- Singh, S., V. Chonhenchob, Y. Chantanasomboom, and J. Singh. 2007. Testing and evaluation of quality changes of treated fresh-cut tropical fruits packaged in thermoformed plastic containers. *J. Testing Eval.* 35:
- Sothornvit, R. and P. Rodsamran. 2008. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharv, Biol. Technol.* 47:407-415.
- Thambaramaya, V. G. 1997. Minimal processing of fruit (apple, custard apple, mandarin, mango, pawpaw). *Dissertation Abstracts International-* B.58(3):1037.

Tovar, B., H.S. Garcia and M. Mata. 2001a. Physiology of pre-cut mango. I. ACC and ACC oxidase activity of slices subjected to osmotic dehydration. *Food Res. Intl.* 34: 207-215.

Tovar, B., H.S. Garcia and M. Mata. 2001b. Physiology of pre-cut mango. II. Evolution of organic acids. *Food Res. Intl.* 34: 705-714.

Tovar, B., L.I. Ibarra, H.S. Garcia and M. Mata. 2000. Some compositional changes in Kent mango (*Mangifera Indica* L.) slices during storage. *J. Appl. Hort.* 2: 10-14.

Trindade,P., M.L.Beiraro-da-Costa, M.Moldao-Martins, M.Abreu, E.M.Guncalves, and S.Beiraro-da-Costa. 2003. The effect of heat treatments and calcium chloride applications on quality of fresh-cut mango. *Acta Hort.* 599:603-609.

Vilas-Boas, E.V. de B. and A.A. Kader. 2007. Effect of 1-methycyclopropene (1-MCP) on softening of fresh-cut kiwifruit, mango and persimmon slices. *Postharvest Biol. Technol.* 43: 238-244.

APÉNDICE I: REFERENCIAS GENERALES ACERCA DE FRUTAS PRECORTADAS

Las siguientes referencias son incluidas en este reporte para el beneficio de aquellos que podrían estar interesados en información general acerca de calidad y sanidad de frutas precortadas

Allende, A., F.A. Tomas-Barberan, and M.I.Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends Food Sci. Technol.* 17:513-519.

Artes, F., M. Castaner, and M.I.Gil. 1998. Enzymatic browning in minimally processed fruits and vegetables. *Food Sci. Technol. Int'l.* 4: 377-389.

Ayala-Zavala, J.F., L. Del-Toro-Sanchez, E. Alvarez-Parrilla, and G.A. Gonzalez-Aguilar. 2008. High relative humidity in-package of fresh-cut fruits and vegetables: advantage or disadvantage considering microbiological problems and antimicrobial delivering systems?. *J. Food Sci.* 73:R41-R47.

Balwin, E., M. Nisperos-Carriedo, and R. Baker. 1995. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35: 509-524.

Beaulieu, J.C. and J.R.Gorny. 2002. Fresh-cut Fruits. In: Gross, K.C. et al (editors). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Crops*. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 66 on the website: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html> - <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/146freshcutfruits.pdf>

Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:18-22.

Brecht, J.K., M.E.Saltveit, S.T.Talcott, K.R.Schneider, K. Felkey, and J.A. Bartz. 2004. Fresh-cut vegetables and fruits. *Hort. Rev.* 30: 185-251.

Cantwell, M.I. and T.V. Suslow. 2002. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. p. 445-463, in: Kader, A.A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops*. Publ. 3311, Univ. Calif. Div. Agr. Nat. Resources, Oakland, CA.

Fan, L. and J. Song. 2008. Microbial quality assessment methods for fresh-cut fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review* 2008, 3:10, 9pp.

Fan, X., B.A. Niemira, and A. Prakash. 2008. Irradiation of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.* 62(3):36-43.

Forney, C.F. 2008. Flavour loss during postharvest handling and marketing of fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* 2008, 3:5, 10pp.

- Gil, M.I. and A.A. Kader. 2008. Fresh-cut fruit and vegetables, p. 475-504, in: Tomas-Barberan, F. and M.I.Gil (editors). Improving the health-promoting properties of fruit and vegetable products. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hodges, D.M. and P.M.A. Toivonen. 2008. Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharv. Biol. Technol.* 48:155-162.
- Hu, W. and Y. Jiang. 2007. Quality attributes and control of fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* 2:3 (www.stewartpostharvest.com)
- Kader, A.A. (ed.). 2002a. Postharvest technology of horticultural crops, third edition. Publ. 3311, Univ. Calif., Div. Agr. Nat. Resources, Oakland, CA, 535 pp.
- Kader, A.A. 2002b. Quality parameters of fresh-cut fruit and vegetable products. p. 11-20, in: Lamikanra, O. (ed.). Fresh-cut fruits and vegetables, science, technology, and market. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Lamikanra, O. (ed.). 2002. Fresh-cut fruits and vegetables, science, technology, and market. CRC Press, Boca Raton, Fl. 467 pp.
- Lanciotti, R., A. Gianotti, F. Patrignani, N. Bellefi, M.E. Guerzoni, and F. Gardini. 2004. Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits. *Trends Food Sci. Technol.* 15:201-208.
- Laurila, E., R. Kervinen, and R. Ahvenainen. 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharv. News Info.* 9 (4): 53N-66N.
- 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.
- Martin-Belloso, O. and R. Soliva-Fortuny. 2006. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut fruits. *Stewart Postharvest Review* 1:3 (www.stewartpostharvest.com)
- Martin-Diana, A.B., D. Rico, J.M. Frias, J.M. Barat, G.T.M. Henehan, and C. Barry-Ryan. 2007. Calcium for extending the shelf-life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 210-218.
- Nicoli, M., M. Anese, and C. Severini. 1994. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. *J. Food Quality* 17: 221-229.
- Olivas, G.I. and G.V. Barbosa-Canovas. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* 45:657-670.

- Rico, D., A.B. Martin-Diana, J.M. Barat, and C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 373-386.
- Rojas-Grau, M.A. and O. Martin-Belloso. 2008. Current advances in quality maintenance of fresh-cut fruits. *Stewart Postharvest Review* 2008, 2:6, 8pp.
- Romig, W.R. 1995. Selection of cultivars for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30:38-40.
- Salcini, M.C. and R. Massantini. 2005. Minimally processed fruits: an update on browning control. *Stewart Postharvest Review* 3:7 (www.stewartpostharvest.com)
- Saltveit, M.E. 2003, Fresh-cut vegetables. p.691-712, in: Bartz, J.A. and J.K. Brecht (eds.). *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. Second edition. Marcel Dekker, New York.
- Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 14:341-353.
- Toivonen, P.M.A. 2008. Application of 1-methylcyclopropene in fresh-cut/ minimal processing systems. *HortScience* 43:102-105.
- Toivonen, P.M.A. and D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharv. Biol. Technol.* 48:1-14.
- Vigneault, C., T.J. Rennie, and V. Toussaint. 2008. Cooling of freshly cut and freshly harvested fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review* 2008, 3:4, 10pp.
- Watada, A.E., N.P. Ko, and D.A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharv. Biol. Technol.* 9: 115-125.
- Watada, A.E. and Qi, L., 1999. Quality of fresh-cut produce. *Postharv. Biol. Technol.* 15:201-205.
- Wiley, R.C. (editor). 1994. *Minimally processed refrigerated fruits & vegetables*. New York: Chapman & Hall, 368 pp.

September 25, 2008

**FRESH-CUT MANGOS AS A VALUE-
ADDED PRODUCT (LITERATURE
REVIEW AND INTERVIEWS)**

Presented by: Adel Kader



25 de Setiembre del 2008

MANGOS PRECORTADOS COMO PRODUCTO DE VALOR AGREGADO (REVISIÓN DE LITERATURA Y ENTREVISTAS)

Presentado por: Adel Kader



La calidad de los mangos precortados
depende de:

- ***Madurez y calidad a cosecha***
- ***Mantenimiento de la calidad hasta la preparación***
- ***Estado de maduración al momento del procesamiento***
- ***Método de preparación***
- ***Procedimientos de manejo posteriores***
- ***Tiempo entre cosecha y consumo***



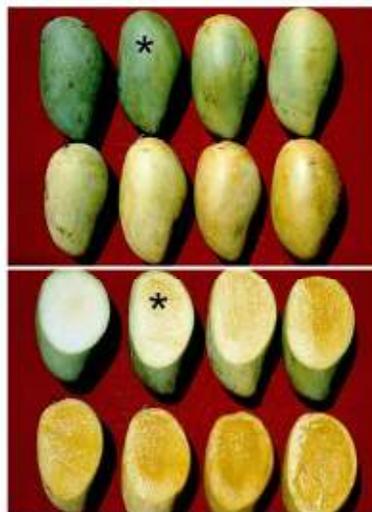
Índices de madurez del mango

- **Forma de la fruta (llenado de los hombros)**
- **Cambio de color de verde oscuro a verde claro o amarillo (dependiendo del cultivar)**
- **Cambio del color de la pulpa de verde a amarillo a naranja**
- **Incremento de los sólidos solubles y disminución de la acidez**

La variabilidad en madurez a cosecha y estados de maduración es una preocupación mayor en los procesadores de fruta precortada



Madurez a Cosecha y Estados de maduración



Manilla



Kent

* Mínimo estado de madurez a cosecha para asegurar buena calidad durante maduración

Condiciones para Maduración de Mangos

Temperatura de la fruta: 20 a 22°C (68-72°F)

Humedad relativa: 90-95%

Concentración de etileno: 100-150ppm

Exposición a etileno: 12-24 hours

Dióxido de carbono: <1%

El tiempo para maduración completa depende de la madurez a cosecha y la temperatura de almacenamiento después del tratamiento con etileno



Cambios Asociados con la Maduración del Mango que Incrementan el Sabor

- **Reducción de la firmeza de la pulpa e incremento del contenido de jugo**
- **Conversión de almidón a azúcares (incremento en dulzura)**
- **Reducción de la acidez titulable**
- **Incremento en el contenido de sólidos solubles (azúcares, ácidos, pectinas)**
- **Incremento en aroma**

Procesadores prefieren recibir mangos listos para consumo (firmeza de la pulpa 2-4 lbf y 10-12% mínimo sólidos solubles)



Preparación de cubos precortados de mango en el laboratorio



Ataulfo



Pelado



Cortado



Cubos

El rendimiento promedio oscila entre 35-40% dependiendo del cultivar y el tamaño de la fruta



Escala de Evaluación Visual



9



7



5

Límite de
mercadeo



3

Límite de
consumo



1



Efectos de Temperatura-13 días

Mangos precortados almacenados a 0, 2 y 5°C por 13 días + 4hr a 10°C



0°C

Daño por frío

2°C

Mejor Rango de
Temperaturas

5°C



Tratamiento Químicos para Retardar Ablandamiento y Oscurecimiento

- Químicos en la lista de FDA GRAS (generalmente reconocidos como seguros), pero considerados aditivos alimenticios y que deben describirse en la etiqueta así como en la declaración de ingredientes
- A. Químicos Anti Ablandamiento:
 - Cloruro de Calcio, Lactato de Calcio
- B. Químicos Anti Oscurecimiento:
 - Ácido ascórbico
 - Acido eritórbico (isomero del ácido ascórbico)
 - Cisteína
- C. Químicos Anti Ablandamiento y Anti Oscurecimiento:
 - Ascorbato de Calcio
 - (similar a Mantrose Hauser un producto "Sellante Natural")



Contribución de Empaque en Atmósferas Modificadas (MAP) para el Mantenimiento de la Calidad de Frutas Precortadas

Mantenimiento de óptimo rango de temperaturas	MAP	
	Minimiza deshidratación	Retarda deterioro

0

70

85

100

Vida después del corte (%)



Efecto de Tratamiento de Inmersión y Atmósferas Controladas (CA)- 10 días

Cubos de mangos precortados
10 días @ 5°C + 4 hr @ 10°C



Control



1% CaCl₂ + CA



1% CaCl₂ + 0.05M L-cysteine
+ 0.05M Ascorbic Acid

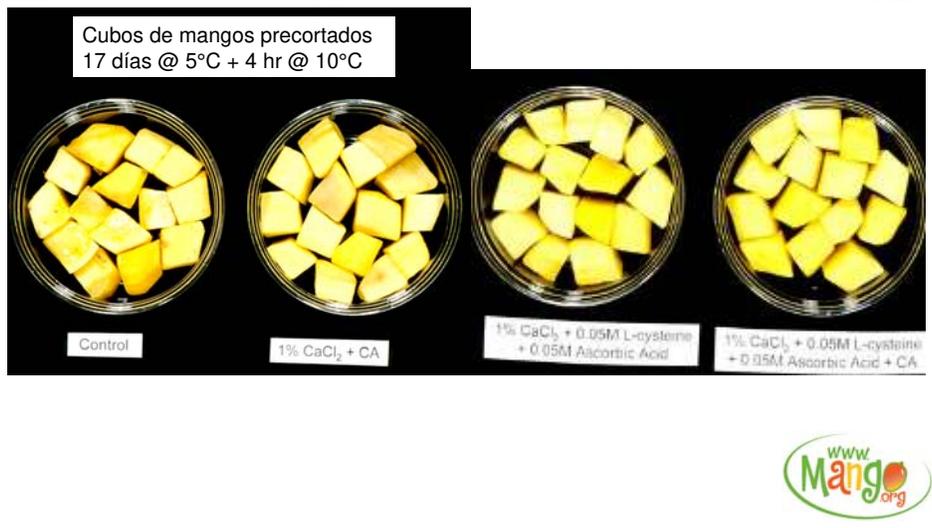


1% CaCl₂ + 0.05M L-cysteine
+ 0.05M Ascorbic Acid + CA

CA = 2% oxígeno + 10% dióxido de carbono + 88% nitrógeno



Efecto de Tratamiento de Inmersión y Atmósferas Controladas (CA)- 17 días



Efecto del 1-MCP en Cubos de Mangos Precortados

Aplicación de 0.5 a 1 ppm 1-MCP (SmartFresh) directamente a cubos de mango por 6 horas retrazó el suavamiento y oscurecimiento durante almacenamiento a 5°C (41°F) por 9 días. Combinar 1-MCP con tratamiento de Calcio y/o MAP provee un efecto sinérgico



Preparación Comercial de Mangos Precortados



Lavado



Pelado



Remoción de semilla



Corte de Pulpa

Influencia de Procedimientos de Preparación en la Calidad de Mangos Precortados-1

- 1. Limpieza con agua clorinada (100-150ppm) o desinfectada de otra forma para remover contaminantes y reducir carga microbiana**
- 2. Cortes incrementan tasas de respiración, producción de etileno, oscurecimiento, pérdida de agua y deterioro general**
Instrumentos filosos ———, menos daño
Mayor daño durante corte ———, mayor deterioro
- 3. Lavar el producto cortado remueve el exudado del tejido, lo que puede favorecer crecimiento bacteriano**



Influencia de Procedimientos de Preparación en la Calidad de Mangos Precortados-2

- 4. Uniformidad (presencia de piezas fuera de tamaño y/o no comestibles, como cáscara o partes de semilla)**
- 5. Empaque para reducir deshidratación y oscurecimiento del tejido**
Empaque no adecuado —> restricción de difusión de gases —> metabolismo fermentativo —> olores indeseados
- 6. Procedimientos de sanidad para minimizar contaminación microbiana**



Factores Post-Preparación que Afectan la Calidad de Mangos Precortados

- 1. Enfriamiento a temperatura óptima de 2-5C (36-41F)**
- 2. Mantenimiento de temperatura y humedad relativa (95-98%) óptima después de la preparación, incluyendo en anaquel**
- 3. Rápido mercadeo. Fechas son altamente deseables (fecha de preparación, y proponer fecha de venta y de uso)**



La vida del sabor es más corta que lo que la apariencia muestra en frutas precortadas

Basada en sabor y calidad nutritiva

Basada en firmeza

Basada en apariencia (calidad visual)



Vida Postcosecha bajo condiciones óptimas

El sabor de estos mangos es tan bueno como lo que aparentan?



El final de la vida del sabor resulta por pérdidas en azúcares, ácidos, y volátiles aromáticos (especialmente ésteres) y/o desarrollo de sabores no deseados (debido al metabolismo fermentativo o transferencia de olor desde hongos u otras fuentes)

Clasificación de productos precortados de acuerdo al potencial de vida después del corte a condiciones de manejo óptimas (0-5°C y 90-95% humedad relativa)

Potencial de vida de almacenamiento	Productos precortados
10-14 días	Pedazos de manzana, rodajas de kiwifruit, cubos de <i>mango</i>, rodajas y pedazos de piña, granos o semillas de granada (pomegranate)
2-9 days	Pedazos de mango, segmentos de cítricos, uvas, cubos de melón, pedazos de nectarín y melocotón, cubos de papaya, pedazos de peras, rodajas de kaki (persimmon), rodajas de fresas

El potencial de vida de almacenamiento de mezclas de frutas precortadas es limitado por el componente con la vida más corta



Conclusiones-1

- La demanda de productos precortados de mango via servicios de comida o supermercados puede ser estimulada si la consistencia de calidad, especialmente sabor, de estos productos es mejorada. Procesadores, operadores de servicios de comida, y supermercados deberían colaborar en promover la venta de productos de mangos precortados a los consumidores.
- Los suplidores de mango deberían trabajar con los procesadores para reunir sus necesidades en términos de cultivares con menos fibra, tamaños grandes, estados de maduración óptimos para buen sabor y ausencia de defectos que reduzcan el rendimiento (peso de el producto precortado relativo al peso de la fruta).



Conclusiones-2

- Desarrollo de un sistema mecánico eficiente para pelado, remoción de la semilla, y corte de la pulpa de mango en segmentos deseados ayudaría a reducir costos de mano de obra durante el procesamiento.
- Si los procesadores usan mangos maduros firmes (2-4 lbf firmeza de la pulpa con punta de 8 mm), apropiada sanidad y buen manejo de temperatura y humedad relativa, una vida en anaquel de 5-7 días es posible. Si en adición, ellos usan inmersión en tratamientos anti oscurecimiento y anti ablandamiento y empaque en atmósferas modificadas, la vida después del corte se puede extender a 9-12 días.



Conclusions-3

- La fecha de “Mejor si se usa antes de:” debería determinarse para cada lote de mangos cuando se procesan porque la vida después del corte se reduce entre mayor tiempo a transcurrido entre cosecha y corte.
- Investigaciones acerca de cómo extender la vida del sabor para igualar la vida de apariencia en mangos precortados deberían fomentarse.

