

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE FRUTOS DE GULUPA (*Passiflora edulis* Sims) BAJO CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

*Nubia Marcela Orjuela-Baquero¹, Leonardo Moreno-Chacón¹,
María Soledad Hernández², Luz Marina Melgarejo¹*

En Colombia los cultivos comerciales de exportación de “frutas de la pasión” se desarrollaron hacia los años 80. Además de esto, en Colombia se ha generado incremento en la producción de frutos exóticos, con gran aceptación y potencial para la exportación hacia países como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido y Países Bajos (Jamaica-Aldana y Hernández, 2006). La gulupa es cultivada en Colombia entre los 1800 y 2400 m.s.n.m., primordialmente, en regiones con temperatura promedio de 16 a 24 °C y precipitación de 1500 a 2500 mm (Pachón *et al.*, 2006; Jiménez *et al.*, 2009), de manera que la producción de gulupa se concentra principalmente en los departamentos del Huila, Valle del Cauca, Magdalena, Cundinamarca y Santander.

Uno de los principales problemas en la producción frutícola en Colombia son las altas pérdidas de cosecha, no inferiores al 40%, dado por el desconocimiento de un adecuado manejo cosecha-poscosecha. Algunos de esos problemas de la poscosecha de la gulupa son que los frutos se maduran o sobremaduran, y la presencia de problemas fitosanitarios antes que lleguen al consumidor final.

El incremento en la demanda y por consiguiente en el requerimiento de la exportación de frutos tropicales, como es el caso de la gulupa, estimula la necesidad de investigar y desarrollar tecnologías que puedan mantener la calidad y la vida poscosecha por períodos prolongados. Existen diferentes estrategias

¹ Laboratorio de fisiología y bioquímica vegetal, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

² Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia
Correspondencia: Immelgarejom@unal.edu.co, mshernandez@unal.edu.co

para reducir las pérdidas poscosecha como lo son el uso de bajas temperaturas y de atmósferas controladas o modificadas mediante empaques.

El empaque en atmósfera modificada ha mostrado estar entre uno de los tratamientos más eficientes para prolongar la vida útil de los frutos. Un empaque apropiado reduce la transpiración y respiración del producto, lo protege ante el daño mecánico, mantiene la buena apariencia y prolonga la vida de almacenamiento por algunos días (Almenar *et al.* 2007). Los empaques plásticos incrementan la vida poscosecha debido a que ocurre la respiración del fruto al interior del empaque, y consecuentemente existe una reducción en la concentración de O₂ y un incremento de CO₂, y se forma una atmósfera con alta humedad relativa reduciendo entonces la pérdida de agua por transpiración (Mota *et al.* 2003); estas condiciones además de reducir la tasa respiratoria y consecuentemente la tasa de utilización de sustratos (almidón, azúcares y ácidos orgánicos) también reduce la producción de etileno (Lelièvre *et al.* 1997 y Mota *et al.* 2003). En estudios durante la poscosecha de passifloras como el maracuyá se han evaluado ceras y envolturas plásticas de polietileno, encontrando que el polietileno es una alternativa de empaque recomendable que provee atmósfera modificada (Aular *et al.* 2001) y cuyos efectos principales son la reducción de la pérdida de humedad (Aular *et al.* 2001 y Mota *et al.* 2003).

La maduración de los frutos es un proceso complejo genéticamente programado que culmina en cambios en el color, textura, sabor y composición química de los frutos (Javanmardi y Kubota, 2006). El almacenamiento en bajas temperaturas disminuye la tasa de respiración y de otros procesos metabólicos que conllevan a la maduración, senescencia, deterioro y pérdida de la calidad de consumo (Imahori *et al.* 2008); por esta razón, el almacenamiento a bajas temperaturas es una técnica ampliamente utilizada para prolongar la vida útil de los frutos después de haber sido cosechados.

Con el fin de identificar las condiciones críticas del almacenamiento de los frutos de gulupa, en las cuales se prolongue su vida útil empleando atmósfera modificada mediante el uso de empaques combinada con bajas temperaturas de almacenamiento, en el presente estudio se evaluó la evolución en el tiempo de la respuesta de los frutos de gulupa en cuanto a parámetros fisicoquímicos (pérdida de masa fresca, cambio de color de la cáscara, pH, acidez total titulable, sólidos solubles totales e índice de madurez), ante condiciones de almacenamiento con bajas temperaturas (4°C, 10°C y un control a temperatura ambiente) y tipos de empaque: empaque comercial Xtend[®], empaque prototipo Makropol M (desarrollado al interior del proyecto “Materiales poliméricos

para la fabricación de un empaque apropiado para el manejo poscosecha de la gulupa”) y control (empaque de polipropileno microperforado).

Sitio de estudio: El montaje del experimento se realizó en instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA e Ingeniería Agrícola de la Sede Bogotá. Los análisis de las muestras se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación en Fisiología y Bioquímica Vegetal del Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá y en el Laboratorio de Poscosecha del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi.

Material vegetal: Los frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) fueron proporcionados por la empresa OCATI S.A., los cuales provenían de fincas ubicadas en Cundinamarca y Boyacá. Estos frutos fueron sometidos a operaciones de acondicionamiento según protocolos de la empresa OCATI S.A., y posteriormente fueron clasificados en tres estados sucesivos de madurez indicados por el color externo de la cáscara: 50%, 75% y 100% púrpura de acuerdo con la tabla de color generada por Pinzón *et al.*, 2007.

Distribución del ensayo: Para cada uno de los tres estados de madurez, se aleatorizaron los frutos y se asignaron a 9 tratamientos mediante un diseño factorial de dos factores: temperatura de almacenamiento y empaque, cada uno con tres niveles. La unidad de muestreo consistió en cuatro frutos de gulupa. Los frutos se almacenaron bajo las condiciones de cada tratamiento durante 5 semanas y se realizó el seguimiento por triplicado cada tercer día, de los parámetros fisicoquímicos.

Temperatura de almacenamiento: se evaluaron dos temperaturas de refrigeración: $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $10\pm 2^{\circ}\text{C}$, y un control a temperatura ambiente ($16\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Empaque: Se evaluaron empaques con atmósfera modificada pasiva: Xtend con base en polietileno, el prototipo Makropol con base en polietileno y con adición de un retardante de la maduración y un tercer empaque considerado como control, con base en polipropileno microperforado.

Parámetros fisicoquímicos:

- **Pérdida de peso.** La pérdida de peso se registró midiendo el peso inicial (en el día de inicio del experimento) y el peso final (registrado en el día de medición). La pérdida de masa se calculó como porcentaje de pérdida de peso (%PP).

- **Color.** El cambio de color de la cáscara se midió mediante el colorímetro MiniScan EZ (HunterLab), utilizando como sistema de coordenadas L*C*h (Luminosidad, Croma y hue, respectivamente).
- **pH.** El pH se determinó sobre el extracto de pulpa mediante un potenciómetro con electrodo de vidrio.
- **Acidez total titulable (ATT).** Una muestra de pulpa fue titulada con NaOH (0,1 N) y se midió la evolución de la reacción de neutralización con fenoltaleína. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico.
- **Sólidos solubles totales (SST).** Se cuantificaron por refractometría de la pulpa en unidades de °Brix. El porcentaje de SST fue expresado como porcentaje de sacarosa (Barrera *et al.*, 2005).
- **Índice de Madurez (IM).** Se calculó como la relación °Brix/ATT.

Pérdida de peso

En cuanto a la pérdida de peso, al cabo de 30 días de almacenamiento, los frutos almacenados a temperatura ambiente presentaron mayor porcentaje de pérdida de peso respecto a los refrigerados, siendo menor la pérdida de peso en los frutos empacados en Makropol M (3%) con respecto a los empaques Xtend (10%) y Control (20%). Por su parte, los frutos almacenados a $10\pm 2^\circ\text{C}$ presentaron mayor pérdida de peso que los sometidos a $4\pm 2^\circ\text{C}$, perdiendo peso más rápidamente en el empaque Control, seguido por Xtend y Makropol M (Figura 3.1).

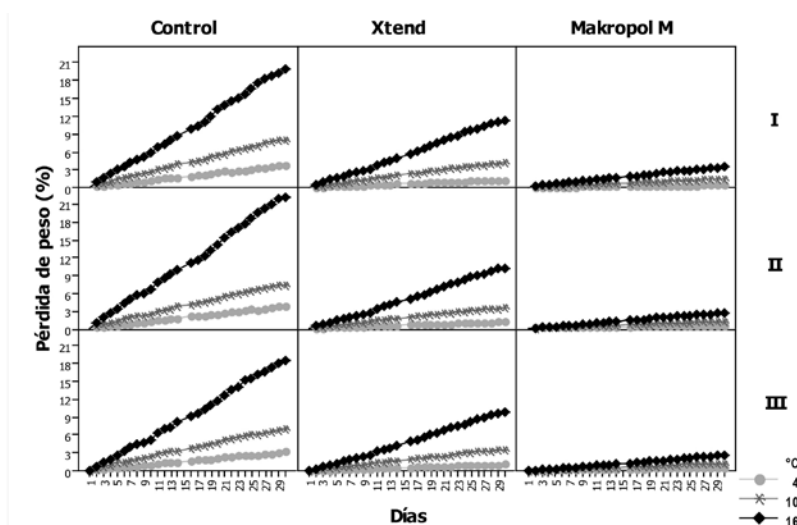


Figura 3.1. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de gulupa almacenados a $4\pm 2^\circ\text{C}$, $10\pm 2^\circ\text{C}$ y $16\pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque: Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

Color

Se observó en el caso de los frutos en estado de madurez del 100%, que la luminosidad de los frutos con el empaque control fue menor en los frutos almacenados a temperatura ambiente que en los refrigerados. No se observaron cambios significativos de la luminosidad a través de los días para estos frutos, ni para los del 75% de madurez. Para los frutos con 50% de madurez, se observó disminución de la luminosidad en las tres temperaturas de almacenamiento. Tanto en frutos empacados en control (polipropileno microperforado) como en frutos empacados en Makropol M la luminosidad fue menor, al compararla con el empaque Xtend (Figura 3.2). Sin embargo, la prolongación de la vida útil del fruto en Makropol M por más de un 25% del tiempo, compensa la disminución del atributo.

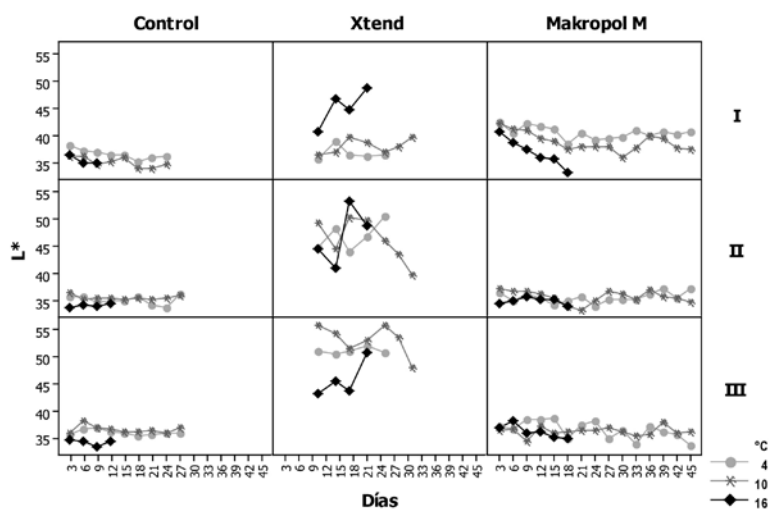


Figura 3.2. Variación de la luminosidad del color (L*) de la cáscara de frutos de gulupa almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

Similar comportamiento se encontró con el croma o saturación del color. La variación de este parámetro fue mínima en el tiempo, en frutos empacados en el prototipo Makropol; en tanto que la saturación del color fue mayor en el empaque Xtend, por ser su tiempo de conservación menor (Figura 3.3).

El tono (Angulo Hue) se mantuvo por más tiempo en frutos empacados en el empaque prototipo Makropol M, las variaciones fueron demoradas en el tiempo como resultado de la interacción del empaque y el grado de madurez del pro-

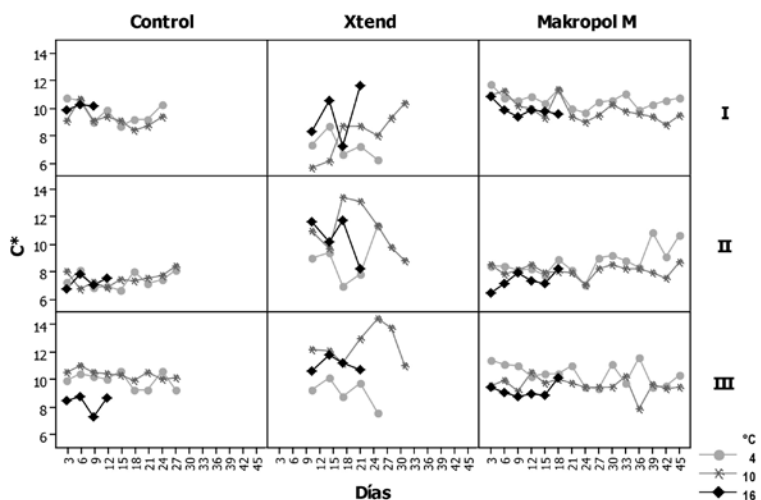


Figura 3.3. Variación de la saturación del color (C^*) de la cáscara de frutos de gulupa almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

ducto. Frutos maduros presentan coloraciones moradas más rápidamente cuando son mantenidos en temperaturas más altas, mientras que frutos con menos avance en el proceso de maduración, tienen una menor variación (Figura 3.4).

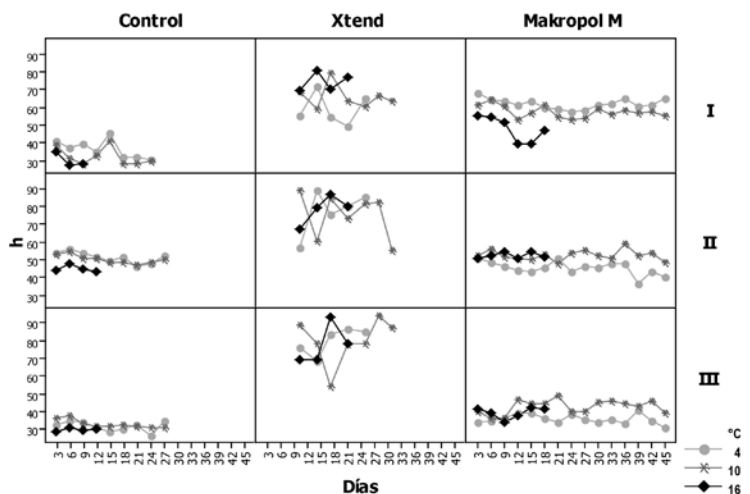


Figura 3.4. Variación del tono del color, ángulo Hue (h), de la cáscara de frutos de gulupa almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

En consecuencia, la apariencia del producto fue mucho mejor en el empaque prototipo Makropol M, comparado con los tratamientos control (polipropileno microperforado) y Xtend; por esto, puede sugerirse como el empaque para uso generalizado del fruto en comercialización de ultramar.

pH

Los frutos almacenados en el empaque Control (polipropileno microperforado) presentaron valores de pH que oscilaron en el tiempo entre 2,5 y 3,3, los cuales no fueron afectados significativamente por las temperaturas. En contraste, en los envases Makropol M y Xtend se observó que el pH aumentó con el tiempo más rápidamente en los frutos almacenados a temperatura ambiente con respecto a los refrigerados.

En el caso de los frutos empacados en Makropol M, se observó que los frutos refrigerados presentaron pH 3 durante los primeros 39 días de almacenamiento, luego de lo cual, se observó un incremento alcanzando valores de pH 5; este incremento fue mayor en los frutos almacenados a $10\pm 2^\circ\text{C}$ con respecto a los almacenados a $4\pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 3.5). Lo anterior indica que los frutos almacenados bajo condición de refrigeración continúan con su proceso de maduración tras el período de conservación. El aumento del pH durante los procesos de conservación controlada obedece a la disminución de los ácidos orgánicos, como resultado de los procesos metabólicos del fruto (Wills *et al.*, 1998).

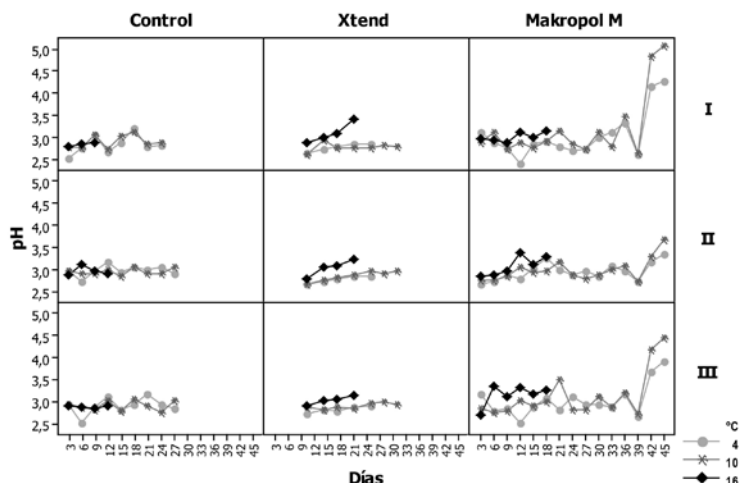


Figura 3.5. Variación del pH de la pulpa de frutos de gulupa almacenados a $4\pm 2^\circ\text{C}$, $10\pm 2^\circ\text{C}$ y $16\pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

ATT

El comportamiento de la acidez total titulable fue de aumento en los tratamientos Control (polipropileno microperforado) y prototipo Makropol M (Figura 3.6). El porcentaje de ácido cítrico en frutos almacenados en empaques Control y Makropol M, se encontró entre el 2,5% y el 5% en los primeros 18 días de tratamiento, luego de lo cual, en los frutos refrigerados se incrementó alcanzando valores entre el 8 y 11%. Se puede considerar que durante la prolongación de la vida útil del producto una acidificación no mayor a un 20% no altera la sensorialidad del fruto; por tanto, se recomienda como el mejor tratamiento para la conservación del fruto de gulupa a 10°C el empaque Xtend o el empaque Makropol M.

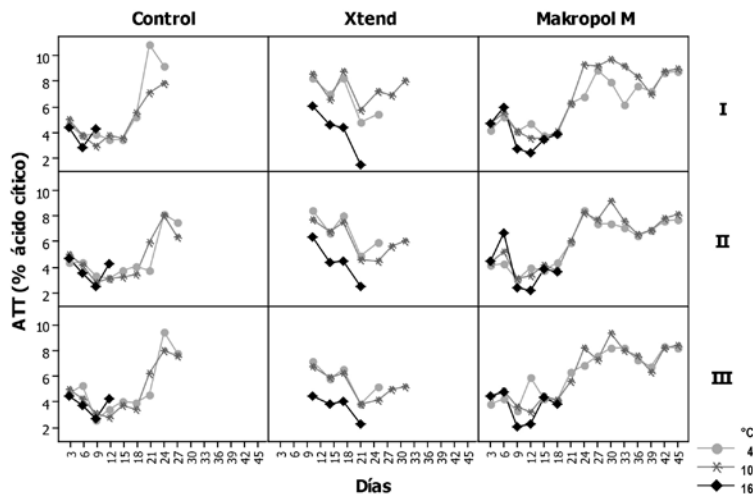


Figura 3.6. Acidez total titulable (ATT, expresada como porcentaje de ácido cítrico) en la pulpa de frutos de gulupa almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

SST

El porcentaje de sólidos disueltos se mantuvo con el tiempo en los frutos empacados en control y prototipo Makropol bajo todos los tratamientos de refrigeración; por el contrario, disminuyó en el tiempo en los almacenados en Xtend, siendo más rápida la reducción en los frutos almacenados a temperatura ambiente respecto de los refrigerados. El comportamiento de los frutos en el empaque control y en el Makropol obedece al mantenimiento de las reservas

de carbohidratos del fruto, mientras que en los frutos en el empaque Xtend la disminución de sólidos solubles está asociado al mantenimiento de una actividad respiratoria mayor, asociada a una mayor transpiración (Figura 3.7)

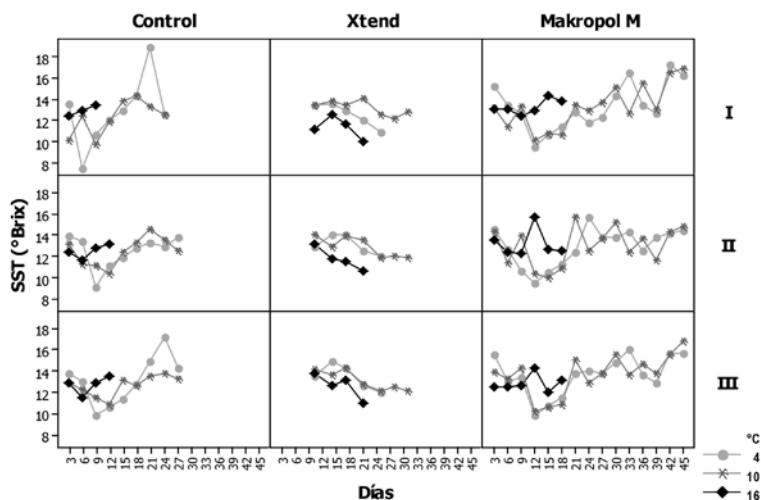


Figura 3.7. Sólidos solubles totales (SST, expresados como °Brix) en la pulpa de frutos de gulupa almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque Control (polipropileno microperforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

Índice de Madurez

El IM de los frutos almacenados a temperatura ambiente aumentó con el tiempo de almacenamiento en todos los empaques estudiados (Figura 3.8). En contraste, en los frutos refrigerados, el IM disminuyó con el tiempo en los empaques Control (polipropileno microperforado) y Prototipo Makropol M, y no varió significativamente en el empaque Xtend. Siendo el índice de madurez, una medida derivada de la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez total titulable, es de esperar que el índice de madurez no muestre variaciones significativas en el tiempo, ya que los sólidos se mantienen y la acidez se incrementa. La acidez total titulable está asociada en otros frutos tropicales con el retraso de la maduración o eventualmente con procesos de leves alteraciones fisiológicas asociadas al daño por bajas temperaturas o concentración de CO_2 (Wills *et al.*, 1998).

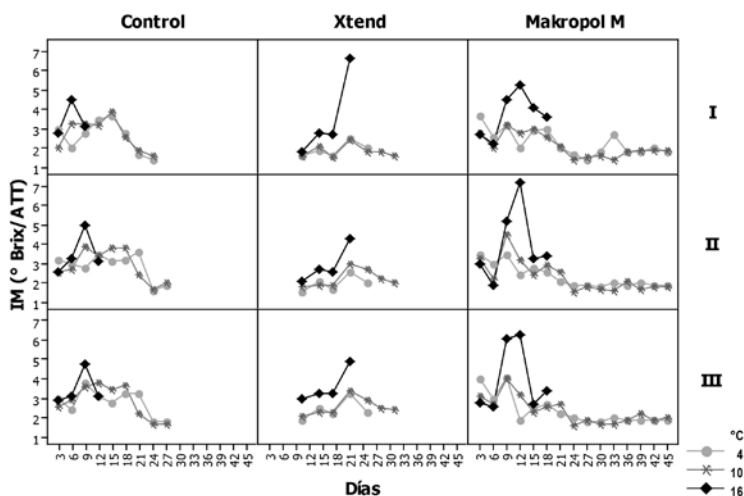


Figura 3.8. Índice de madurez (IM = °Brix/ATT) de la pulpa de frutos de gulupa almacenados a $4 \pm 2^\circ\text{C}$, $10 \pm 2^\circ\text{C}$ y $16 \pm 2^\circ\text{C}$ (temperatura ambiente) con tres tipos de empaque control (polipropileno micro-perforado), Xtend y Makropol M. Estados de madurez: 50% (I), 75% (II) y 100% (III) púrpura.

La maduración del fruto de gulupa en tres grados de madurez sucesivos, bajo condiciones de atmósfera modificada, combinado con baja temperatura, mostró que los frutos con coloraciones del 50% en el pericarpio no alcanzan la madurez completa durante la conservación y en la etapa de exhibición en góndola. Por el contrario, frutos con coloraciones del 75% al 100% si alcanzan la maduración sensorial total, siendo los frutos con 75% de coloración púrpura aquellos que tienen una vida de conservación mayor.

De los empaques evaluados el prototipo Makropol M dio mayor tiempo de conservación (hasta 40 días) a los frutos de los dos grados de madurez más avanzados, es decir, del 75% o del 100% de coloración púrpura, le siguió el empaque Xtend.

La temperatura de refrigeración a 10°C retardó el proceso de maduración de los frutos, principalmente los que tuvieron entre el 75% y el 100% de coloración púrpura, pero los frutos a temperaturas más bajas sufren lesiones asociadas al daño por frío.

En estas condiciones, frutos bajo condiciones entre 10 y 12°C y con el empaque prototipo Makropol M pueden durar hasta 40 días en el almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

A los financiadores: Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Colciencias y Ocati S.A. A Miguel Meneses de la facultad de ingeniería de la UNAL, por su colaboración en la fase experimental dado que realizó este apoyo como parte de su tesis de Maestría. Al laboratorio poscosecha del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi

LITERATURA CITADA

- ALMENAR E., DEL VALLE V., CATALA RN., GAVARA R. 2007. Active Package for Wild Strawberry Fruit (*Fragaria vesca* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55:2240-2245.
- AULAR J., RUGGIERO C., DURIGAN J. 2001. Efecto de la envoltura plástica y el tiempo de almacenamiento sobre el comportamiento poscosecha de frutos de parchita maracuyá. *Bioagro*. 13(1):15-21.
- IMAHORI Y., TAKEMURA M., BAI J. 2008. Chilling-induced oxidative stress and antioxidant responses in mume (*Prunus mume*) fruit during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1):54-60.
- JAMAICA-ALDANA O., HERNÁNDEZ MS. 2006. Aprovechamiento integral de gulupa madura (*Passiflora edulis* f. *edulis* Sims). Consultado en línea el 20 de Mayo de 2011. Disponible en <http://www.unal.edu.co/vicinvestigacion/nuevo/paginas/semanainvestigacion/icta/j.pdf>
- JAVANMARDI J., KUBOTA C. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*. 41(2):151-155.
- JIMENEZ., CARRANZA., RODRIGUEZ. 2009. Manejo integrado del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) En Miranda, D., G Fischer, C Carranza, S Magnitskiy, F Casierra Posada, W Piedrahita y LE Flórez (eds). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá.
- LELIÈVRE JM., LATCHE A., JONES B., BOUZAYEN M., PECH JC. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*. 101:727-739.
- MOTA WF DA., SALOMÃO LC., CECON PR., FINGER FL. 2003. Waxes and plastic film in relation to the shelf life of yellow passion fruit. *Scientia Agricola*. 60(1):51-57.

- PACHÓN L., RODRÍGUEZ A., FISCHER G. 2006. Efecto del empaque, encerado y temperatura sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) en poscosecha. En: Salamanca GG. (Eds). Propiedades fisicoquímicas y sistemas de procesado: Productos Hortofrutícolas en el desarrollo agroalimentario. Editorial Guadalupe Ltda. 350 pp.
- PINZÓN I., FISCHER G., CORREDOR G. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). Agronomía Colombiana. 25(1):83-95.