

Validación de las Condiciones Ambientales Ideales de Atmósfera Controlada para Proteger la Calidad de Consumo de Mangos Tratados con Agua Caliente Almacenados a 12.5°C

Manuel Báez, Katherine Wilkins, Rosalba Contreras, Gayle Crisosto and Carlos H. Crisosto.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán
Laboratorio de Fisiología y Calidad Poscosecha
Carretera a Eldorado Km. 5.5, Culiacán, Sinaloa, México
manuel.baez@ciad.edu.mx

Department of Plant Sciences
Davis, CA 95616
University of California, Davis
chcrisosto@ucdavis.edu

RESUMEN EJECUTIVO: *El tratamiento de atmósfera controlada (AC) de 10 o 20% de dióxido de carbono combinado con $\geq 5\%$ de oxígeno disminuyó el ablandamiento de mangos cosechados en NMB-2 y tratados con agua caliente (TAC) durante transporte simulado por 20 días a 12.5°C. Luego de 20 días, mangos 'Tommy Atkins' TAC se ablandaron más lento bajo 10 o 20% de dióxido de carbono que aquellos bajo aire. No hubo diferencias en ablandamiento entre mangos almacenados bajo 10 o 20% de CO₂. A los 20 días, mangos 'Ataulfo' TAC se ablandaron más lento bajo 20% de CO₂ que aquellos almacenados bajo 10% de CO₂ o aire. Mangos bajo 10% de CO₂ resultaron más firmes que aquellos bajo aire, pero más blandos que aquellos bajo 20% de CO₂. En el día 20 y 30, mangos 'Keitt' TAC se ablandaron más lento bajo 20% de CO₂ que mangos bajo 10% de CO₂ o aire. No hubo diferencias en ablandamiento entre mangos almacenados bajo 10% de CO₂ o aire, por lo tanto, 20% de CO₂ debiera ser utilizado en 'Keitt'. No se observaron desórdenes externos ni internos en cualquiera de los tratamientos, al igual que el desarrollo de sabores no deseados. La AC no influyó la tasa de ablandamiento durante el periodo de exhibición o comercialización a temperatura cálida. Sin embargo, mangos provenientes del tratamiento de 20% de CO₂ permanecieron más firmes durante el periodo de exhibición que mangos de los otros tratamientos, debido a que estos comenzaron con una mayor firmeza cuando removidos de la AC. Una instalación de atmósfera controlada fue establecida en el CIAD en Culiacán, Méjico, para actuales y futuros trabajos en mango. Se enfatiza la realización posterior de trabajos, en áreas de producción, de los beneficios de la AC en mangos no tratados con agua caliente (NTAC). Un envío comercial demostrativo de los beneficios de la AC para mangos TAC transportados por un periodo no mayor a 20 días será realizado a modo de educación de extensión.*

Debido a que ciertos mangos tratados con agua caliente son importados en largas distancias, su transporte es, actualmente, realizado a bajas temperaturas y con mangos de menor madurez para asegurar la llegada de frutos firmes que tolerarán la manipulación en el destino. Sin embargo, investigaciones durante los últimos cinco años han demostrado que los mangos transportados a temperaturas frías y con baja madurez presentan una pobre aceptación por parte de los consumidores, debido a un bajo nivel de materia seca (calidad sensorial), síntomas de daño por enfriamiento y otros desórdenes asociados al almacenamiento. Nosotros hipotetizamos que el uso de atmósfera controlada (AC) durante el transporte a 12.5°C (sobre problemas de daño por

enfriamiento) debiera reducir el ablandamiento y el desarrollo de daño por enfriamiento, proveyendo mangos de alta calidad a los consumidores. Un limitado número de resultados usando niveles muy bajos de oxígeno (O_2), balanceados con N_2 y CO_2 en mangos no tratados con agua caliente (NTAC), indicaron que la vida de poscosecha de mangos almacenados/transportados puede ser extendida mediante las condiciones de almacenamiento que provee la AC con altos niveles de CO_2 y bajos niveles de O_2 . No obstante, no se encuentran disponibles recomendaciones detalladas, basadas en validaciones del tratamiento de AC (alto CO_2 y/o bajo O_2), para mangos tratados con agua caliente (TAC). Una prueba de AC usando mangos NTAC de California apoyó nuestra hipótesis. También, demostramos que mangos expuestos a concentraciones de oxígeno menores a 5% adquirirán 'sabores no deseados' debido a la respiración anaeróbica durante la exposición. Proponemos desarrollar un protocolo para un óptimo tratamiento de AC para mangos TAC cosechados comercialmente y luego validar el nuevo protocolo usando envíos comerciales a través de colaboradores. Nosotros creemos que la AC retrasará el ablandamiento y reducirá el daño por enfriamiento en mangos cosechados, incrementando la satisfacción del consumidor. El resultado de este protocolo propuesto para el transporte bajo AC beneficiará a productores, comercializadores y consumidores de mango.

MATERIALES Y METODOS:

Objetivo 1: Mangos tratados con agua caliente 'Tommy Atkins', 'Keitt' y 'Ataulfo' cosechados en Méjico, se utilizaron para determinar las concentraciones ideales de oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2) para su almacenamiento a $12.5^\circ C$. Estos cultivares fueron cosechados comercialmente y separados según dos estados de madurez: comercial (NMB-2: por lo menos 90% de los frutos en etapa 2 o superior) y madurez avanzada (NMB-3: mayoría de los frutos en etapa 3). Los frutos fueron transportados hacia el CIAD en Culiacán, en donde fueron expuestos a dos condiciones de estrés de oxígeno-dióxido de carbono (Tabla 1) por hasta 30 días. Se utilizaron 5% de O_2 y dos concentraciones de CO_2 con etileno durante almacenamiento de transporte simulado a $12.5^\circ C$. Por lo tanto, seis tratamientos (aire y dos combinaciones de O_2 - CO_2 con dos estados de madurez) con tres repeticiones fueron usadas. Las condiciones de atmósfera controlada fueron AC 1 = 5% de O_2 y 10% de CO_2 y AC 2 = 5% de O_2 y 20% de CO_2 . Mediciones de calidad fueron llevadas a cabo después de 20 y 30 y durante maduración post almacenamiento por seis días a temperatura ambiente.

Tabla 1. Influencia de la madurez (NMB-2, NMB-3&4) y tratamientos de AC (oxígeno (O_2) y combinaciones de dióxido de carbono (CO_2)) en la calidad en destino de mangos luego de transporte simulado a $12.5^\circ C$.

Cultivar	Treatment	NMB-2		NMB-3	
		O_2 (%)	CO_2 (%)	O_2 (%)	CO_2 (%)
Ataulfo	Air	AIR	AIR	AIR	AIR
	CA 1	5	10	5	10
	CA 2	5	20	5	20
Keitt	Air	AIR	AIR	AIR	AIR
	CA 1	5	10	5	10
	CA 2	5	20	5	20
Tommy Atkins	Air	AIR	AIR	AIR	AIR
	CA 1	5	10	5	10
	CA 2	5	20	5	20

Objetivo 2: Demostración de envío comercial

Envíos comerciales para validar el impacto de las condiciones de AC durante envío comercial bajo condiciones reales están siendo organizadas. Conversaciones están llevándose a cabo con Carrier Europe, Hapag-Lloyd y DUREXPORTA (Ecuador).

Objetivo 3: Distribución de la información

Además de desarrollar y validar un protocolo de AC para cultivares importantes de mango, este proyecto incluye entrenamiento en tecnología de poscosecha para los grupos involucrados. Nuestro objetivo es recolectar, resumir y distribuir un reporte parcial corto semestral y participar en actividades de extensión para diseminar el nuevo protocolo de manejo derivado de estos estudios.

RESULTADOS

Ablandamiento de ‘Tommy Atkins’ Durante Almacenamiento: 0-30 días a 12.5°C.

En el día 0 (cosecha), previo a ser puestos en almacenamiento (transporte simulado), mangos ‘Tommy Atkins’ NMB-2 tuvieron un promedio de firmeza de 36.4 lbf. Los mangos fueron dispuestos en cada tratamiento a 12.5°C por 20 y 30 días (**Figura 1**). Ablandamiento ocurrió en todos los tratamientos durante el transporte simulado, pero a diferentes tasas. Luego de 20 días, ‘Tommy Atkins’ almacenados en cualquiera de los tratamientos de AC resultaron más firmes (~7.0 lbf) que los mangos almacenados en aire (2.4 lbf). A los 30 días, no hubo diferencias significativas en la firmeza de los mangos a lo largo de los tratamientos, mangos bajo el tratamiento AC 2 tuvieron firmeza de 4.0 lbf seguidos por AC 1 y aire con ~3.0 lbf.

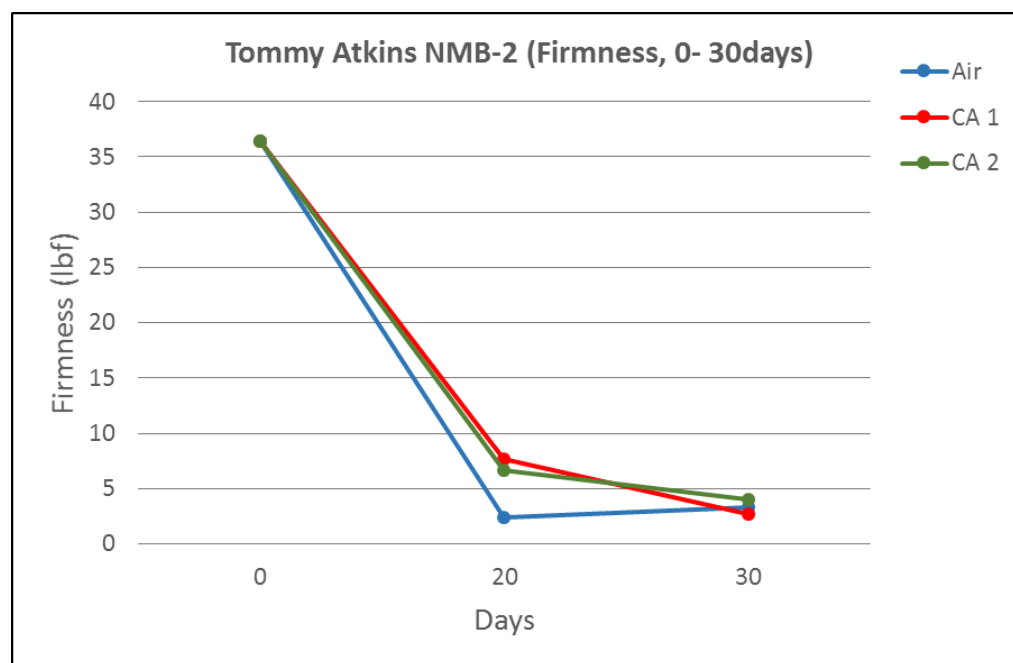


Figura 1. Ablandamiento de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB-2 almacenados durante 30 días a 12.5°C bajo tres condiciones atmosféricas.

Los tratamientos de AC no afectaron el ablandamiento durante 30 días de transporte simulado de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en etapas de madurez avanzada (NMB-3). A los 20 o 30

días, la firmeza de los mangos no fue diferente entre los tratamientos. Por ejemplo, luego de 20 días, la firmeza de los mangos fue ~2.5 lbf en todos los tratamientos (**Figura 2**) y luego de 30 días de almacenamiento, ~2.0 lbs. En ambas fechas de evaluación, los mangos se encontraban muy blandos como para tolerar la manipulación de comercialización.

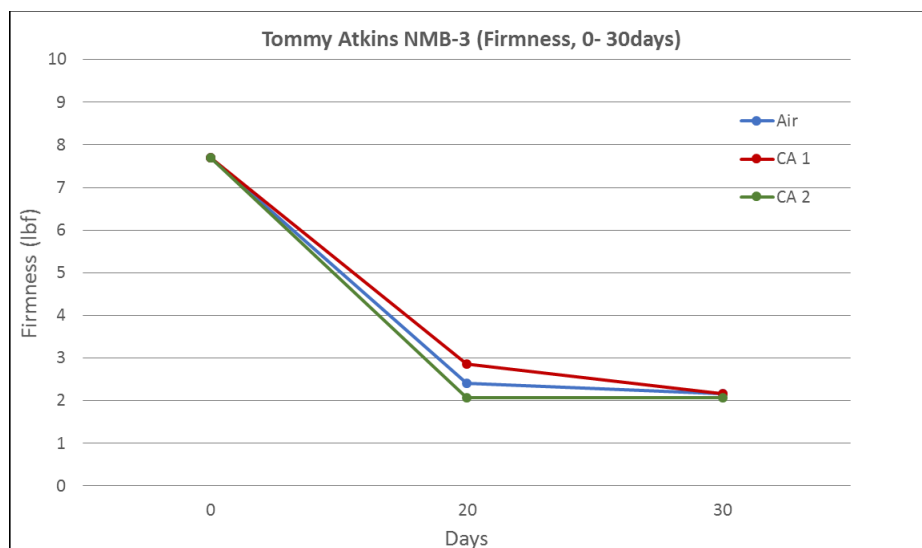


Figura 2. Ablandamiento de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB-3 durante 30 días de almacenamiento a 12.5°C bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de ‘Tommy Atkins’ durante exhibición: 20 a 26 días a temperatura ambiente.

Luego de 20 días de almacenamiento, los mangos fueron exhibidos por seis días a temperatura ambiente y la firmeza fue medida cada dos días (a los dos, cuatro y seis días). Mangos ‘Tommy Atkins’ NMB-2 almacenados en AC 1 y AC 2 se ablandaron significativamente a lo largo de los seis días de exhibición, mientras que los mangos tratados con aire obtuvieron menor firmeza luego de 20 días y experimentaron pequeños cambios durante el periodo de exhibición (**Figura 3**). Los mangos almacenados en AC 1 tuvieron una firmeza de 1.5 lbf luego de los 6 días de exhibición, los mangos en AC 2 tuvieron una firmeza de 2.3 lbf y aquellos tratados con aire 1.5 lbf. Esto representa una disminución de 6.2 lbf en AC 1, 4.4 lbf en AC 2 y 0.9 lbf para aire durante el período de seis días a temperatura ambiente.

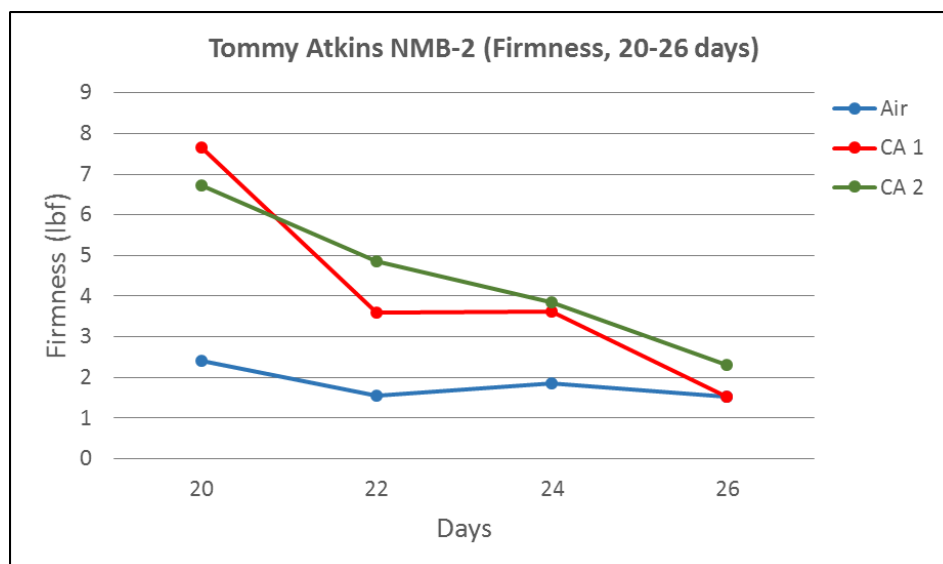


Figura 3. Ablandamiento de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB-2 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 20 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Los mangos ‘Tommy Atkins’ NMB-3 exhibidos por seis días a temperatura ambiente luego de 20 días de almacenamiento mostraron una reducción de la firmeza en mangos AC 1 y tratados con aire (**Figura 4**). Mangos tratados con AC 1 disminuyeron su firmeza en 1.2 lbf hasta un promedio de 1.6 lbf luego de seis días de exhibición y la firmeza de mangos tratados con aire disminuyó en 0.2 lbf alcanzando 2.2 lbf luego de seis días de exhibición. Mangos tratados con AC 2 incrementaron su firmeza luego de seis días de exhibición, desde 2.1 lbf a 2.85 lbf a los 26 días.

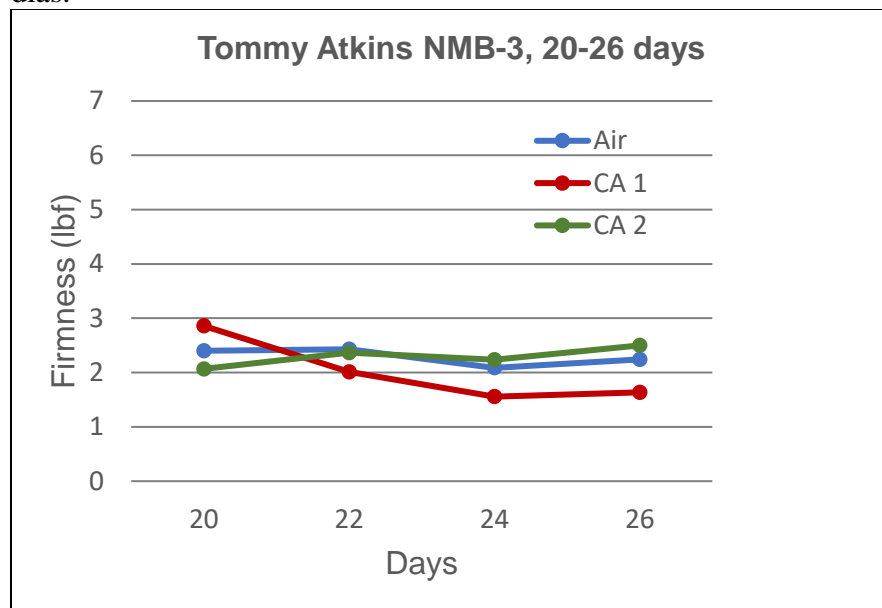


Figura 4. Ablandamiento de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB-3 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 20 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de ‘Tommy Atkins’ durante exhibición: 30 a 36 días a temperatura ambiente.

Luego de 30 días en almacenamiento y seis días en exhibición a temperatura ambiente, la firmeza de los mangos ‘Tommy Atkins’ NMB-2 disminuyó en 2.0 (AC 2), 1.2 (AC 1) y 2.3 lbf (aire) (**Figura 5**). La firmeza final de los res tratamientos luego de 30 días en almacenamiento y seis días en exhibición fue de 3.5 lbf (AC 2), 1.5 lbf (AC 1) y 1.1 lbf (aire).

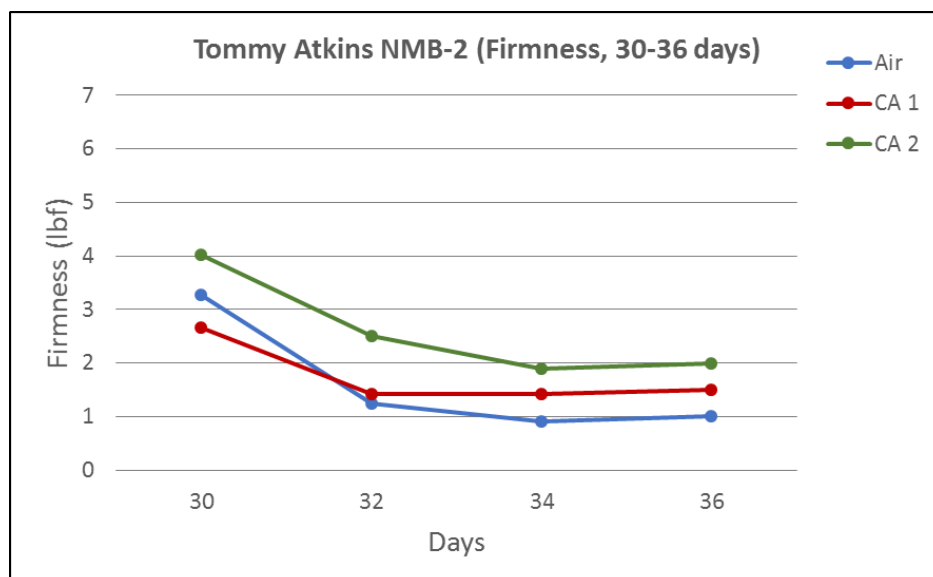


Figura 5. Ablandamiento de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB-2 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 30 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

La firmeza final de los tres tratamientos de mangos ‘Tommy Atkins’ NMB-3 luego de 30 días de almacenamiento y seis días de exhibición a temperatura ambiente fue 2.0 lbf (AC 2), 1.2 lbf (AC 1) y 1.1 lbf (aire) (**Figura 6**). Los mangos AC 1 disminuyeron su firmeza en 1 lbf y aquellos tratados en aire en 1.1 lbf. AC 2 incrementaron su firmeza en promedio en 0.7 lbf. Este aumento en firmeza no es significativo y probablemente debido a diferencias en la madurez inicial de los mangos evaluados a los dos, cuatro y seis días.

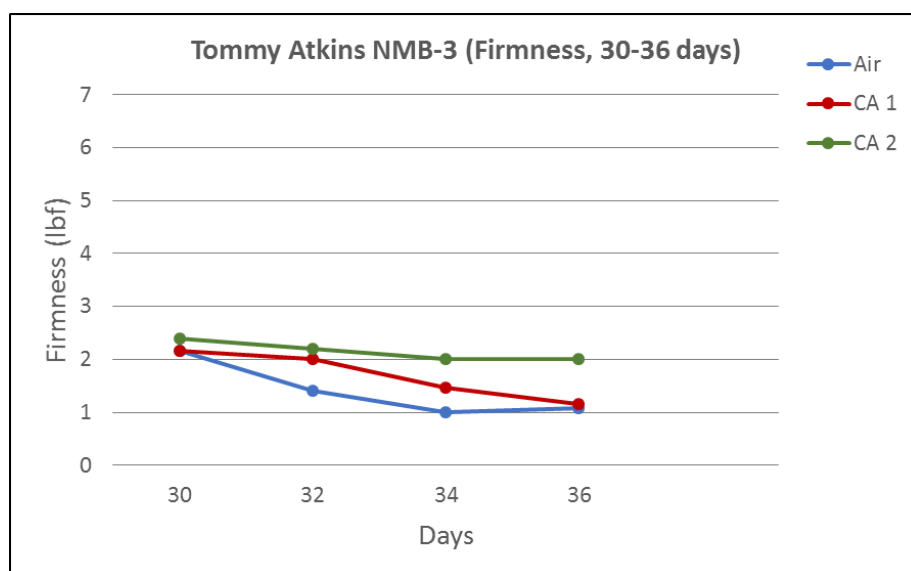


Figura 6. Ablandamiento de mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB-3 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 30 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de ‘Ataulfo’ durante almacenamiento: 0-30 días a 12.5°C.

Previo a ser dispuestos en cada uno de los tres tratamientos a 12.5°C, mangos ‘Ataulfo’ NMB-2 tuvieron un promedio de firmeza de 26.7 lbf (**Figura 7**). Luego de 20 días, los mangos

almacenados en AC 2 fueron los más firmes (6.5 lbf), seguidos por aquellos almacenados en AC 1 (4.6 lbf) y en aire (1.6 lbf). Luego de 30 días de almacenamiento, los mangos AC 2 permanecieron con mayor firmeza (2.5 lbf), seguidos por AC 1 (1.9 lbf) y aire (1.2 lbf).

Los mangos ‘Ataulfo’ NMB-3 tuvieron en promedio una firmeza de 15.8 lbf antes del almacenamiento (**Figure 8**). El tratamiento más firme después de 20 días fue AC 2 (2.4 lbf), seguido por AC 1 (2.0 lbf) y aquellos tratados con aire (1.3 lbf). Luego de 30 días de almacenamiento, los mangos AC 2 permanecieron como los más firmes (2.9 lbf), seguidos por AC 1 (1.4 lbf) y los tratados con aire (1.1 lbf).

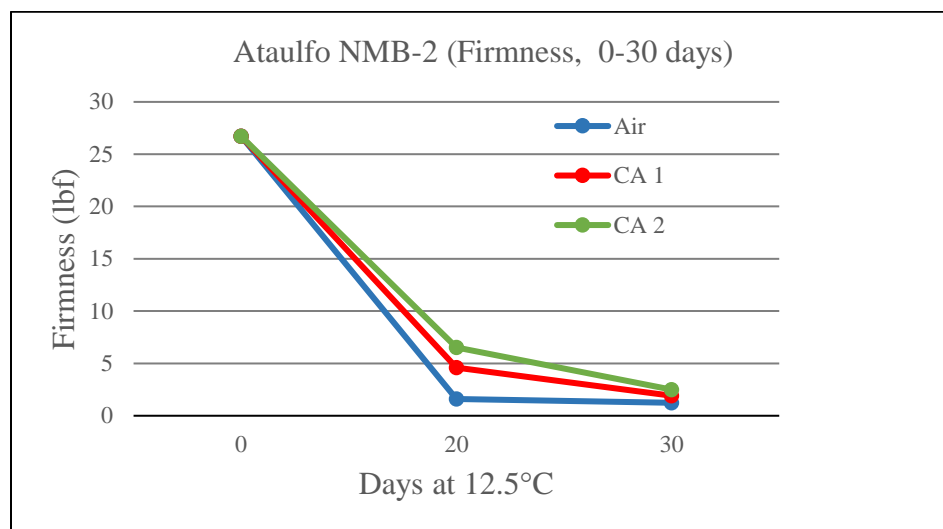


Figura 7. Ablandamiento de mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB-2 durante 30 días de almacenamiento a 12.5°C bajo tres condiciones atmosféricas.

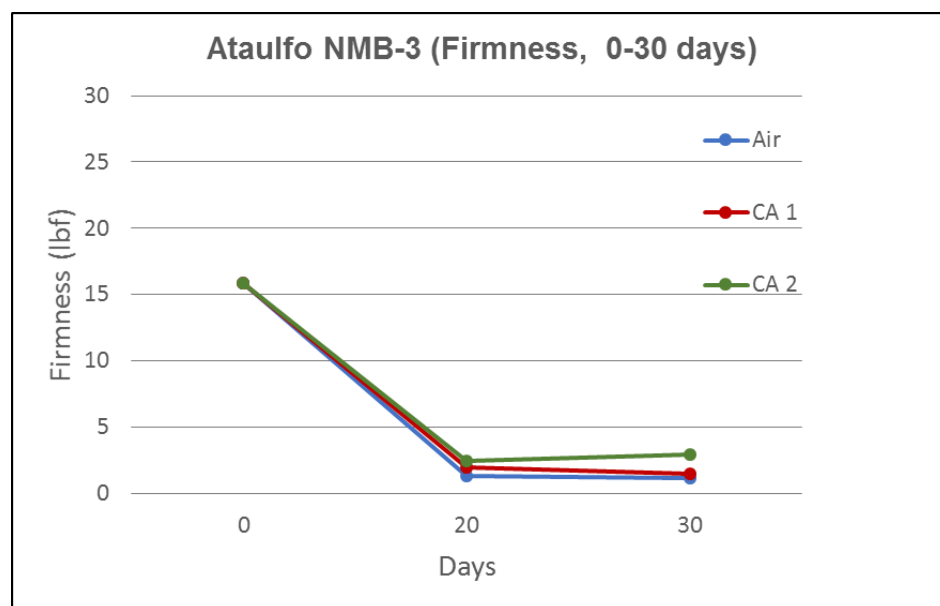


Figura 8. Ablandamiento de mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB-3 durante 30 días de almacenamiento a 12.5°C bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de ‘Ataulfo’ durante exhibición: 20 a 26 días a temperatura ambiente.

Mangos ‘Ataulfo’ NMB-2 almacenados en AC 1 o AC 2 tuvieron una disminución significativa en su firmeza luego de 20 días de almacenamiento y seis días de exhibición a temperatura ambiente (**Figura 9**). Los mangos almacenados en AC 2 disminuyeron su firmeza en 4.7 lbf durante el período de exhibición a un promedio de 1.9 lbf luego de los seis días. Los mangos ‘Ataulfo’ almacenados en AC 1 disminuyeron en 2.91 lbf a 1.7 lbf a los seis días. Los mangos ‘Ataulfo’ tratados con aire, tuvieron un promedio de firmeza de 1.6 lbf luego de 20 días de almacenamiento y perdieron 0.3 lbf durante los seis días de exhibición, con un promedio final de 1.3 lbf.

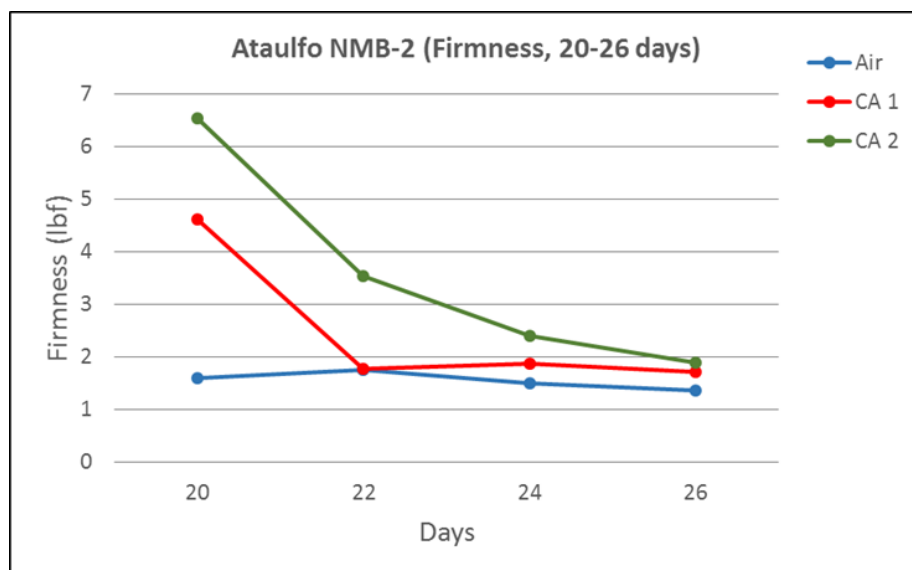


Figura 9. Ablandamiento de mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB-2 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 20 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Luego de 20 días de almacenamiento y seis días de exhibición a temperatura ambiente, mangos ‘Ataulfo’ NMB-3 en AC 1 fueron los más firmes con 2.2 lbf, incrementando 0.3 lbf durante exhibición (**Figura 10**). Esto probablemente debido a diferencias en la madurez inicial de almacenamiento y a variabilidad en firmeza luego de ser removidos del almacenamiento en los mangos muestreados en intervalos de dos días. Mangos AC 2 tuvieron una firmeza de 1.7 lbf, disminuyendo 0.7 lbf en seis días. Los mangos ‘Ataulfo’ NMB-3 tratados con aire disminuyeron 0.6 lbf, llegando a 1.8 lbf luego de seis días de exhibición.

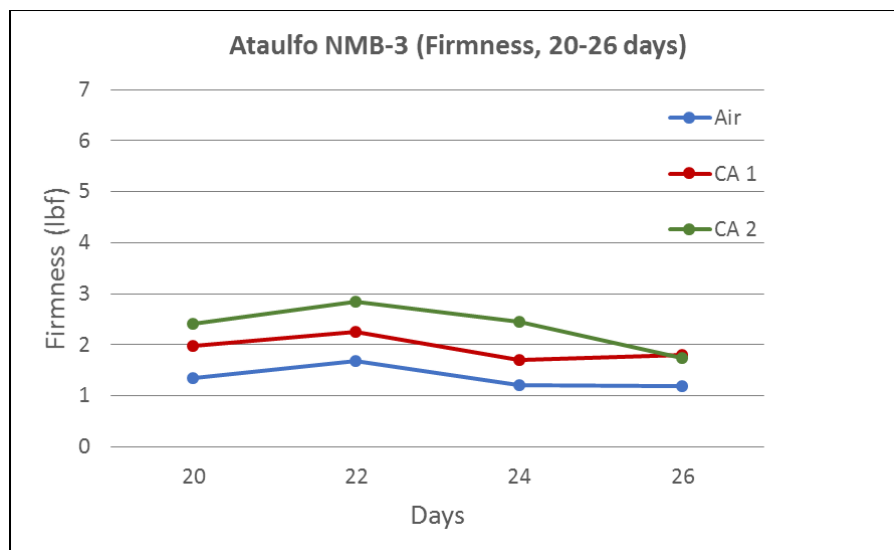


Figura 10. Ablandamiento de mangos 'Ataulfo' cosechados en NMB-3 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 20 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de 'Ataulfo' durante exhibición: 30 a 36 días a temperatura ambiente.

Luego de 30 días de almacenamiento y seis días de exhibición a temperatura ambiente, mangos 'Ataulfo' NMB-2 almacenados bajo cualquiera de los tratamientos alcanzaron un promedio de firmeza de 1.0 lbf (**Figura 11**). Mangos AC 2 disminuyeron su firmeza en 1.0 lbf durante los seis días de exhibición y los mangos tratados con aire permanecieron cercanos a 1.0 lbf luego de ser removidos del almacenamiento.

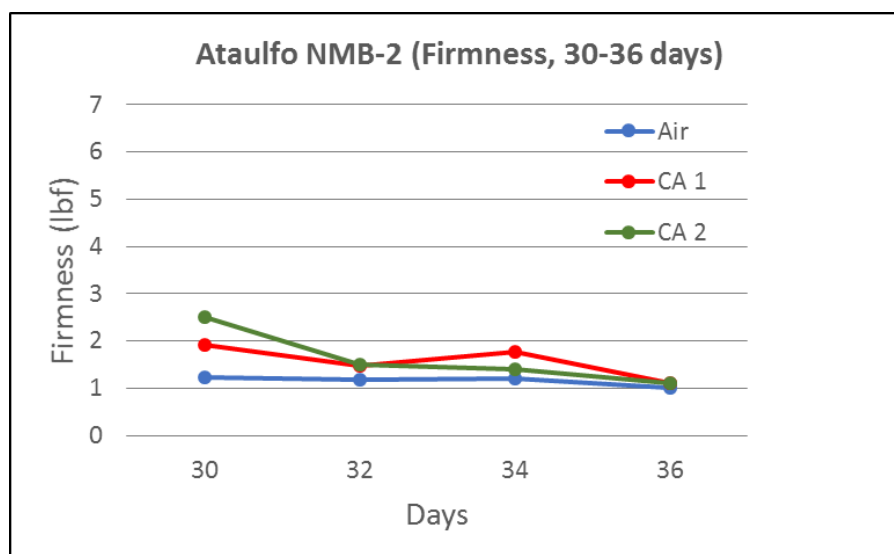


Figura 11. Ablandamiento de mangos 'Ataulfo' cosechados en NMB-2 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 30 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Mangos 'Ataulfo' NMB-3 tuvieron una firmeza de 1.5 lbf (AC 2), 1.4 lbf (AC 1) y 1.1 lbf (aire) luego de 30 días de almacenamiento y seis días de exhibición a temperatura ambiente (**Figura 12**). Mangos tratados con AC 2 disminuyeron su firmeza en 1.4 lbf durante los seis días de exhibición, mientras que la firmeza de AC 1 y mangos tratados con aire no cambió,

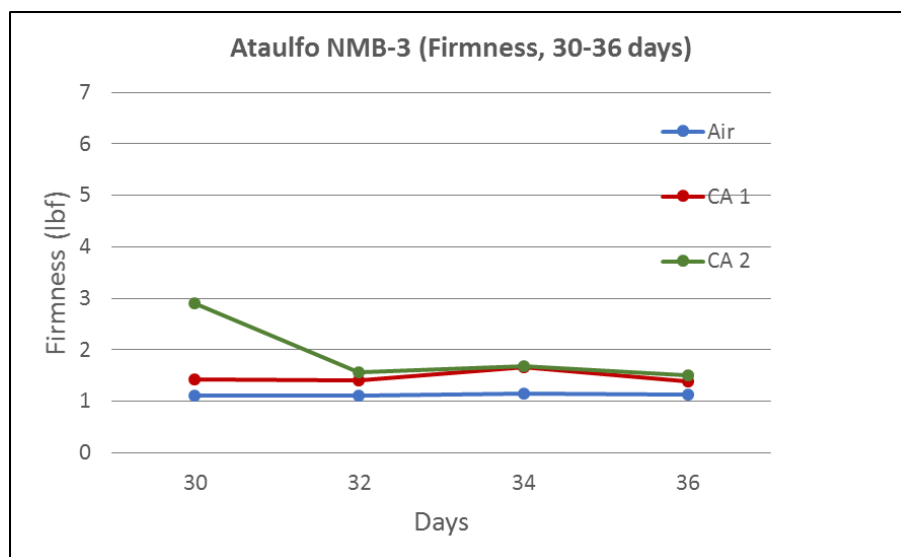


Figura 12. Ablandamiento de mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB-3 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 30 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de ‘Keitt’ durante almacenamiento

Mangos no tratados con agua caliente (NTAC) ‘Keitt’ (California)

Basado en estudios previos de AC, seleccionamos 5% de O₂ y 10% de CO₂ para probar los beneficios de esta técnica de transporte-almacenamiento en mangos frescos NTAC a 12.5°C. Este tratamiento fue seleccionado principalmente porque no afectó significativamente la percepción de sabores no deseados en evaluaciones previas. Los mangos fueron suministrados desde un huerto comercial en el valle de Coachella, en el sur de California. Frutos cosechados en NMB-2 fueron almacenados bajo aire o AC (5% O₂ + 10% CO₂) en cajas metálicas de 330 L, a 12.5°C con un 85% de humedad relativa, por hasta 30 días, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente. Los frutos fueron removidos del almacenamiento luego de 10, 20, y 30 días para examinar cambios en firmeza del fruto, color de pulpa, acidez titulable, concentración de sólidos solubles, apariencia visual y sabor. Estas condiciones de AC efectivamente redujeron la tasa de ablandamiento del fruto, degradación de la acidez y el color de la pulpa cambió de verde-amarillo a amarillo en mangos ‘Keitt’, sin afectar el metabolismo de azúcares y el desarrollo de sabores no deseados durante 30 días de almacenamiento (Tabla 2). En general, la pérdida de firmeza del fruto durante 30 días fue disminuida por la AC a una tasa de 0.1 lbf/día, menor que 0.2 lbf/día en aire. Durante los primeros 10 días de almacenamiento, cuando un ablandamiento rápido ocurre, mangos almacenados en aire perdieron 0.35 lbf/día de firmeza comparado con 0.16 lbf/día en mangos bajo AC. Cambios en el color de la pulpa desde verde-amarillo a amarillo fueron también desacelerados en mangos bajo AC en comparación con aire. Como con el color de pulpa, la acidez titulable cambió en menor medida bajo AC que en aire.

Las condiciones de 5% de O₂ y 10% de CO₂ de la AC a 12.5°C beneficiaron a los mangos ‘Keitt’ reduciendo el ablandamiento del fruto y cambios en color de pulpa y acidez, sin un impacto negativo en la apariencia visual o sabor. Esto valida los estudios previos en que la AC ayuda en mantener la firmeza del fruto y extiende la vida de poscosecha de cultivos hortícolas mediante la inhibición de la producción de etileno y la actividad de enzimas asociadas al ablandamiento del fruto. El establecimiento de este tratamiento de AC durante almacenamiento y/o envíos a largo plazo por hasta 30 días puede mantener la calidad de los mangos.

Tabla 2. Atributos de calidad del fruto de mangos California ‘Keitt’ no tratados con agua caliente cosechados en NMB-2 durante envío simulado a 12.5°C bajo condiciones de atmósfera controlada (AC) de 5% O₂ y 10% CO₂ o aire.

Storage at 12.5°C (Days)	Treatments					
	Firmness (lbf)		Flesh Color (Hue)		Titratable Acidity (%)	
	Air	CA	Air	CA	Air	CA
0	9.1	9.1	87.6	87.6	0.6	0.6
10	5.6	7.5	89.4	88.0	0.6	0.7
20	4.8	6.8	95.2	93.4	0.5	0.7
30	2.4	4.9	116.6	90.9	0.4	0.6

Ablandamiento de ‘Keitt’ tratados con agua caliente (TAC) durante almacenamiento (Sinaloa, Méjico): 0-30 días a 12.5°C.

Debido a que sólo un estado de madurez se encontraba disponible, mangos ‘Keitt’ en NMB-2 fueron almacenados en los tres tratamientos atmosféricos a 12.5°C por 20 días. El promedio de firmeza de los mangos luego de cosecha y previo a ser almacenados fue 23.4 lbf (Figura 13). Luego de 20 días de almacenamiento, los mangos almacenados en AC 2 fueron los más firmes (13.3 lbf), seguidos por aire (10.0 lbf) y AC 1 (8.0 lbf). A los 30 días, mangos bajo AC 2 permanecieron más firmes (~5.0 lbf) que aquellos de los otros tratamientos, sin embargo, todos los mangos estaban blandos.

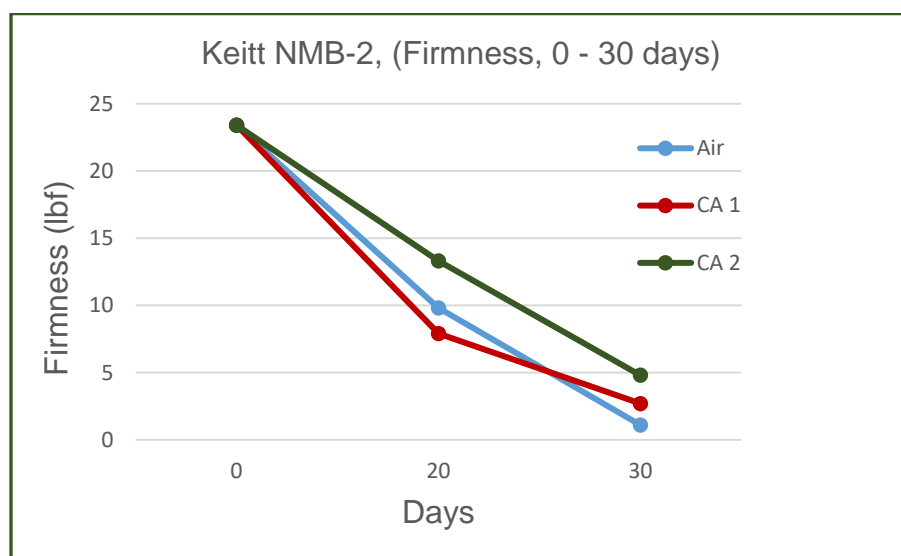


Figura 13. Ablandamiento de mangos ‘Keitt’ cosechados en NMB-2 durante 30 días de almacenamiento a 12.5°C bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de ‘Keitt’ durante exhibición: 20 a 26 días a temperatura ambiente.

Luego de 20 días de almacenamiento, los mangos fueron exhibidos por seis días a temperatura ambiente y su firmeza medida cada dos días. Mangos ‘Keitt’ NMB-2 almacenados en AC 1, AC 2 o aire se ablandaron durante los seis días de exhibición (Figura 14), terminando en un promedio de 1.8 lbf al sexto día.

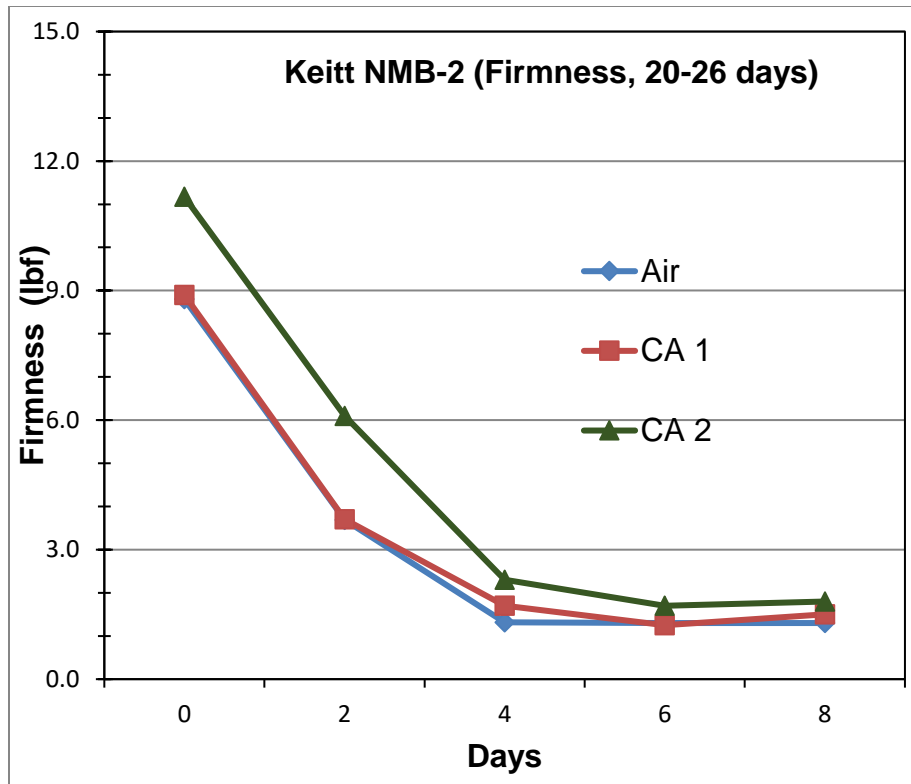


Figura 14. Ablandamiento de mangos 'Keitt' cosechados en NMB-2 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 20 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Ablandamiento de 'Keitt' durante exhibición: 30 a 36 días a temperatura ambiente.

Luego de 30 días de almacenamiento y seis días de exhibición a temperatura ambiente, mangos 'Keitt' NMB-2 almacenados en aire tuvieron un promedio de firmeza de 1.1 lbf, mientras que aquellos almacenados en AC 1 y AC 2 tuvieron un promedio de firmeza de 4.0 lbf, terminando con ~2.0 lbf en el día seis (**Figura 15**).

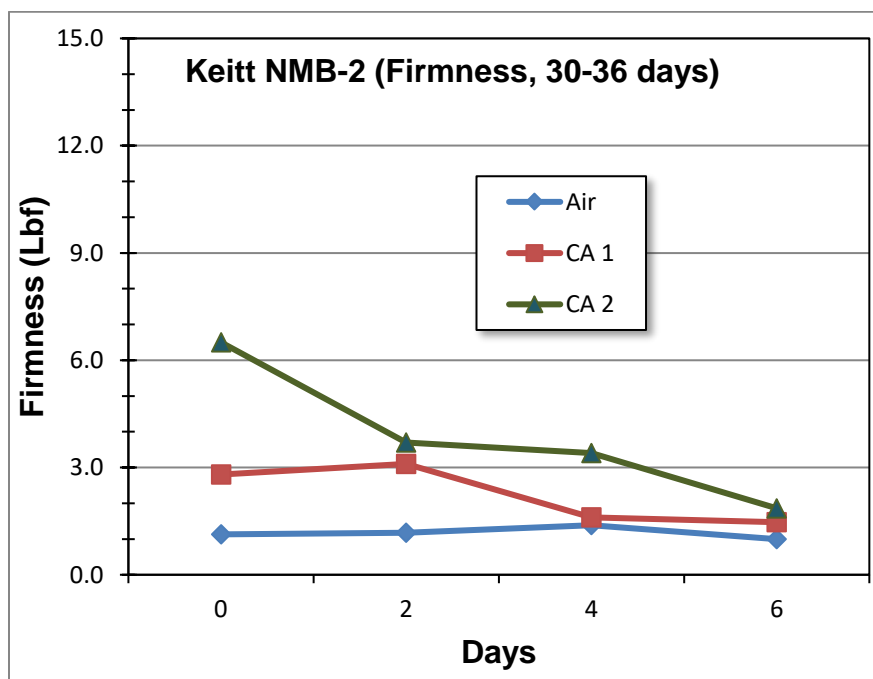


Figure 15. Ablandamiento de mangos ‘Keitt’ cosechados en NMB-2 durante seis días de exhibición a 20°C luego de 30 días de almacenamiento bajo tres condiciones atmosféricas.

Calidad del Mango Durante Transporte Simulado y Exhibición en Sala: No se observaron desórdenes externos ni internos en ninguno de los frutos almacenados a 12.5°C cuando llegados a destino y durante la exhibición bajo temperaturas cálidas. Además, el sabor no fue afectado por ninguno de los tratamientos (data no mostrada).

CONCLUSIONES

El tratamiento de atmósfera controlada (AC) de alto dióxido de carbono combinado con oxígeno ($\geq 5\%$) retardó el ablandamiento de mangos tratados con agua caliente (TAC) cosechados en el estado de madurez NMB-2 durante envío simulado a 12.5°C por 20 días.

No se observaron desórdenes externos ni internos en ninguno de los tratamientos al igual que el desarrollo de sabores no deseados.

A los 20 días, mangos ‘Tommy Atkins’ TAC se ablandaron más lento bajo 10 o 20% de dióxido de carbono que mangos bajo aire. No hubo diferencias en ablandamiento entre mangos almacenados bajo 10 o 20% de CO₂.

A los 20 días, mangos ‘Ataulfo’ TAC se ablandaron más lento bajo 20% de dióxido de carbono que los mangos bajo 10% de dióxido de carbono o aire. Los mangos bajo 10% de CO₂ fueron más firmes que los mangos bajo aire, pero más blandos que aquellos bajo 20% de dióxido de carbono.

A los 20 y 30 días, los mangos ‘Keitt’ TAC se ablandaron más lento bajo 20% de dióxido de carbono que aquellos bajo 10% de dióxido de carbono o aire. No hubo diferencias en ablandamiento entre mangos almacenados bajo 10% de CO₂ o aire, por lo tanto, 20% de CO₂ debiera ser usado para ‘Keitt’.

Luego de 30 días de almacenamiento a 12.5°C, la AC no controló el ablandamiento de mangos recolectados en el estado NMB-2, terminando igual de blandos que los mangos mantenidos bajo aire. Excepto en ‘Keitt’.

La AC no controló el ablandamiento en ningún periodo durante el almacenamiento de cualquiera de los mangos TAC cosechados en un estado avanzado de madurez (NMB-3).

La AC no influenció la tasa de ablandamiento durante la exhibición a temperaturas cálidas. Sin embargo, los mangos provenientes del tratamiento de 20% de CO₂ permanecieron más firmes que los mangos de los otros tratamientos durante exhibición, debido a que estos comenzaron con mayor firmeza cuando removidos de la AC.

Nuestra comparación de los beneficios de la AC en el ablandamiento entre ‘Keitt’ TAC y NTAC indica un mayor potencial para mangos NTAC. Sin embargo, como los mangos fueron cosechados en diferentes localidades y las condiciones anuales varían, se enfatiza la exploración en el futuro de los beneficios de la AC en mangos NTAC.

Una instalación de atmósfera controlada fue establecida en el CIAD en Culiacán, Méjico, para

actuales y futuros trabajos en mango.

Un envío comercial demostrativo de los beneficios de la AC para mangos tratados con agua caliente (TAC) durante transporte y envío dentro de los 20 días de cosecha, será realizado a modo de educación de extensión.