

Entendiendo el Rol de la Madurez Fisiológica y las Condiciones de Envío en la Calidad de Llegada del Mango

Manuel Báez, Gayle M. Crisosto, Rosalba Contreras, Katherine Wilkins, 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

CONCLUSIONES

- El estado de madurez y la temperatura de envío limita la distancia del transporte debido a que los mangos llegarán con una firmeza ≤ 5 libras, por lo tanto, estos mangos blandos pueden ser dañados físicamente durante su manipulación al ser recibidos y/o acortar su vida de poscosecha. En general, mangos cosechados en NMB-3 o superior y transportados a temperaturas sobre los 8°C llegarán con una firmeza menor a 5 libras luego de 24-30 días de tránsito.
- El daño superficial medido durante estos estudios de almacenamiento se desarrolló rápido (dentro de 10 días) durante almacenamiento, sugiriendo que estos síntomas no se relacionaron con la temperatura de almacenamiento y/o madurez de cosecha.
- Madurez y temperatura de almacenamiento afectó la aparición y la intensidad de daño interno y esta relación es específica para cada cultivar y madurez. En general, baja madurez y baja temperatura gatilla la aparición temprana e intensidad de los síntomas.
- Mangos cosechados consumen oxígeno (O₂) y producen dióxido de carbono. Durante este periodo de 30 días, los mangos bajo ventilación media y alta no modificaron las concentraciones de O₂ en el contenedor.
- El O₂ fue reducido a concentraciones $\leq 5.0\%$ en el tratamiento sin ventilación prediciendo el desarrollo potencial de sabores no deseados.
- El panel entrenado detectó sabores no deseados en frutos provenientes de todas las combinaciones de tratamiento (cultivares, madurez, temperatura) sin ventilación, excepto para 'Tommy Atkins' cosechado en NMB 3&4 mantenidos a 8°C. La aparición e intensidad de la percepción de sabores no deseados varía de acuerdo con el cultivar, madurez y temperatura. Por ejemplo, mangos 'Keitt' sólo desarrollaron sabores no deseados a los 20 días en mangos cosechado en NMB 3&4 y almacenados a 12.5°C, sin ventilación.
- En nuestros estudios, todos los cultivares de mango perdieron agua de la misma manera; la pérdida de peso fue principalmente dependiente de la temperatura y de los tratamientos de ventilación. En general, la pérdida de peso siguió una curva de forma de meseta; la pérdida de

peso fue rápida alcanzando altos valores a los 20 días y mostrando un incremento lento estable durante los últimos 10 días de almacenamiento.

- Altas tasas de pérdida de peso (~4.0%) fueron medidas en mangos al final del periodo de almacenamiento, independientemente del cultivar, cuando almacenados a 10 y 12.5°C con el tratamiento de ventilación muy alto.
- Se detectó un efecto significativo del estado de madurez en la pérdida de peso sólo a los 20 días, cualquier efecto potencial desapareció luego durante el almacenamiento. En general, los mangos en NMB 3&4 perdieron más agua que los mangos en NMB 2.
- Se recomienda para mangos evitar la ventilación nula (no ventilación) y la ventilación muy alta.
- La temperatura de los mangos fue estable durante dos viajes probados, manteniéndose muy cercana a la temperatura establecida.
- La humedad relativa fue estable durante dos viajes probados, incrementó desde ~35% a 85% inmediatamente al comienzo del viaje (temperatura baja) y se mantuvo en este nivel alto durante todo el viaje hasta que el contenedor fue abierto.
- Ya que no se detectó variabilidad en la temperatura de los mangos en palets y contenedores, no es necesario el desarrollo de protocolos de carga para mejorar el flujo del aire para contenedores específicos. Sin embargo, un programa educacional del protocolo exitoso actual de carga y transporte debiera ser continuado.
- Las condiciones actuales de envío no protegen a los mangos para alcanzar exitosamente mercados en larga distancia. Para evitar daño por enfriamiento durante el transporte y asegurar la calidad de consumo, mangos de alta calidad tratados con agua caliente (TAC) deberían ser transportados a $\geq 10-12.5^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, el ablandamiento del mango puede transformarse en un problema durante la manipulación en el destino. Por lo tanto, proponemos desarrollar una receta ideal de atmósfera controlada para mangos TAC maduros y sobre maduros, luego, validar el protocolo usando envíos comerciales mediante colaboradores.

Palabras clave: *condiciones ambientales de contenedor, cultivar, Da-meter, daño por enfriamiento, temperatura de envío, sabores no deseado, intercambio de aire, calidad de consumo de llegada.*

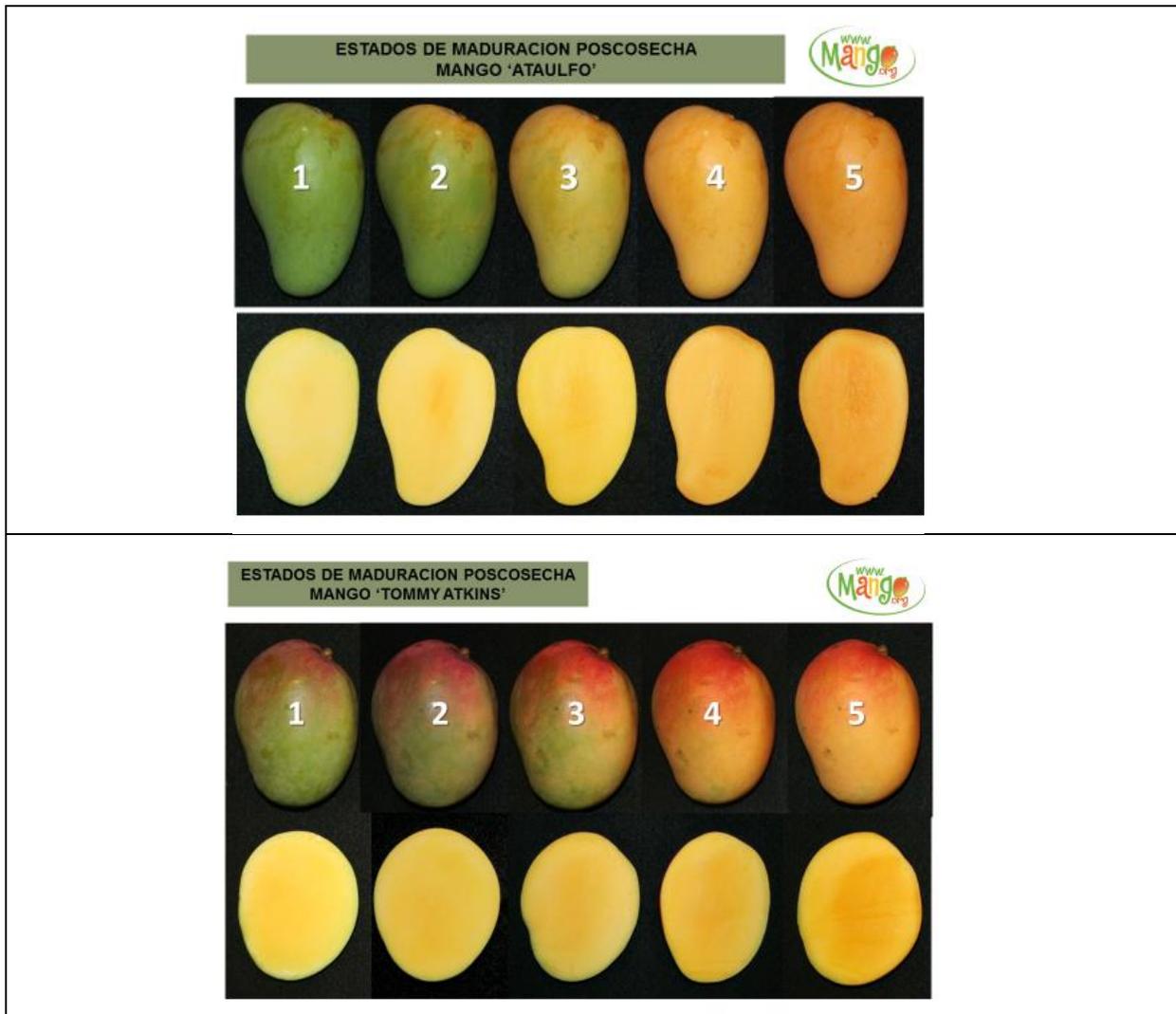
Agradecimientos. Nos gustaría agradecer a Agroproducto Diazteca S.A. De C.V. (Mazatlan, Sinaloa) por las donaciones de frutos de mango y buenos consejos durante el desarrollo del estudio.

Este estudio fue una continuación de nuestro trabajo previo apoyado por el National Mango Board (NMB) que generará nuevo conocimiento que seguirá asegurando el desarrollo exitoso del programa de mangos ‘listos para comer’ en EE. UU. Durante el trabajo de esta temporada, demostramos la habilidad de medir exitosamente el color de pulpa de manera no destructiva en mangos previo a y luego de cosecha. Ya que el color de pulpa es el mejor indicador de la madurez fisiológica del mango, esta tecnología no destructiva nueva y única de infrarrojo cercano (IRC) nos permitirá remover la variabilidad de madurez en la población de frutos que interfiere con el entendimiento del rol de la madurez en la calidad de poscosecha. La mejora en el entendimiento de las bases fisiológicas del rol de la madurez y la calidad del fruto en poscosecha, ayudará a entender las pérdidas durante la vida de poscosecha y comercialización. Este sensor no destructivo puede ser utilizado de manera confiable para segregar mangos de acuerdo con la madurez fisiológica de cosecha para estudiar el rol de la madurez en

la calidad del mango, limitaciones de la vida en poscosecha (daño por enfriamiento) y requerimientos de almacenamiento. Adicionalmente a esta información, seremos capaces de describir la dinámica de los cambios de madurez en un huerto que pueden ser útiles para entender el manejo del huerto.

EFECTO DE LA MADUREZ DE HUERTO EN LA CALIDAD DE CONSUMO DE LLEGADA Y VIDA DE POSCOSECHA (DESORDENES DE ALMACENAMIENTO EN FRIO)

Mangos ‘Tommy Atkins’, ‘Kent’ y ‘Ataulfo’ cultivados en México fueron separados de acuerdo con la madurez del mango (color de pulpa) en uno a tres estados de madurez (NMB 2, 3 and 4) dentro de la población comercial muestreada (Figura 1) usando Da-meter. Tres estados de madurez fueron encontrados en ‘Tommy Atkins’ y sólo dos estados en ‘Kent’ y ‘Ataulfo’. Mangos en dos o tres estados de madurez fueron almacenados a tres temperaturas de almacenamiento (8.0°C, 10.0°C y 12.5°C), las cuales fueron seleccionadas de acuerdo con la nueva información de temperatura de daño por enfriamiento-cultivar (NMB, 2014).



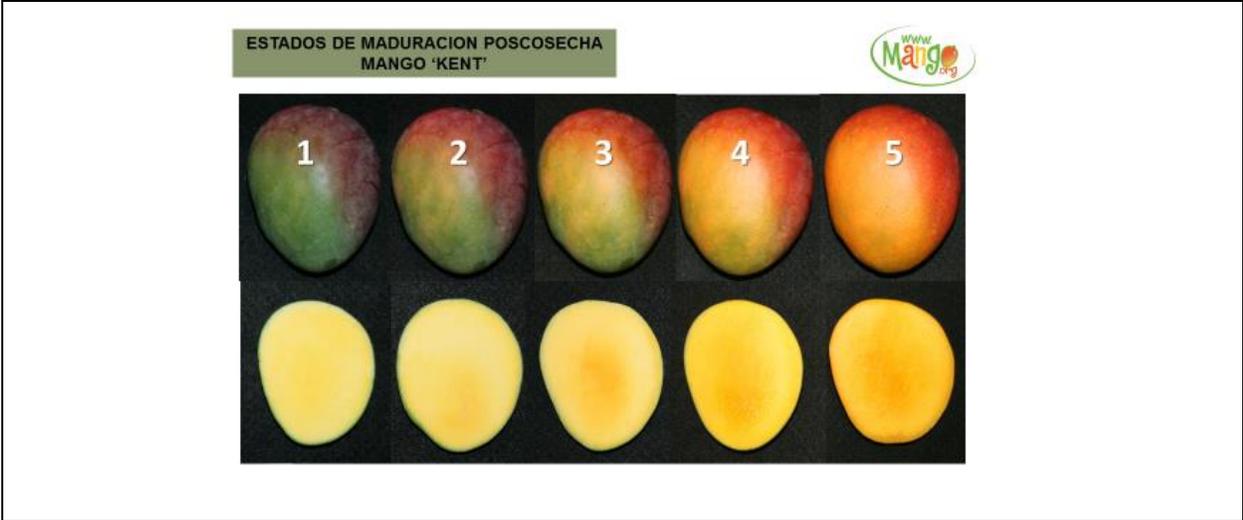


Figura 1. Índice de madurez del mango del National Mango Board (NMB) basado en el color de la piel y la pulpa para los cultivares Ataulfo, Tommy Atkins y Kent, de acuerdo con Baez, 2016.

La calidad del mango maduro fue evaluada luego de 10, 17 y 30 días de almacenamiento en frío seguido de una exposición a 20°C hasta que los frutos alcanzasen el estado de ‘listos para comer’ (~2-4 libras). Defectos visuales, color de piel y pulpa, contenido de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT), DM, firmeza, sabores no deseados, desórdenes fisiológicos y síntomas de daño por enfriamiento, fueron evaluados.

<p style="text-align: center;">Daños Externos y de Superficie Durante Almacenamiento</p>  <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">Baez and Crisosto, 2015</p>	<p style="text-align: center;">Daños Internos del Almacenamiento</p>  <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">Baez and Crisosto, 2015</p>
<p>Daño externo y superficial observados en mangos durante almacenamiento.</p>	<p>Daño interno observado en mangos durante almacenamiento.</p>

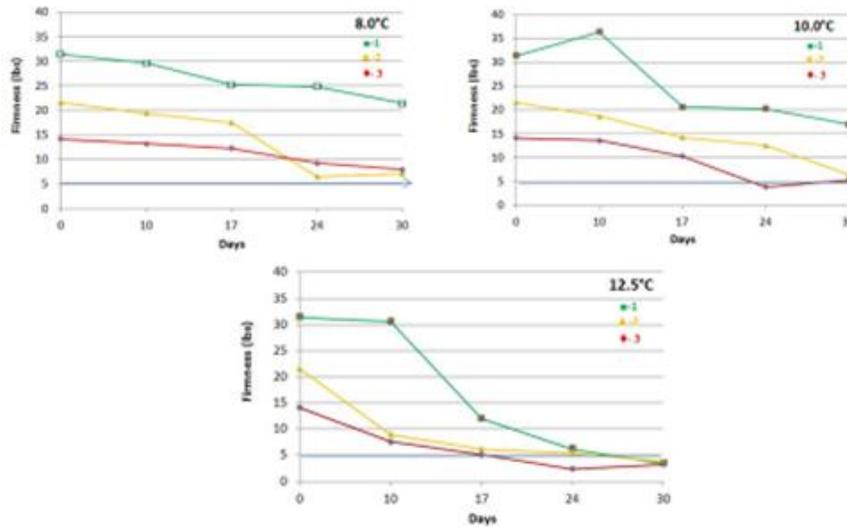
Figura 2. Daño externo e interno del mango.

Tabla 1. Daño superficial observado en mangos ‘Kent’ cosechados en dos estados de madurez durante 30 días de almacenamiento a 8, 10 y 12.5°C.

Storage (Days)	Surface Damage (%)					
	8°C		10°C		12.5°C	
	NMB 2	NMB 3&4	NMB 2	NMB 3&4	NMB 2	NMB 3&4
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	43.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
17	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
24	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
30	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0

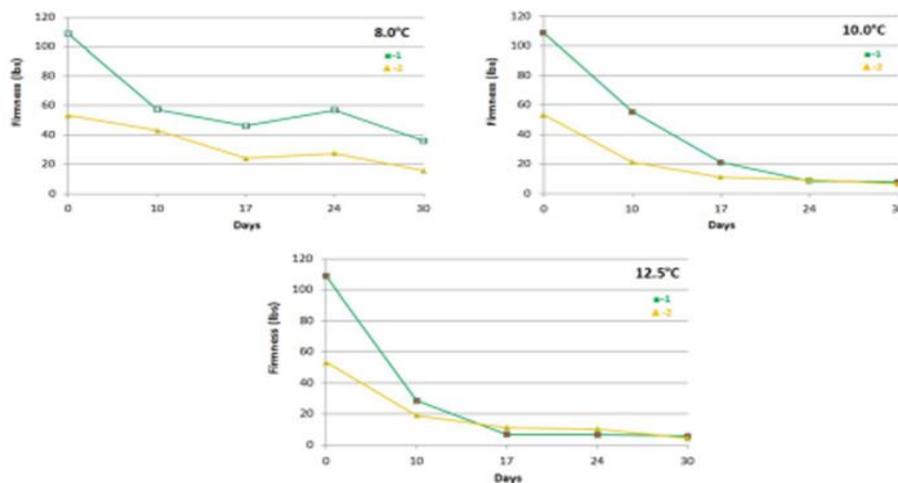
El daño superficial medido durante estos estudios de almacenamiento se desarrolló rápido y fue observado inmediatamente luego de 10 días. De hecho, estos síntomas (Figura 2) pueden haberse desarrollado más temprano durante el almacenamiento. Estos síntomas no se relacionaron con la temperatura de almacenamiento y/o madurez de cosecha, ya que a los 10 días de almacenamiento alcanzaron niveles del 50% en las distintas temperaturas y estados de madurez (Tabla 1). Estos síntomas parecieran ser una consecuencia del tratamiento con agua caliente (TAC).

Cambios de firmeza durante el transporte simulado en
"Tommy Atkins" mangos cosechados a tres niveles de
madurez y almacenados en tres temperaturas
diferentes



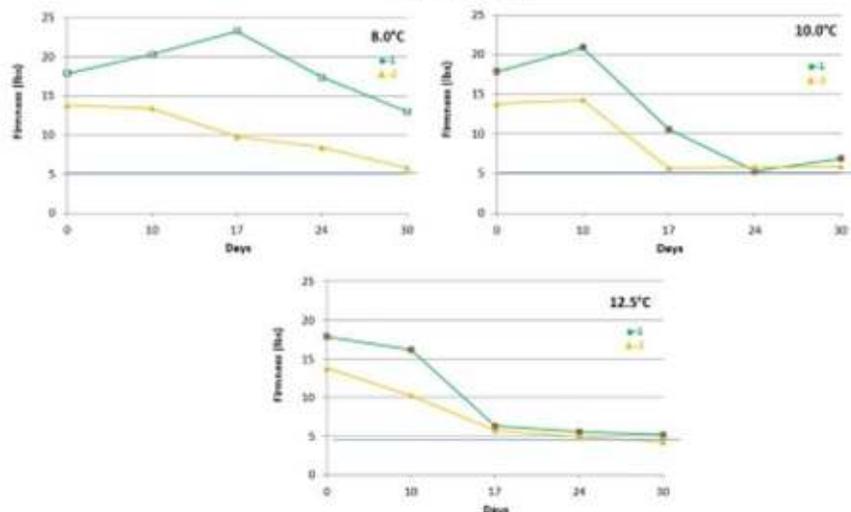
Cambios en la firmeza de mangos 'Tommy Atkins' cosechados en tres niveles de madurez y almacenados en tres temperaturas. M1=NMB 1, M2=NMB 2 y M3=NMB 3.

Cambios de firmeza durante el transporte simulado en
"Kent" mangos cosechados a dos niveles de madurez y
almacenados en tres temperaturas diferentes



Cambios en la firmeza de mangos 'Kent' cosechados en tres niveles de madurez y almacenados en tres temperaturas. M1=NMB 1, M2=NMB 2 y M3=NMB 3.

Cambios de firmeza durante el transporte simulado en "Ataulfo" mangos cosechados a dos niveles de madurez y almacenados en tres temperaturas diferentes



Cambios en la firmeza de mangos 'Ataulfo' cosechados en tres niveles de madurez y almacenados en tres temperaturas. M1=NMB 1, M2=NMB 2 y M3=NMB 3.

Figura 3. Cambios en la firmeza de mangos cosechados en tres niveles de madurez y almacenados en tres temperaturas.

Tabla 2. Número de días en alcanzar una firmeza de ≤ 5 libras para mangos 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins' cosechados en diferentes estados de madurez y almacenados a tres temperaturas.

Cultivar	NMB Maturity Stage	Storage Temperature		
		12.5°C	10.0°C	8.0°C
Ataulfo	NMB 2	17 days	24 days	Not observed within this period
	NMB 3	17 days	24 days	30 days
Tommy Atkins	NMB 1	28 days	Not observed within this period	Not observed within this period
	NMB 2	19 days	30 days	30 days
	NMB 3	17 days	24 days	30 days

La tasa de ablandamiento se relacionó con la madurez y la temperatura de almacenamiento dependiendo del cultivar. Nosotros usamos la firmeza ≤ 5 libras como tolerancia de firmeza mínima basado en nuestra prueba de magullamiento previa. Mangos más blandos que 5 libras pueden ser sujetos a daño mecánico durante su manipulación al ser recibidos-comercializados en mercado minorista. Usando este umbral de ≤ 5 libras, mangos ‘Tommy Atkins’ en NMB 1 no se ablandaron a ≤ 5 libras cuando almacenados a 10 u 8°C, dentro de este periodo de almacenamiento, mientras que aquellos a 12.5°C alcanzaron este umbral luego de 28 días (Tabla 2). El tiempo para alcanzar este umbral varió para los mangos ‘Tommy Atkins’ en NMB 2 y 3, desde 19 a 30 días, dependiendo del estado de madurez y la temperatura (Figura 3).

‘Kent’ y ‘Ataulfo’ tuvieron una tasa de ablandamiento similar, afectada por la madurez y la temperatura de almacenamiento (Figura 3). Estos mangos cosechados en NMB 2 y 3 se ablandaron por debajo del umbral de las 5 libras al mismo tiempo; 17 días a 12.5°C y 24 días a 10°C. Mientras que a los mangos ‘Ataulfo’ le tomaron más de 30 días en almacenamiento a 8°C para alcanzar el umbral de 5 libras (Tabla 2).

La madurez y la temperatura afectaron la aparición y la intensidad de daño interno (Figura 2). Mangos ‘Ataulfo’ cosechados en madurez baja, NMB 2, mostraron los primeros síntomas de daño interno a los 17 días cuando almacenados tanto a 8 o 10°C, y a los 24 días cuando almacenados a 12.5°C (Tabla 3). Mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB 3, se comportaron de la misma manera que aquellos en NMB 2, mostrando daño alto, cuando almacenados a 8°C. Sin embargo, no fueron observados síntomas de daño interno en mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB 3 y almacenados a 10 y 12.5°C durante 24 días de evaluación (Tabla 3). La evaluación en el día 30 no se llevó a cabo debido a que ciertas muestras presentaron pudrición.

Tabla 3. Daño interno en mangos maduros ‘Ataulfo’ cosechados en dos estados de madurez luego de 24 días de almacenamiento a tres temperaturas.

Storage (Days)	Internal Damage (%)					
	8°C		10°C		12.5°C	
	NMB 2	NMB 3&4	NMB 2	NMB 3&4	NMB 2	NMB 3&4
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	16.7	20.0	33.3	0.0	0.0	0.0
24	75.0	88.0	100.0	0.0	33.0	0.0

Tabla 4. Daño interno en mangos maduros ‘Tommy Atkins’ cosechados en tres estados de madurez y almacenados en tres temperaturas por 30 días.

Storage (Days)	Internal Damage (%)								
	8°C			10°C			12.5°C		
	NMB 1	NMB 2	NMB 3	NMB 1	NMB2	NMB 3	NMB 1	NMB 2	NMB 3
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	27.0	0.0	0.0	38.0	0.0	0.0	20.0	0.0	0.0
24	38.0	11.0	17.0	36.0	6.0	11.0	25.0	20.0	14.0
30	46.0	23.0	38.0	50.0	19.0	17.0	50.0	33.0	14.0

En mangos ‘Tommy Atkins’, los primeros síntomas de daño interno (~30%) fueron visibles a los 17 días en las distintas temperaturas de almacenamiento, sólo en los mangos cosechados en NMB 1 (Tabla 4). A los 24 días, mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB 2 y 3 se comportaron de manera similar, alcanzando niveles de daño que variaron desde 6.0 a 20%, mientras que aquellos en NMB 1 tuvieron ~30% de daño interno en las diferentes temperaturas. A los 30 días, mangos ‘Tommy Atkins’ cosechados en NMB 1, tuvieron aproximadamente 50% de daño a lo largo de las temperaturas de almacenamiento, mientras que el daño interno fue menor para mangos cosechados en NMB 2 y 3 cuando almacenados a 10 y 12.5°C. Los mangos cosechados en NMB 1 tuvieron los síntomas más altos de daño interno comparados con aquellos en NMB 2 y 3.

Tabla 5. Daño interno de almacenamiento en mangos maduros Mexican ‘Kent’ cosechados en dos estados de madurez fisiológica y mantenidos a tres temperaturas de transporte simulado por 30 días.

Storage (Days)	Internal Damage (%)					
	8°C		10°C		12.5°C	
	NMB 2	NMB 3&4	NMB 2	NMB 3&4	NMB 2	NMB 3&4
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	17.0	8.0	21.0	13.0	30.0	13.0
30	17.0	29.0	30.0	30.0	29.0	10.0

En mangos ‘Kent’, el daño interno (Fig. 2) se desarrolló a los 24 días de almacenamiento mostrando una baja incidencia, excepto para mangos NMB 2 a 12°C (Tabla 5). A los 30 días, el daño continuó bajo y no se mostraron diferencias claras entre los estados de madurez y las temperaturas de almacenamiento.

MADUREZ Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DEL CONTENEDOR (INTERCAMBIO DE AIRE Y TEMPERATURA).

Mangos tratados con agua caliente cosechados en México (‘Tommy Atkins’, ‘Kent’, ‘Keitt’ y ‘Ataulfo’) fueron usados para probar la madurez como previamente descrito para el NMB (Estado 1, 2, 3 y 4 (Fig. 1)) y las condiciones ambientales de envío en la calidad de llegada.

El intercambio de aire durante el envío simulado fue diseñado para sin intercambio de aire (0 pies cúbicos/min), intercambio de aire medio (30 pies cúbicos/min) e intercambio de aire muy alto (60 pies cúbicos/min). Cuando los frutos llegaron a Coast Tropical, en San Francisco, estos fueron enviados inmediatamente al Laboratorio de Poscosecha de la UC Davis, en donde fueron expuestos a las diferentes condiciones ambientales de envío para realizar, posteriormente, las evaluaciones de potencial de vida de mercado.

En estos cuatro cultivares, usamos seis combinaciones de humedad relativa e intercambio de aire, combinados con dos o tres estados de madurez y tres temperaturas de almacenamiento del fruto (8.0°C, 10.0°C, & 12.5°C). Las tres temperaturas de almacenamiento de los frutos fueron seleccionadas basado en trabajos recientes de daño por enfriamiento apoyados por el NMB. La calidad del fruto fue evaluada en mangos maduros luego de 10, 17, 24 y 30 días de almacenamiento en frío, seguido de exposición a 20°C hasta que los frutos alcanzasen el estado de ‘listos para comer’ (~2-4 libras). Nuestro panel entrenado cuantificó la percepción de sabores no deseados.

Tabla 6. Madurez y condiciones de envío (humedad relativa, temperatura e intercambio de aire del contenedor) para ‘Keitt’, ‘Kent’, ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’ durante envíos simulados bajo la presencia de etileno (500 ppb).

	Container Venting	NMB 2	NMB 3&4
	Air Exchange (container volume/hour)		
1	No venting	40% RH	40% RH
2	Medium (1.0 time per hour)	40% RH	40% RH
3	Very High (2.0 times per hour)	40% RH	40% RH
4	No venting	90% RH	90% RH
5	Medium (1.0 time per hour)	90% RH	90% RH
6	Very High (2.0 times per hour)	90% RH	90% RH

Ventilación de contenedor: los tratamientos de intercambio de aire con aire fresco en un contenedor con un volumen de ~2,000 pies cúbicos consistieron en: Sin intercambio de aire (0 pies cúbicos/min), intercambio de aire Medio (30 pies cúbicos/min=1.0 veces intercambio del volumen del contenedor por hora) e intercambio de aire Muy Alto (60 pies cúbicos/min=2.0 veces intercambio del volumen del contenedor por hora).

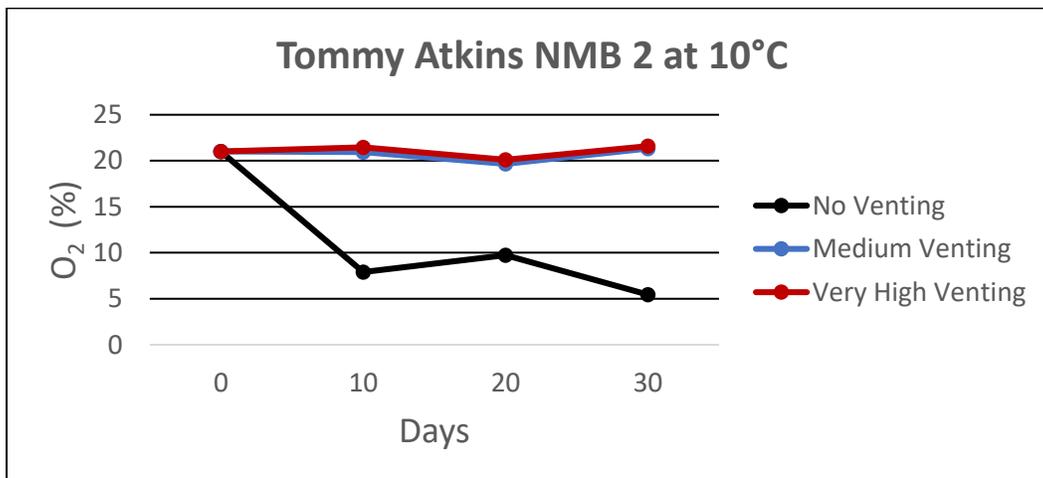
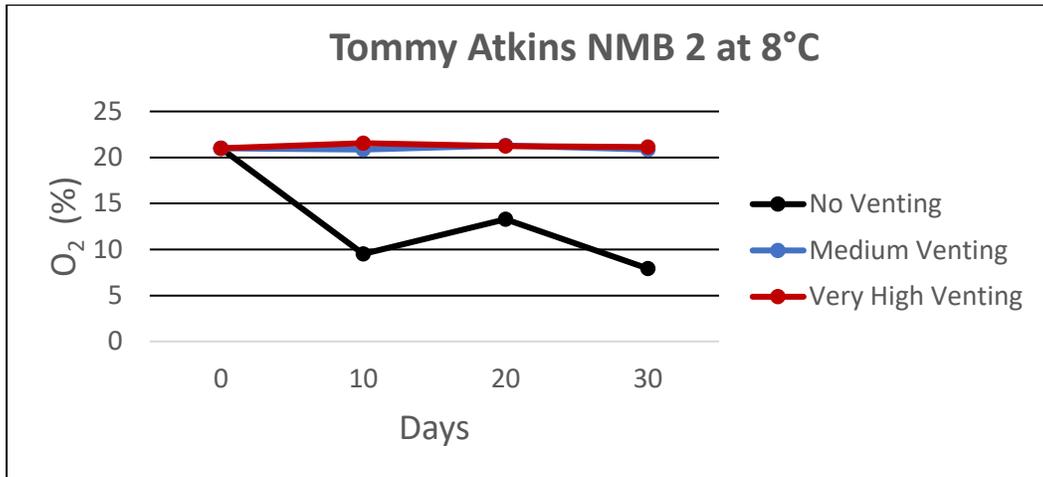
Agotamiento de la Concentración del Oxígeno en la Atmósfera del Contenedor

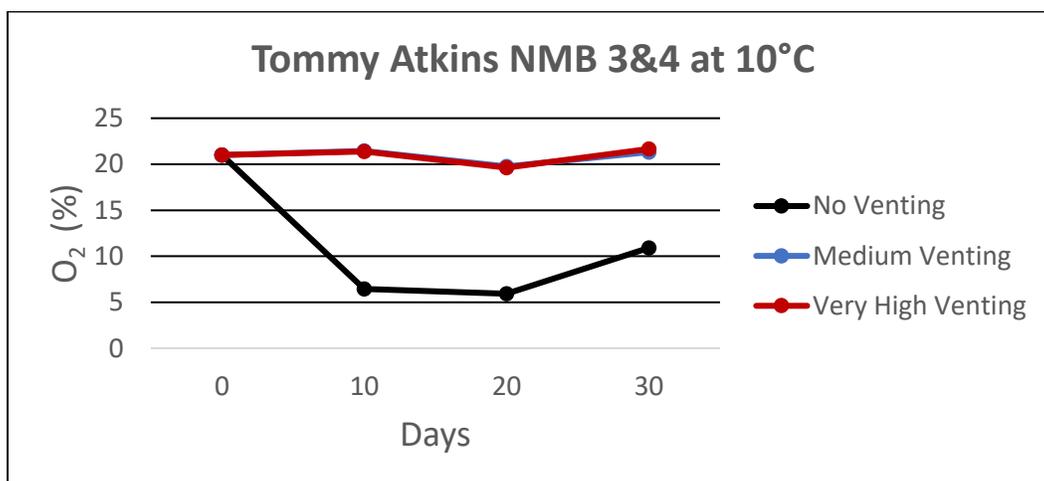
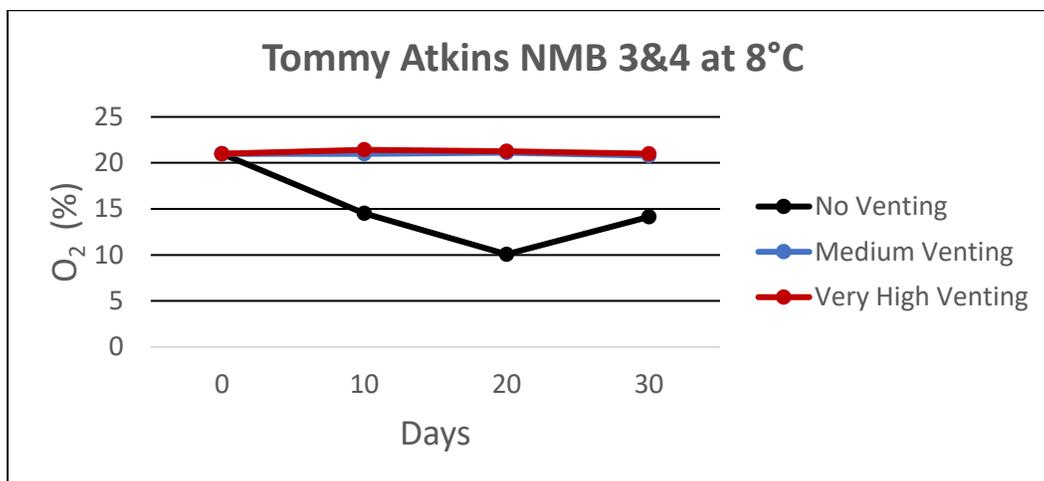
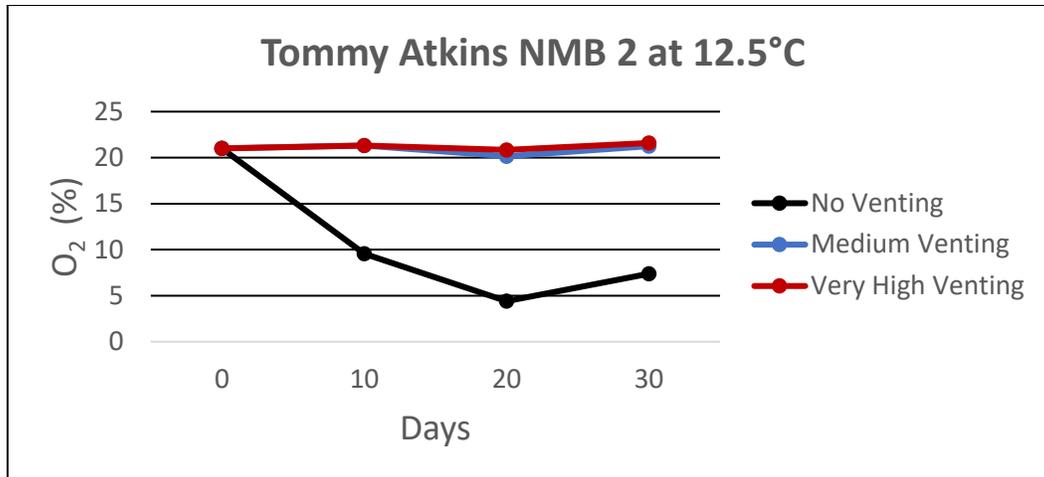
Mangos cosechados consumen oxígeno (O₂) y producen dióxido de carbono. Durante este periodo de 30 días, los mangos bajo ventilación (intercambio de aire) media y muy alta no modificaron la concentración de O₂ en el contenedor. Sin embargo, el O₂ fue reducido a concentraciones ≤ 5.0% en el tratamiento sin ventilación. Este umbral de 5% de O₂ (en la fruta) indica cuando un fruto de mango comenzará la respiración anaeróbica y desarrollará sabores no deseados, los cuales fueron desarrollados en estudios anteriores. En este trabajo, reportamos el tiempo en que se demora en alcanzar un 5% de O₂ en la atmósfera del contenedor, lo cual varió de acuerdo con el cultivar, temperatura y madurez. En general, ‘Tommy Atkins’ tuvo la mayor tasa de consumo de O₂ y ‘Keitt’ la tasa más baja.

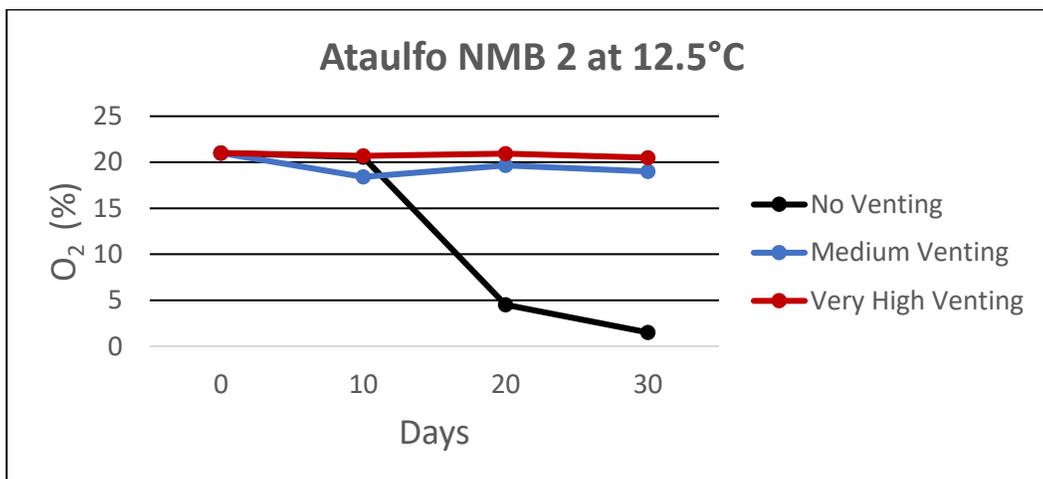
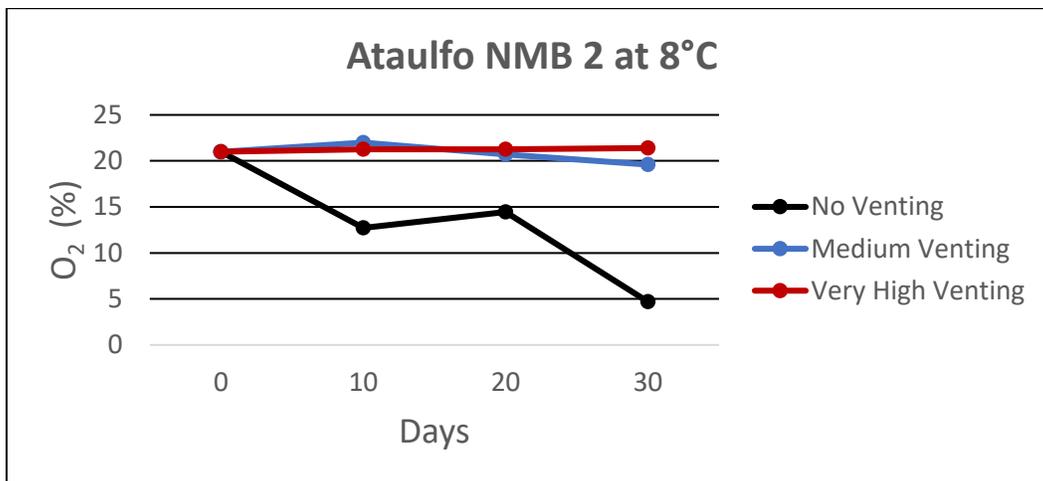
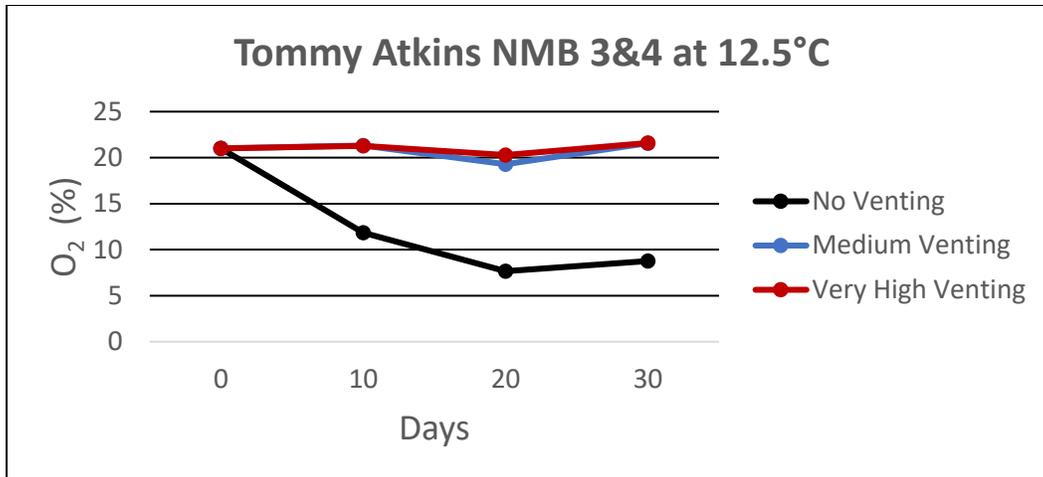
Mangos ‘Tommy Atkins’ alcanzaron niveles de O₂ por debajo de 10% a los 10 días a lo largo de todas las combinaciones de temperatura-madurez con el tratamiento sin ventilación. Posteriormente, las concentraciones de O₂ disminuyeron hasta cercano a 5.0% durante el resto del estudio.

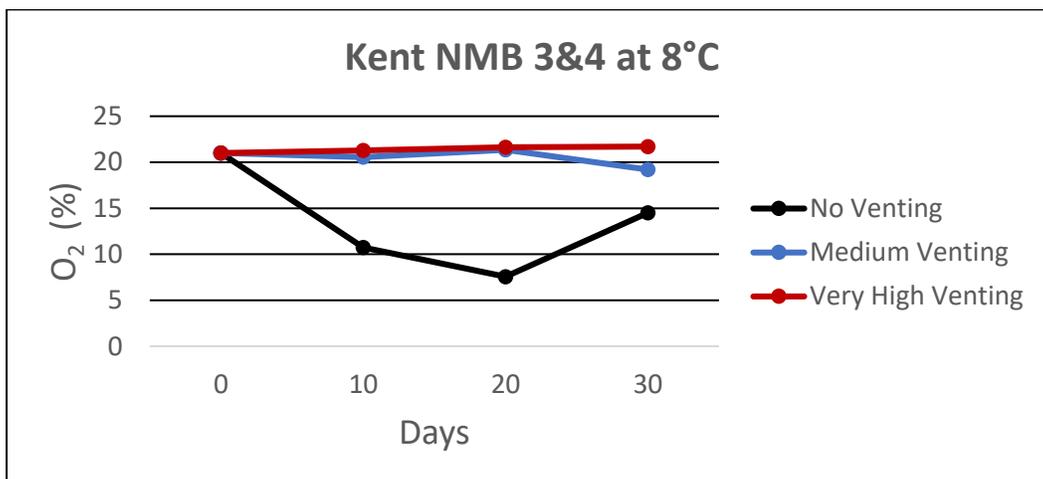
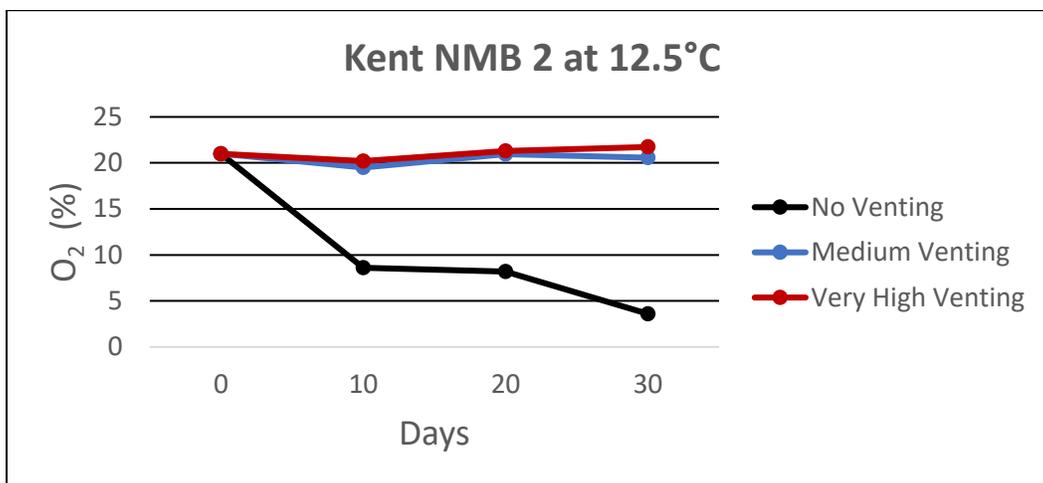
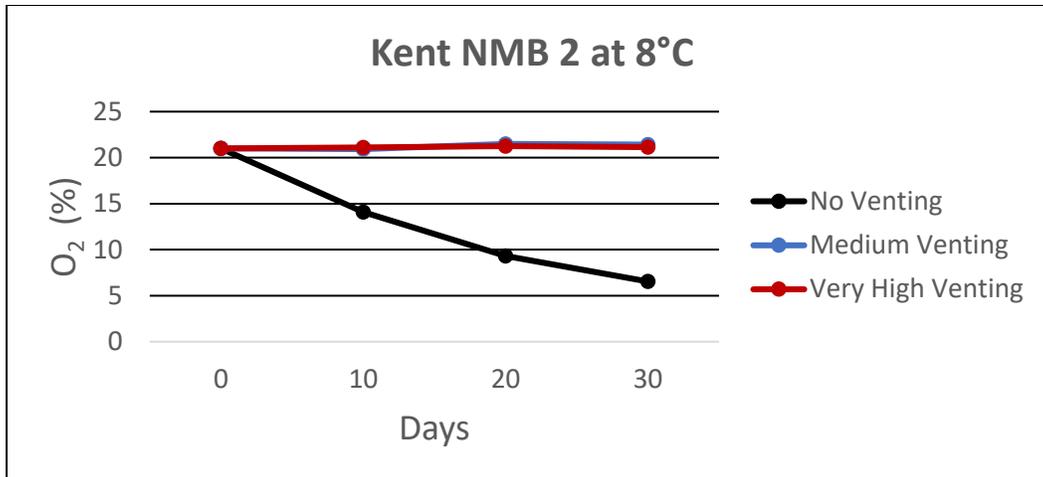
Mangos ‘Ataulfo’ cosechados en NMB 2 alcanzaron el umbral de O₂ a los 20 días cuando almacenados a 12.5°C y a los 30 días cuando almacenados a 8.0°C, sin ventilación. En mangos ‘Kent’ cosechados en NMB 2, el O₂ alcanzó 5.0% a los 30 días en las dos temperaturas de almacenamiento, mientras que los mangos de madurez más avanzada (NMB 3&4) alcanzaron un 5.0% de O₂ a los 20 días sin ventilación. Esta diferencia en el consumo de oxígeno puede estar relacionada a la variabilidad en la tasa de respiración y/o madurez dentro de las muestras de frutos.

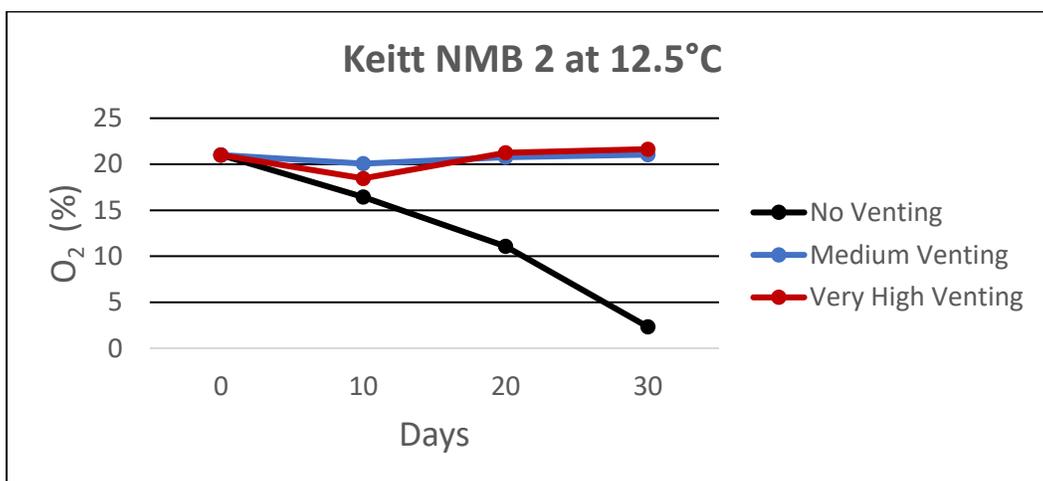
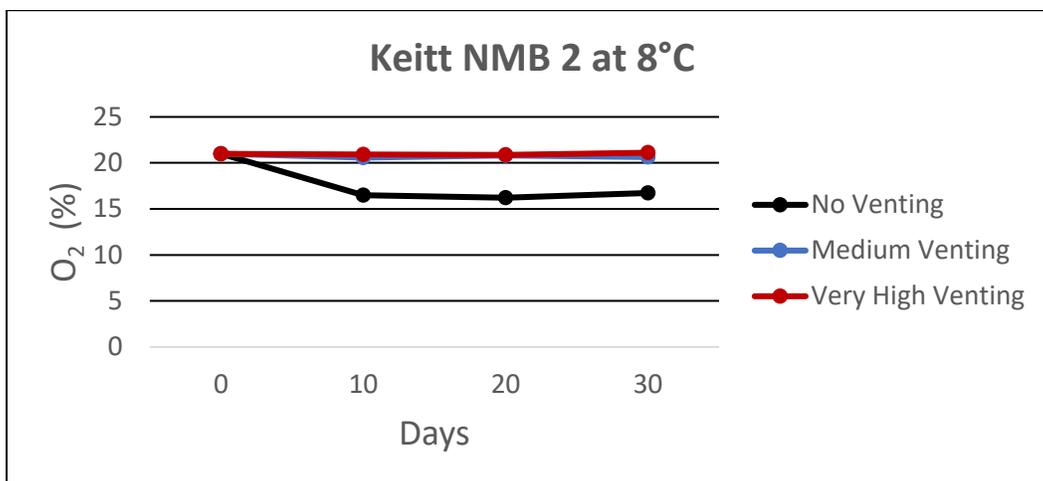
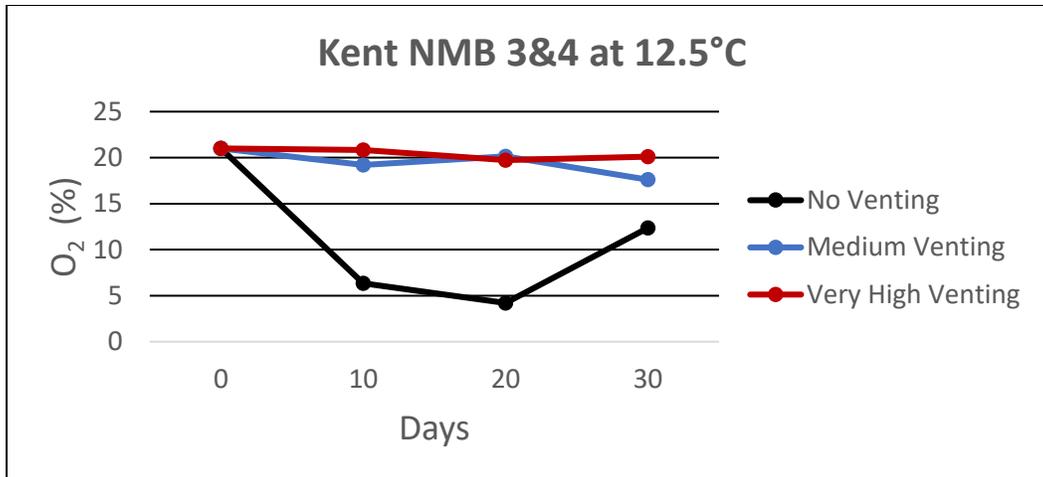
Mangos 'Keitt' resultaron menos sensibles a la ventilación nula que los otros cultivares probados. El nivel de oxígeno disminuyó al 5.0% en 'Keitt' cosechados en NMB 2 a los 30 días, cuando almacenados a 12.5°C. El nivel de oxígeno no fue fuertemente modificado en las combinaciones de los otros tratamientos con nula ventilación.











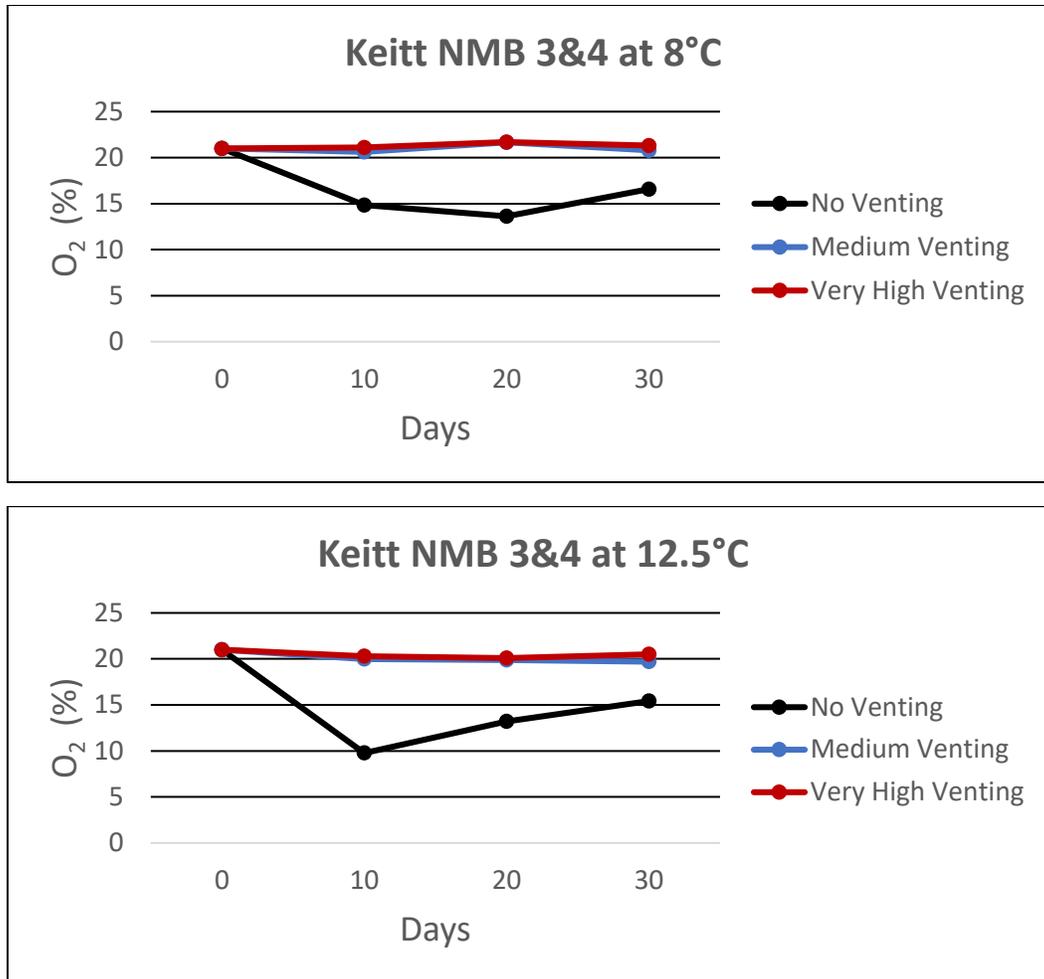


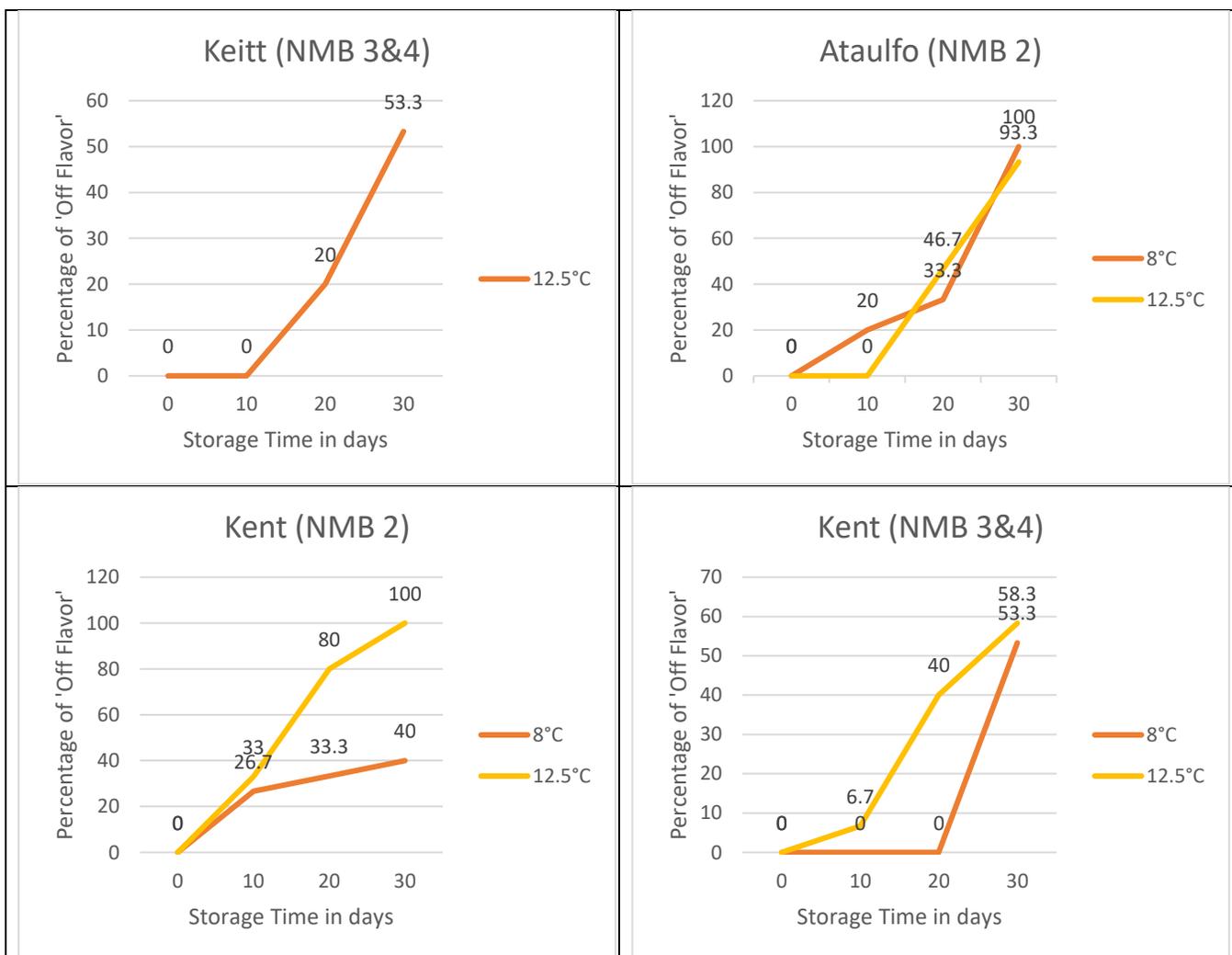
Figura 4. Concentraciones de oxígeno medidas adentro de contenedores durante el transporte de cuatro cultivares de mango en diferentes estados de madurez bajo diferentes condiciones de ventilación y temperatura.

Percepción de Sabores no Deseados

En mangos mexicanos recolectados luego de llegados a California, el panel entrenado no detectó sabores no deseados notorios en los tratamientos de ventilación media y muy alta. Aunque los mangos cosechados producen una cantidad conmensurable de etanol-acetaldehído (trabajo previo) al momento de cosecha, esto no interfiere con el sabor del mango. Nuestra designación de cosecha no corresponde a la cosecha real ya que algunos días pasaron y cambios ocurrieron desde la cosecha en Sinaloa hasta la llegada en Davis (envío). Para nuestro trabajo, usamos como fruta cosechada, fruta enviada desde México a San Francisco e inmediatamente a Davis (el tiempo más corto desde el campo a Davis).

Sabores no deseados fueron detectados por el panel entrenado en frutos de todas las combinaciones de tratamientos (cultivares, madurez, temperatura) con ventilación nula al día 30 (Figura 5), excepto para ‘Tommy Atkins’ cosechado en NMB 3&4 mantenidos a 8°C. Mangos ‘Keitt’ sólo desarrollaron sabores no deseados a los 10 días de almacenamiento a 8°C y a los 20 días a 12.5°C, sin ventilación. ‘Ataulfo’ cosechado en NMB 2 exhibieron sabores no deseados a los 10 días de almacenados a 8°C y a los 20 días

a 12.5°C bajo el tratamiento sin ventilación. A los 30 días, niveles altos de sabores no deseados fueron detectados en el tratamiento sin ventilación en ambas temperaturas de almacenamiento. En 'Kent', sabores no deseados se desarrollaron temprano durante el almacenamiento en mangos cosechados en los dos estados de madurez. Sólo en mangos 'Kent' cosechados en etapa avanzada de madurez (NMB 3&4), el desarrollo de sabores no deseados ocurrió tarde durante almacenamiento a 8°C sin ventilación. Sabores no deseados en mangos 'Tommy Atkins' cosechados en NMB 2 se desarrollaron rápidamente luego de 20 días en las tres temperaturas de almacenamiento, sin ventilación. A los 30 días, los mangos almacenados a 10 y 12.5°C tuvieron aproximadamente 60% de los frutos exhibiendo sabores no deseados y 40% en mangos almacenados a 8°C. En mangos 'Tommy Atkins' cosechados en la etapa más avanzada de madurez, alcanzaron el mismo porcentaje de sabores no deseados que los mangos cosechados en NMB 2 al día 30 sin ventilación, excepto en mangos cosechados en NMB 3&4 y almacenados a 8°C, los cuales no presentaron sabores no deseados.



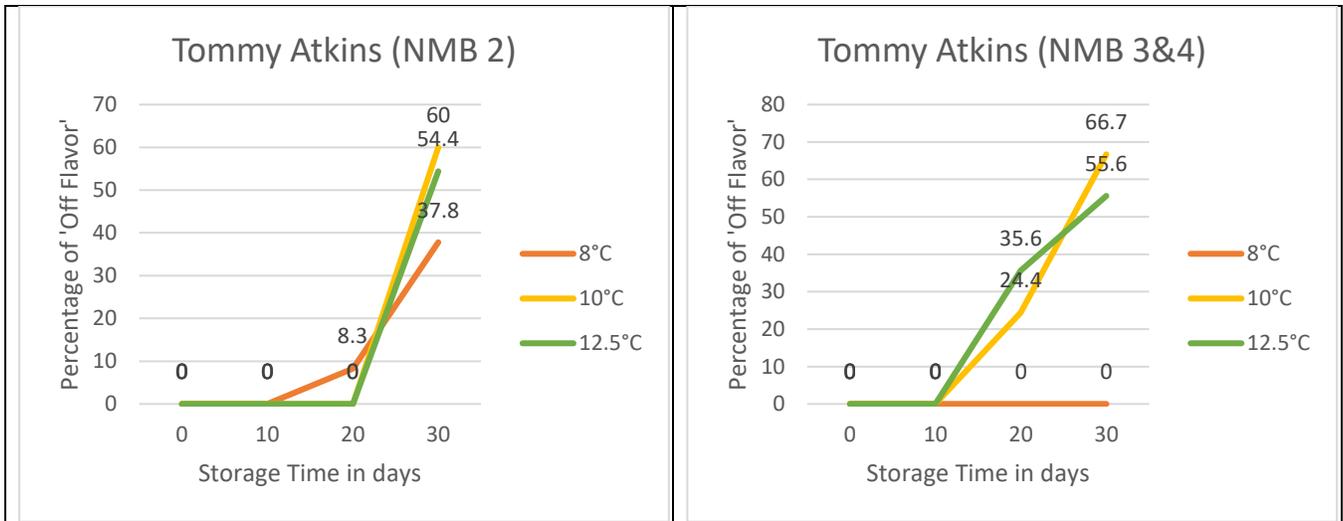
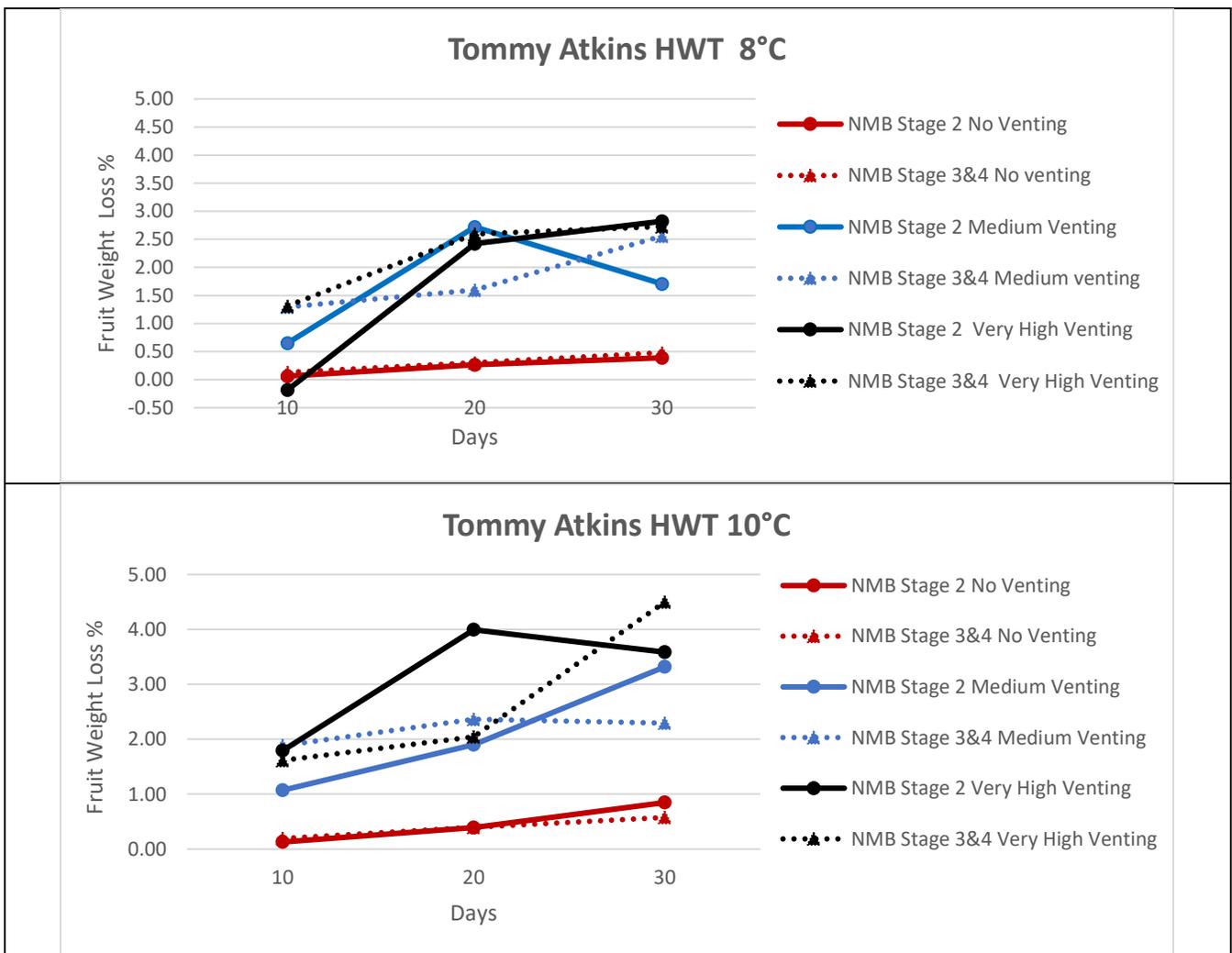


Figura 5. Porcentaje detectado de sabores no deseados por el panel entrenado en mangos en diferentes estados de madurez almacenados sin ventilación y bajo diferentes temperaturas. Sólo los tratamientos expresando sabores no deseados son mostrados en esta figura.



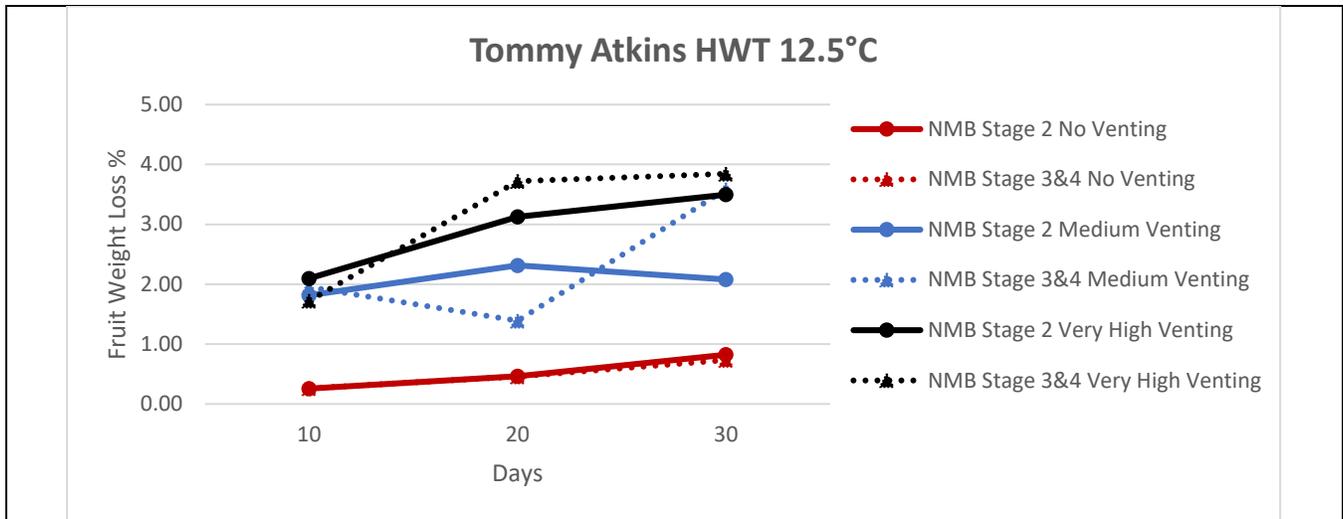


Figura 6. Pérdida de peso en mangos ‘Tommy Atkins’ en dos estados de madurez bajo diferentes condiciones de ventilación y temperatura.

Pérdida de Peso

La pérdida de peso (PP), la cual es un indicador de la pérdida de agua del fruto (deshidratación); es un rasgo de calidad importante ya que indica las pérdidas potenciales en cantidad (peso de producto-kilos) y en calidad cosmética, que pueden resultar en el rechazo de mangos (Figura 7). En frutos similares como melocotones, cuando el fruto pierde aproximadamente 6-8% de su peso original, síntomas de marchitamiento son visibles.

En nuestros estudios, todos los cultivares de mango se comportaron de la misma manera, la PP fue principalmente dependiente de la temperatura y de los tratamientos de ventilación. Cualquier potencial de influencia en la PP por parte de los cultivares fue anulada por los potentes efectos de la temperatura y la ventilación. En general, la PP siguió una curva en forma de meseta, la PP fue rápidamente alcanzando valores altos a los 20 días y mostrando un incremento lento estable durante los últimos 10 días de almacenamiento. Altas tasa de PP (~4.0%) fueron medidas en mangos al final del periodo de almacenamiento, independientemente del cultivar, cuando almacenados a 10 y 12.5°C con ventilación muy alta.

En mangos almacenados a 8°C por 30 días, se detectó PP muy baja (0.5%), en el tratamiento sin ventilación, mientras que PP de 2.7% y 1.7% fueron medidas en los tratamientos de ventilación muy alta y media, respectivamente. En mangos almacenados a 10°C, la PP alcanzó aproximadamente 0.7% en mangos bajo ventilación nula; 2.7% de PP en ventilación media y 4.0% de PP en ventilación muy alta. Una situación similar ocurrió en los mangos almacenados a 12.5°C, la PP alcanzó aproximadamente 0.8% en mangos bajo ventilación nula, 2.8% de PP en ventilación media y 4.0% de PP en ventilación muy alta. Aunque los tratamientos de ventilación y temperatura tuvieron una gran influencia en la PP, la madurez también jugó un rol a los 20 días. Creemos que las mediciones a los 30 días se vieron comprometidas por el desarrollo de pudriciones y magullamiento, lo cual interfirió con la pérdida de peso natural. Una influencia significativa de la madurez en la PP fue detectada sólo a los 20 días, cualquier efecto potencial desapareció posteriormente. En general, mangos en NMB 3&4 perdieron más agua que los mangos en NMB 2. Por ejemplo, mangos almacenados a 8°C bajo ventilación media

tuvieron 1.0% de diferencia (2.6 en contra 1.6) entre NMB 3&4 y NMB 2. Mientras que en mangos almacenados a 10°C, hubo diferencias de 2.0% y 0.6% en la PP en mangos bajo condiciones de ventilación muy alta y media, respectivamente para estas etapas de madurez. Para el término del periodo de almacenamiento, hubo aproximadamente 1.0% de diferencia en la PP de acuerdo con la madurez en los mangos bajo los dos tratamientos de ventilación.

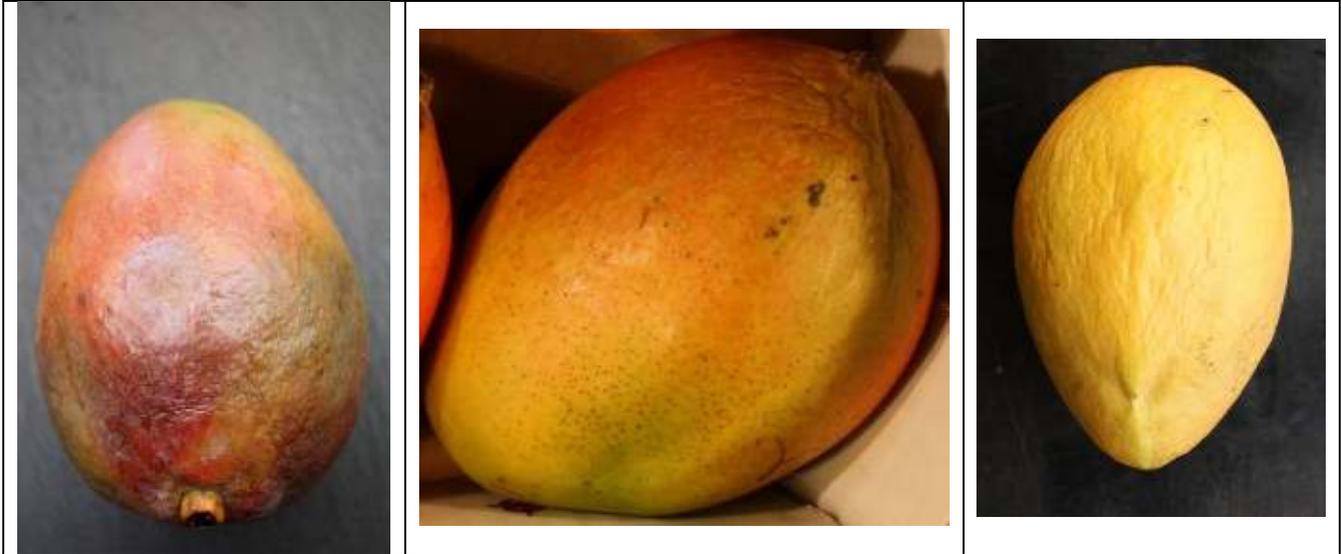


Figura 7. Síntomas de deshidratación del mango debido a pérdida de agua.

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LA TEMPERATURA DEL MANGO Y LA HUMEDAD RELATIVA (HR) DENTRO DEL CONTENEDOR Y EN UN PALET DURANTE ENVÍO.

Un estudio de la variabilidad en la temperatura del mango dentro del contenedor fue llevado a cabo en mangos 'Kent' enviados desde Perú a EE. UU., dirigido por el Dr. Jeff Brecht (Center for Food Distribution & Retailing, Horticultural Sciences Department, University of Florida, Gainesville, FL). En cooperación con exportadores de Perú, la variabilidad de la temperatura durante dos envíos (Piura, Perú a Los Ángeles y Piura a Newark) fue evaluada durante envío comercial, mediante la disposición de registradores de datos de temperatura de pulpa y humedad relativa dentro de cajas cargadas con mangos en diferentes posiciones del contenedor (Figura 8). La temperatura del contenedor fue establecida a 10°C. En los dos envíos, la temperatura del mango fue estable durante el viaje, manteniéndose muy cercana a la temperatura establecida. La misma situación ocurrió con la humedad relativa, la HR incrementó desde ~35% a 85% inmediatamente al comienzo del viaje (temperatura baja) y se mantuvo a este nivel alto durante todo el viaje hasta que el contenedor fue abierto (Figura 9).

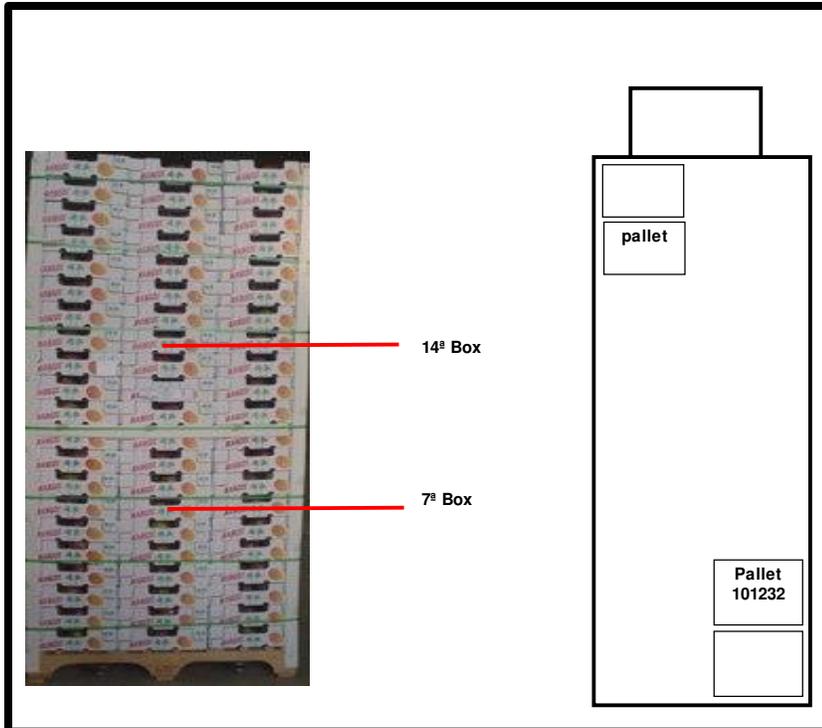
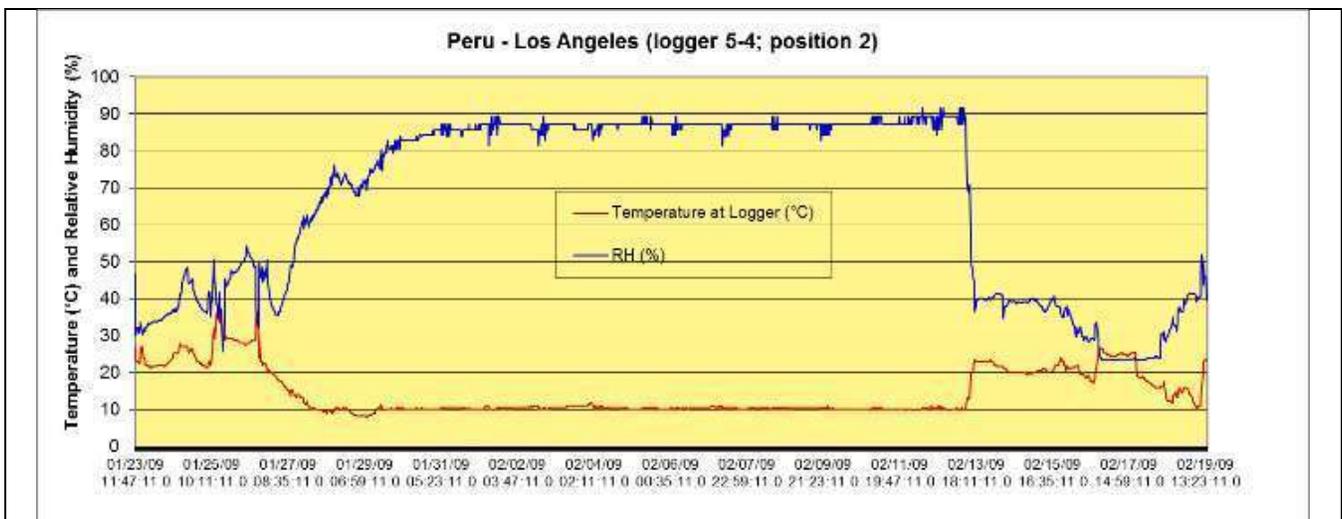
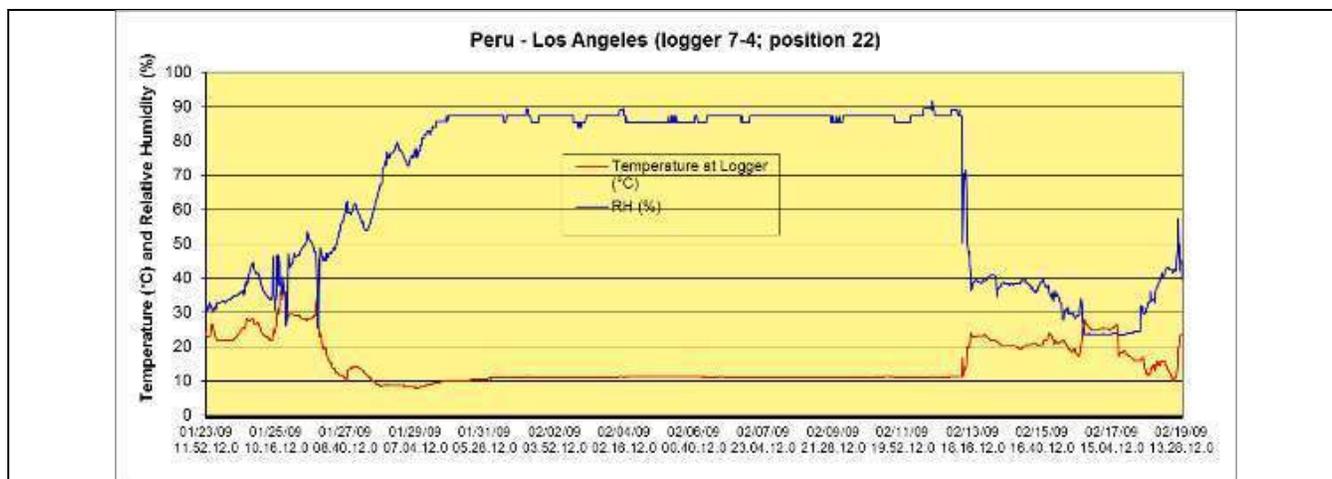
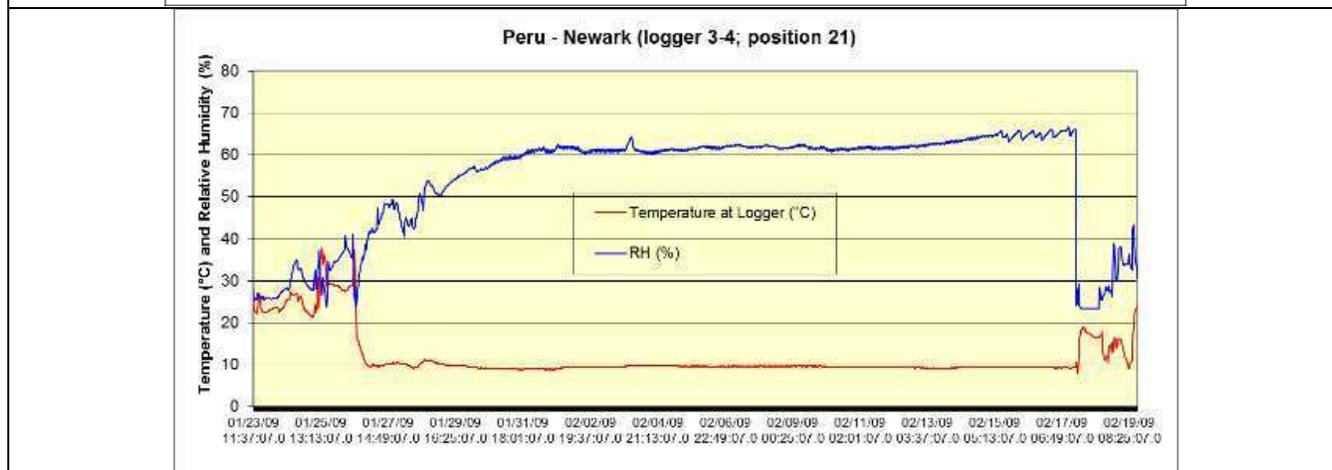
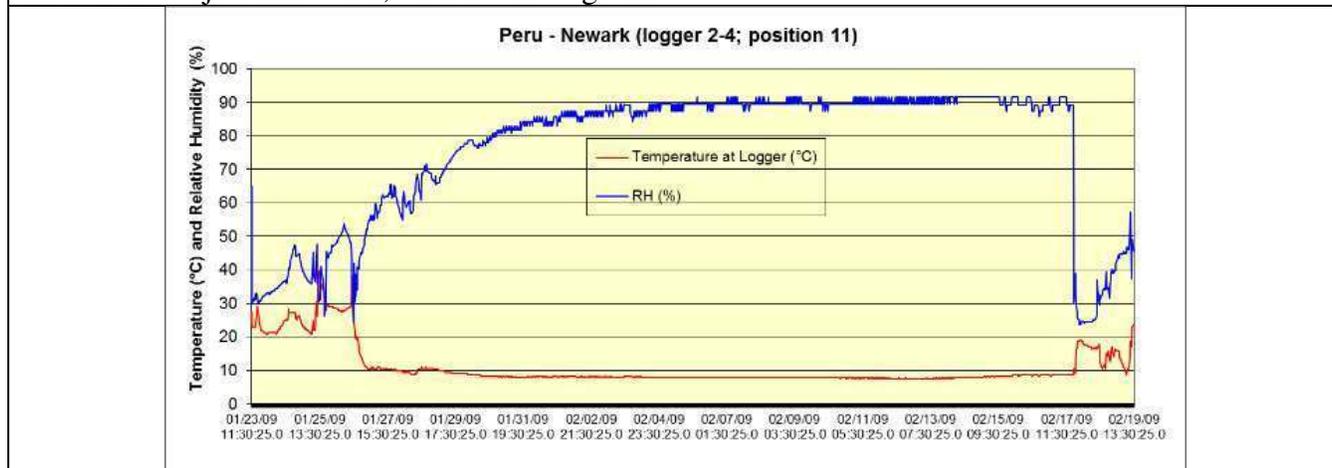


Figura 8. Ubicaciones de los registradores de temperatura y humedad relativa dentro del contenedor y en el pallet.





Temperatura y HR del mango medida en diferentes posiciones dentro del contenedor y en el pallet durante un viaje desde Piura, Perú a Los Ángeles.



Temperatura y HR del mango medida en diferentes posiciones dentro del contenedor y en el pallet durante un viaje desde Piura, Perú a Newark.

Figura 9. Temperatura y HR del mango medida en diferentes posiciones dentro del contenedor y en el pallet durante dos viajes desde Piura, Perú a EE. UU.