

CAPÍTULO 3

CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA, FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA DEL FRUTO DE GULUPA (*Passiflora edulis* Sims) COMO INDICADORES PARA EL PUNTO ÓPTIMO DE COSECHA

Laura Marcela Flórez¹, Laura Victoria Pérez¹, Luz Marina Melgarejo^{1,3}, Soledad Hernández²

¹Laboratorio de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

²Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia

³Autor para correspondencia: Immeltgarejom@unal.edu.co

La madurez es un proceso irreversible que ocurre en los frutos y en algunos vegetales o verduras (Hernández *et al.*, 2010); este proceso se caracteriza por cambios bioquímicos, fisiológicos y estructurales que se reflejan en las propiedades organolépticas del fruto como el sabor, el aroma y la textura (Azcón-Bieto y Talón, 2001; Giovannoni, 2001; Lelièvre *et al.*, 1997; White, 2002). Dichos cambios varían entre especies, pero en general incluyen la conversión de almidón en azúcares, las modificaciones en la ultraestructura de la pared celular que afectan la textura, la alteración en la biosíntesis de los pigmentos y la degradación de compuestos relacionados con el sabor (Giovannoni, 2001).

La maduración es regulada por estímulos internos y externos, entre los que se encuentran la temperatura, la luz, el estatus hídrico y nutricional de la planta, y las hormonas (Matas *et al.*, 2009). De acuerdo con su comportamiento fisiológico, los frutos son clasificados como climatéricos y no climatéricos: los climatéricos requieren de la hormona etileno para la activación de procesos como la hidrólisis del almidón (almacenado durante el crecimiento) a monosacáridos como la glucosa y la sacarosa. En la hidrólisis se requiere gran cantidad de energía, con lo cual se da un aumento característico de la respiración denominado pico climatérico. Por su parte, los frutos no climatéricos no presentan un pico respiratorio asociado con la maduración, puesto que acumulan monosacáridos durante su crecimiento (Cara y Giovannoni, 2008; Giovannoni, 2007; Matas *et al.*, 2009; Coletto, 1994; Azcón-Bieto

y Talón, 2001). La gulupa ha sido catalogada como un fruto climatérico debido al incremento en la tasa respiratoria y al aumento en la producción de etileno durante su maduración (Shiomi *et al.*, 1996).

Sumado a lo anterior, durante la maduración los frutos climatéricos y no climatéricos experimentan cambios de color que ocurren por degradación de la clorofila y síntesis de nuevos pigmentos; cambios en el sabor relacionados con variaciones en la acidez, astringencia o dulzor, y cambios en la textura propiciados por modificaciones en la consistencia (Giovannoni, 2004; Coletto, 1994).

La gulupa es el tercer fruto de mayor exportación en el país; sin embargo, aunque se referencian algunos estudios en precosecha y poscosecha sobre características fisicoquímicas del fruto (Díaz *et al.*, 2011; Orjuela-Baquero *et al.*, 2011a,b; Jiménez *et al.*, 2011), estados de madurez (Pinzón *et al.*, 2007) y prácticas agrícolas (Guerrero-López y Hoyos-Carvajal, 2011), aún se requiere determinar el punto óptimo de poscosecha analizando variables fisiológicas, fisicoquímicas y bioquímicas. El presente estudio se realizó en frutos provenientes de tres localidades del departamento de Cundinamarca, con el objetivo de determinar las variables que definen el punto óptimo de cosecha, el cual es de gran importancia porque permite planificar a partir de este los tiempos de transporte y entrega de frutos evitando pérdidas económicas por senescencia o pérdida de calidad.

Para establecer el punto óptimo de cosecha, se colectaron frutos en 5 estados de madurez en las localidades de Tena (2.078 msnm), Granada (2.175 msnm) y Chía (2.573 msnm), Cundinamarca (Tabla 3.1), contados a partir de frutos en madurez fisiológica (90 DDF, que corresponde a 0% de color púrpura en la cáscara).

Tabla 3.1. Estados de madurez y días después de floración (DDF) en gulupa. Frutos al 0% ya se encuentran en madurez fisiológica.

Estado de madurez	Días después de floración (DDF) Chía*	Días después de floración (DDF) Granada y Tena*	Color
0% (Fruto en madurez fisiológica)	105-110	90-100	100% Verde
30%	111-115	101-105	70% Verde, 30% púrpura
50%	116-120	106-110	50% Verde, 50% púrpura
70%	121-125	111-115	30% Verde, 70% púrpura
100%	126-145	116-130 Tena 116-140 Granada	100% púrpura

* Los DDF pueden presentar variaciones por factores como localidad, fenómenos climáticos e incidencia y severidad de enfermedades, así como estrés. Los datos se basan en promedios hallados entre los años 2009 a 2011.

Se realizaron dos ensayos diferentes: en el primero se colectaron frutos en madurez fisiológica y se les realizó seguimiento durante poscosecha; mientras que en el segundo se colectaron frutos a partir de 30%, 50%, 70% y 100%, y se evaluó en cada uno el proceso de maduración haciendo seguimiento durante poscosecha. El primer ensayo fue realizado en Granada y Tena, y el segundo en Chía y Granada. En cada uno de los ensayos se determinó diariamente, desde el día uno después de la cosecha, la tasa respiratoria y la producción de la hormona etileno por medio de cromatografía de gases. Se realizaron mediciones de color del exocarpo con el sistema L, C, h* (luminosidad, croma y ángulo hue, respectivamente) por colorimetría de reflexión. A su vez, cada tercer día a lo largo del período poscosecha y en el zumo de la fruta se determinaron Sólidos Solubles Totales (SST) por medio de refractometría, cuya unidad de medida son los °Brix, pH por potenciometría y Acidez Total Titulable (% ATT) (Hernández *et al.*, 2007), con el propósito de evaluar los cambios en la calidad del fruto a través del tiempo.

Se realizaron determinaciones bioquímicas en el zumo de las frutas en los diferentes estados de madurez, inmediatamente luego de ser cosechados de la planta: ácidos orgánicos (cítrico, ascórbico, málico y oxálico, con base en lo descrito por Barrera *et al.*, 2008), azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa, con base en lo descrito por Chinnici *et al.*, 2005) y proteínas con base en lo descrito por Bradford (1976) y Zor y Selinger (1996).

3.1. Seguimiento poscosecha de frutos colectados en madurez fisiológica (Ensayo uno)

3.1.1. Patrón de respiración y producción de etileno

Se realizaron mediciones con frutos colectados en madurez fisiológica (0%=90 DDF) para establecer el comportamiento poscosecha de frutos producidos en las localidades de Tena y Granada, encontrándose que las tendencias son similares, ya que el pico de producción de CO₂ precede al pico de etileno, los cuales se dan con un día de diferencia entre las dos localidades (figuras 3.1, 3.2). Igualmente, los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian el comportamiento climático del fruto, similar a lo reportado por varios autores (Díaz *et al.*, 2011; Shiomi *et al.*, 1996; Sjaifullah y Lizada, 1985; Wills *et al.*, 1998), aunque la producción de etileno fue menor a lo registrado para gulupa por Shiomi *et al.* (1996b).

Sumado a lo anterior, se observa que el pico de producción de etileno presenta ascenso lento en el tiempo y permanece por varios días. Grierson y Kader (1986) sugieren que esta respuesta es debida a que el etileno es autocatalítico, estimulando las enzimas que catalizan su propia síntesis.

Algunos autores indican que el pico de respiración precede al del etileno, indicando que la hormona no es la responsable del incremento respiratorio, si bien se reporta que son necesarias bajas concentraciones de CO_2 para la activación de la enzima ACC oxidasa, la cual cataliza el último paso en la biosíntesis de etileno (Saltveit, 1999). Por su parte, otros autores señalan que el pico respiratorio se puede dar unos días después del inicio de la producción de etileno, indicando que el etileno generaría la señal para el aumento respiratorio y con esto catalizaría el proceso de maduración (Kader, 1994).

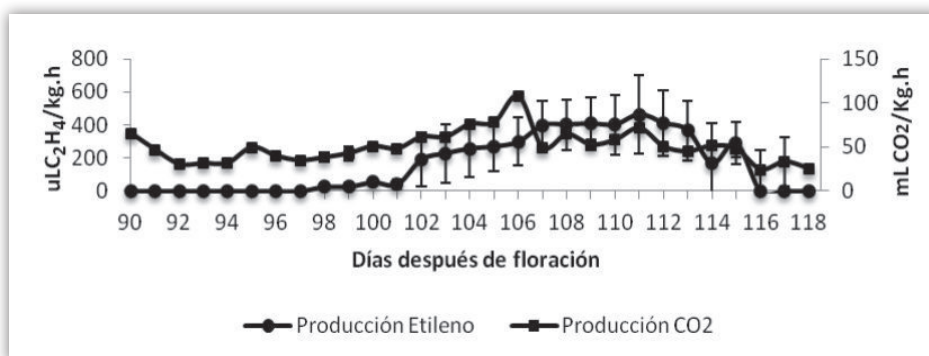


Figura 3.1. Media de la producción de etileno y actividad respiratoria de frutos de gulupa colectados en madurez fisiológica de plantas sembradas en Granada ($n=3$). Seguimiento poscosecha desde el día 0 después de la cosecha DDC (día 90 después de floración DDF) ($n=3$).

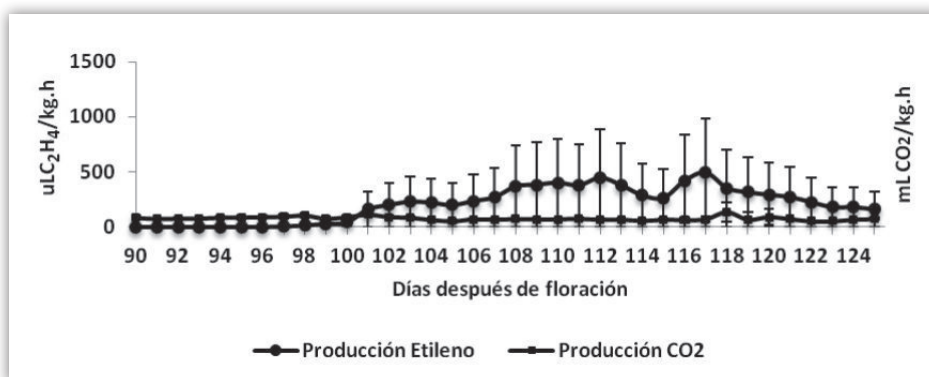


Figura 3.2. Media de la producción de etileno y actividad respiratoria de frutos de gulupa colectados en madurez fisiológica de plantas sembradas en Tena ($n=3$). Seguimiento poscosecha desde el día 0 después de la cosecha DDC (día 90 después de floración DDF) ($n=3$).

3.1.2. Sólidos Solubles Totales (SST)

Los sólidos solubles totales están constituidos por azúcares (80-95%) disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al.*, 1996), lo que depende directamente de la fotosíntesis en las hojas y de los factores climáticos a que se ven sometidas las plantas. Du-

rante la maduración del fruto los azúcares tienden a aumentar debido a la ruptura de polisacáridos y oligosacáridos a monosacáridos (Menéndez-Aguirre *et al.*, 2006).

El contenido de SST fue mayor en frutos de Granada que de Tena, lo que probablemente está relacionado con que se presenta mayor tasa fotosintética en plantas de Granada (ver Capítulo 1). Los frutos provenientes de Granada presentaron entre 12,7 °Brix al inicio del ensayo (90 DDF=0 DDC) y 10,7 hacia el día 24 DDC; y los de Tena entre 10,6 °Brix y 7,6 °Brix, respectivamente. La tendencia encontrada es similar a la reportada por Díaz *et al.* (2011); sin embargo, los valores hallados en el presente estudio son más bajos en comparación con los encontrados en otros trabajos de gulupa (Pinzón *et al.*, 2007; Jiménez *et al.*, 2011; Díaz *et al.*, 2011) y maracuyá (Aular y Rodríguez, 1994; Aular *et al.*, 2004; Mota *et al.*, 2007), pero cercanos al rango reportado por Orjuela-Baquero *et al.* (2011). Es probable que las diferencias se deban a que en los estudios reportados se han tomado frutos provenientes de otras localidades, cuyo clima puede influenciar el proceso de maduración del fruto (interacción genotipo-ambiente).

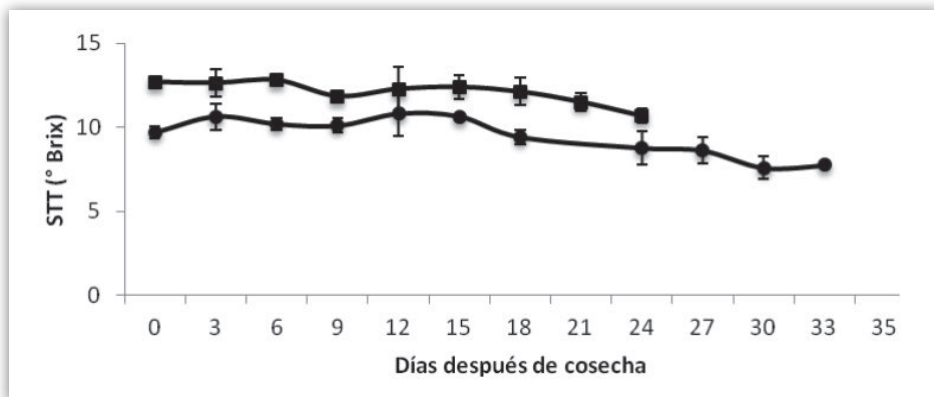


Figura 3.3. Sólidos solubles totales (°Brix) de frutos de gulupa colectados en madurez fisiológica de plantas sembradas en Granada (■) y Tena (●). Seguimiento poscosecha desde el día 0 después de la cosecha DDC (día 90 después de floración DDF) (n=3).

3.1.3 Acidez total titulable y pH

La acidez total titulable de los frutos de Granada y Tena (Figura 3.4a) mostró la misma tendencia durante el seguimiento poscosecha. Desde el día 0 hasta el día 9 DDC los valores permanecen constantes, entre 5,9 y 6,2% en Granada y entre 5,1 y 5,4% en Tena. Posteriormente, la acidez disminuye paulatinamente en ambas localidades. Los frutos provenientes de Tena mostraron un ligero aumento (del 1%) desde el día 21 hasta el día 33, el cual podría estar relacionado con el inicio de la senescencia del fruto. La disminución en la ATT concuerda con lo esperado, ya que los ácidos orgánicos son utilizados en la respiración por su participación en la ruta

de los ácidos tricarbónicos (Jiménez *et al.*, 2011; Kays y Paull, 2004), indicando una alta tasa metabólica (Osterloh *et al.*, 1996). Los valores al final del ensayo son menores a los referenciados para maracuyá (Saenz *et al.*, 1998; Menéndez-Aguirre *et al.*, 2006) y fueron similares a los referenciados para gulupa (Pinzón *et al.*, 2007; Orjuela-Baquero *et al.*, 2011). Por su parte, teniendo en cuenta otras *passifloras* como la badea, la granadilla y la curuba (Aular *et al.*, 2004), la acidez encontrada en la gulupa es mayor.

Los valores de pH (Figura 3.4b) no muestran una tendencia clara entera, mientras que en Granada se registró un aumento paulatino del pH desde el día 12 DDC que continuó hasta el final del ensayo. Aunque al inicio del ensayo los frutos de Tena fueron menos ácidos, a partir del día 24 DDC registraron valores similares a los de Granada. Los valores concuerdan con los rangos reportados en otros estudios (Jiménez *et al.*, 2011; Orjuela-Baquero *et al.*, 2011; Díaz *et al.*, 2011).

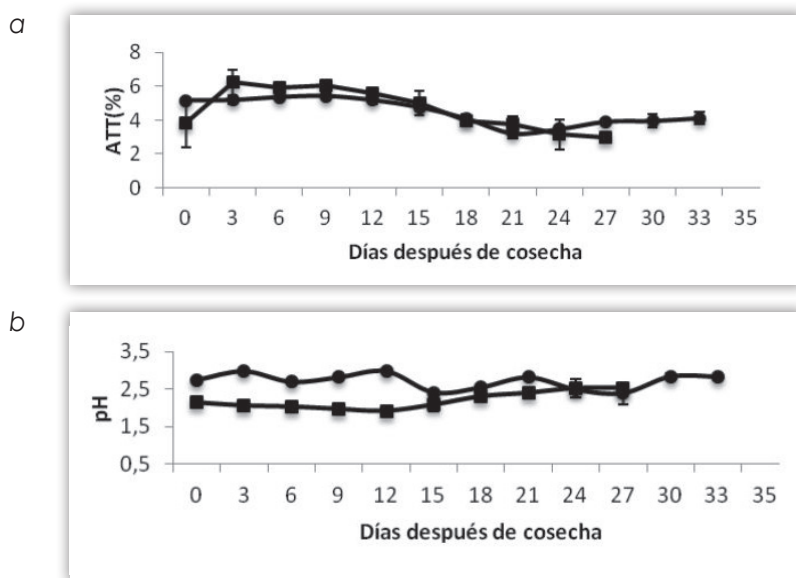


Figura 3.4. Acidez total titulable (ATT%) (a) y pH (b) de frutos de gulupa colectados en madurez fisiológica de plantas sembradas en Granada (■) y Tena (●). Seguimiento poscosecha desde el día 0 después de la cosecha DDC (día 90 después de floración DDF) (n=3).

3.1.4. Índice de madurez

El balance entre los azúcares y los ácidos da el sabor característico del fruto, y puede ser medido con el índice de madurez. La Figura 3.5 muestra las diferencias encontradas entre las dos localidades. El índice de madurez en frutos provenientes de Granada fue mayor que los de Tena, indicando que su contenido de azúcares fue mayor con respecto a su contenido de ácidos. En el día 15 DDC el índice de

madurez aumentó notablemente en Granada; entretanto, en Tena permaneció ligeramente constante hasta el día 24 DDC, punto en el cual se inició un descenso relacionado probablemente con el inicio de la senescencia. En general los índices de madurez de Granada y Tena son bajos comparados con los reportados por Pinzón *et al.* (2007) (2,08 estado verde y 4,34 en el estado sobremaduro para gulupa).

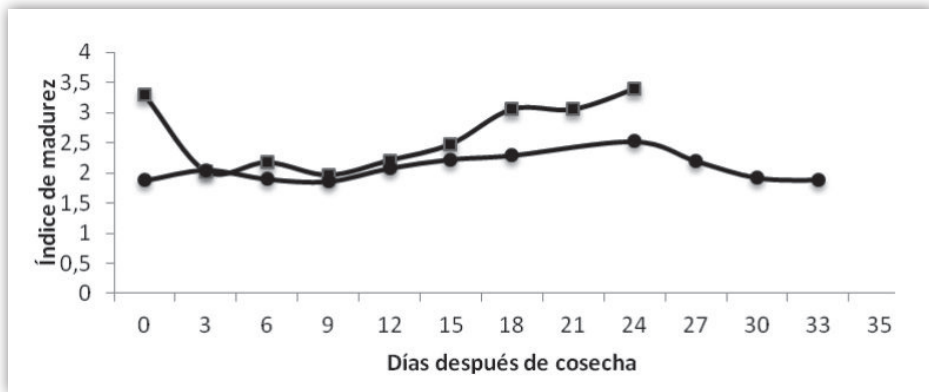


Figura 3.5. Índice de madurez (SST/ATT) de frutos de gulupa colectados en madurez fisiológica de plantas sembradas en Granada (■) y Tena (●). Seguimiento poscosecha desde el día 0 después de la cosecha DDC (día 90 después de floración DDF) (n=3).

3.1.5. Colorimetría

En la Figura 3.6 se observan los cambios de los tres componentes del color: luminosidad (L), croma (C) y ángulo hue (h). Los valores de L*C*h disminuyeron paulatinamente a medida que avanzó la maduración, hasta permanecer casi constantes. La luminosidad disminuyó por el oscurecimiento que sufre el fruto a medida que madura por la oxidación de aminoácidos y degradación de pigmentos (Sistrunk y Cash, 1974). El croma que indica la saturación o intensidad del color presentó una disminución menos marcada. El ángulo hue (h) que indica la tonalidad del color mostró el cambio de color verde a púrpura debido al desenmascaramiento de antocianinas.

Al final de la maduración, los frutos provenientes de las dos localidades alcanzaron la misma coloración reflejada en los valores de la colorimetría. No obstante, se observa que los cambios del ángulo hue en frutos provenientes de Granada son más abruptos con respecto a lo encontrado en Tena, donde los cambios se dieron más lentamente. Los cambios en el ángulo hue hacia el día 11 DDC en Granada y 12 DDC en Tena concuerdan con el inicio del pico climatérico y con la producción de etileno.

Los datos registrados para las dos localidades muestran que la mayor desviación estándar se da una vez comienza el cambio de color en el ángulo hue, indicando que el proceso no ocurrió de forma sincrónica en todos los frutos.

Aunque se registró una evolución de las propiedades fisicoquímicas en frutos colectados en madurez fisiológica, no se dio un desarrollo homogéneo de la coloración del exocarpo ni de la cantidad de sólidos solubles totales, lo que muestra que la colecta en madurez fisiológica no es adecuada.

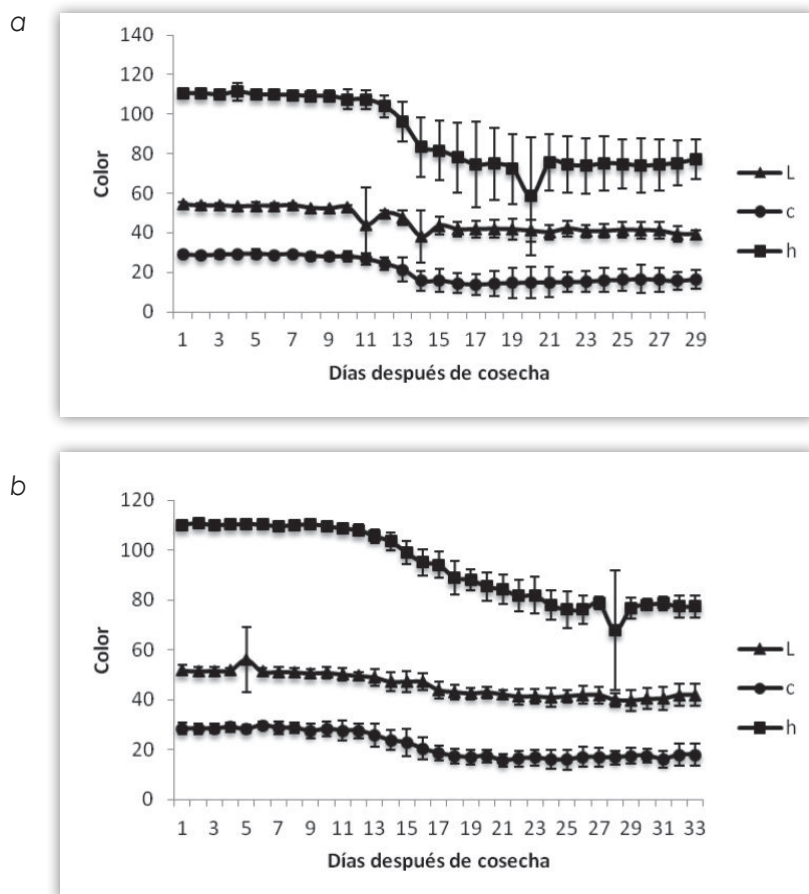


Figura 3.6. Color en frutos de gulupa colectados en madurez fisiológica de plantas sembradas en Granada (a) y Tena (b) ($n=12$). Seguimiento poscosecha desde el día 0 después de la cosecha DDC (día 90 después de floración DDF). Sistema de color L c h medidos con espectrocolorímetro MiniScan XE Plus B.

3.2. Seguimiento poscosecha a partir de frutos en diferentes estados de maduración (Ensayo 2)

Como se ilustró anteriormente, se realizó el seguimiento poscosecha colectando frutos en Granada y Chía en los estados 30%, 50%, 70% y 100% para evaluar su proceso de maduración.

3.2.1. Patrón de respiración y producción de etileno

El pico de producción de etileno se registró en el día 18 después de la cosecha, indicando que no existen diferencias en el tiempo de inicio del climaterio en los frutos colectados en los diferentes estados de madurez (Figura 3.7a). Sin embargo, la concentración de etileno varió de acuerdo con el estado de madurez de tal manera que los estados 70% y 100% presentaron la mayor tasa de producción, las cuales fueron menores a la registrada por Shiomí *et al.* (1996a). La actividad respiratoria mantuvo tendencia estable, siendo el estado de 100% el de mayor producción de CO₂ (Figura 3.7b). Al igual que lo encontrado en frutos monitoreados desde madurez fisiológica, el pico de CO₂ precedió al de etileno, apoyando la hipótesis de que la hormona no es la responsable del incremento respiratorio en los frutos de gulupa.

Las tendencias encontradas en los frutos de las plantas sembradas en Chía (Figura 3.8) difieren de las observadas en frutos de Granada. La ocurrencia de la máxima producción de etileno varió entre los estados de maduración, presentándose entre los días 8 y 14 DDC, indicando que no existe sincronía en el proceso de maduración cuando los frutos son colectados en diferentes estados. Adicionalmente, la vida útil de frutos provenientes de Chía fue menor, permaneciendo aptos para consumo solo 19 DDC; mientras que los cultivados en Granada permanecieron en buenas condiciones a los 34 DDC. La vida útil de los frutos de Chía sería una desventaja para su exportación a largo plazo.

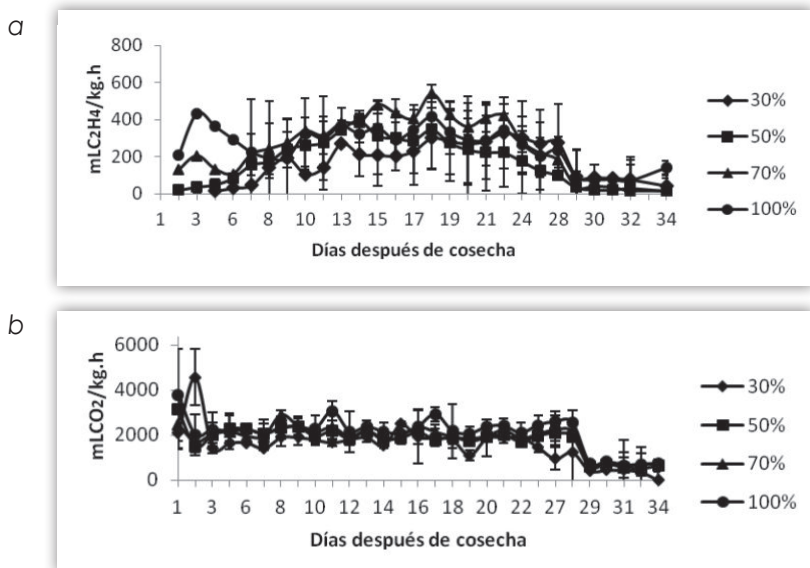


Figura 3.7. Media de la producción de etileno(a) y Media de la actividad respiratoria (b). Seguimiento poscosecha de frutos de gulupa colectados en diferentes estados de madurez (n=3). Plantas sembradas en Granada.

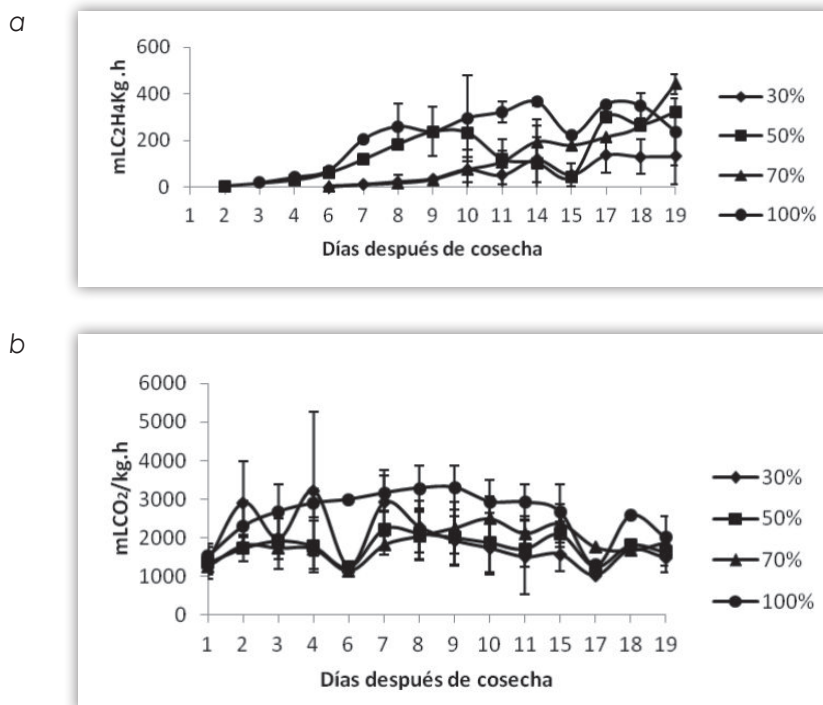


Figura 3.8. Media de la producción de etileno(a) y Media de la actividad respiratoria (b). Seguimiento poscosecha de frutos de gulupa colectados en diferentes estados de madurez (n=3). Plantas sembradas en Chía.

3.2.2. Sólidos Solubles Totales (SST)

La tendencia observada de los SST en frutos madurados en poscosecha indica que no hay efecto del estado de madurez en el valor final de los °Brix, ya que al cabo de 33 días en Granada y 24 días en Chía se obtuvieron frutas con contenidos similares de sólidos solubles totales (Figura 3.9). La tendencia de los azúcares durante la maduración contrasta con lo registrado por Jiménez *et al.* (2011), quienes reportaron aumento de los SST durante la maduración. Los frutos colectados en Granada en el estado de 70% mostraron 12,6 °Brix al final de la maduración, siendo mayor que los demás estados.

3.2.3. Acidez total titulable y pH

La acidez total titulable disminuyó. En Granada (Figura 3.10a) se encontró que los frutos colectados al 30% y 50% disminuyeron en menor medida su porcentaje de acidez en comparación con los colectados al 70% y 100%, de tal manera que la acidez al final de la maduración fue menor en estos últimos. En Chía (Figura 3.10b) los frutos en los diferentes estados llegaron a valores similares al final de la maduración. Los valores concuerdan con lo reportado por Jiménez *et al.* (2011).

No se encontraron diferencias en los valores de pH alcanzados en el proceso de maduración a partir de los cuatros estados colectados (Figura 3.11). De acuerdo con lo esperado, el pH aumentó conforme maduraron los frutos. En los frutos pro-

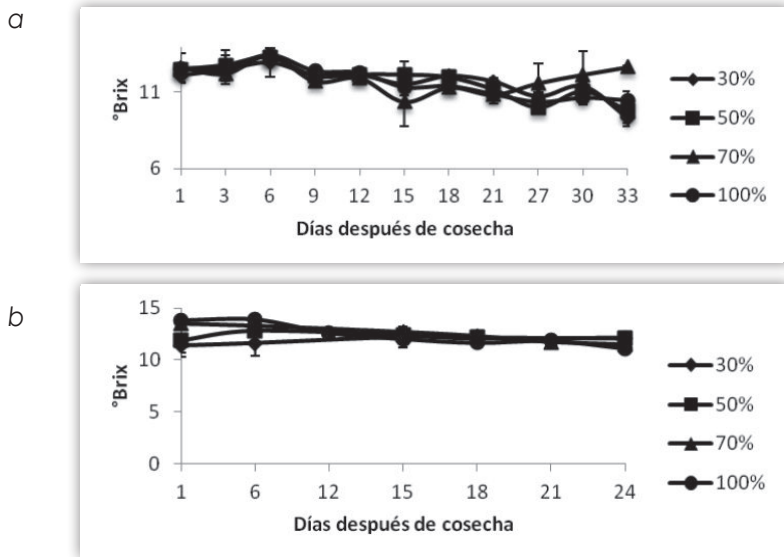


Figura 3.9. Seguimiento poscosecha de los sólidos solubles totales (°Brix) de frutos de gulupa colectados en diferentes estados de madurez (n=3). Granada (a) y Chía (b).

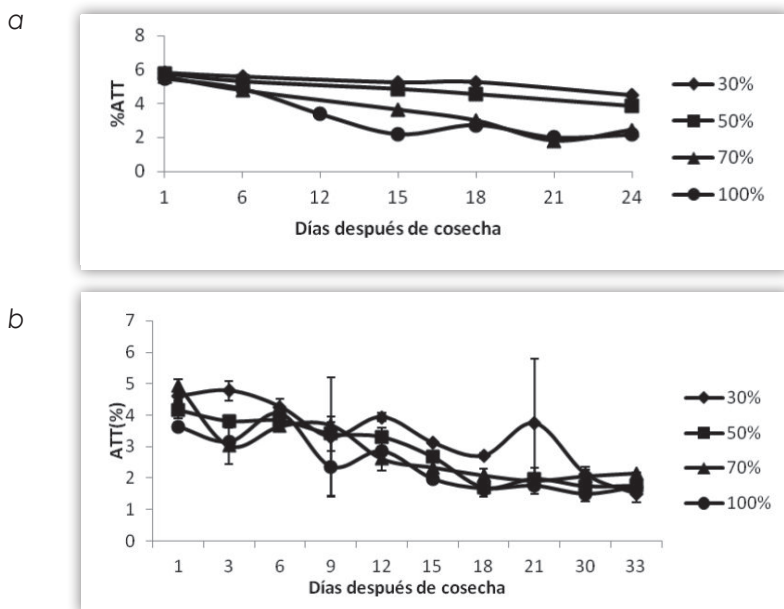


Figura 3.10. Seguimiento poscosecha de la acidez total titulable (ATT%) de frutos de gulupa colectados en diferentes estados de madurez (n=3). Granada (a) y Chía (b).

venientes de Chía, al igual que sucedió con la ATT, hubo un efecto del tiempo de cosecha sobre el pH, ya que entre más porcentaje de color púrpura en el exocarpo mayor pH al final del proceso de maduración (Figura 3.11b). El aumento del pH fue de una unidad (2,5-3,4) en los frutos provenientes de Chía y de 0,6 unidades en Granada (2,5-3,1). Contrario a lo referenciado por Meléndez-Aguirre *et al.* (2006), quienes referencian ausencia de cambios en el pH de la pulpa de maracuyá.

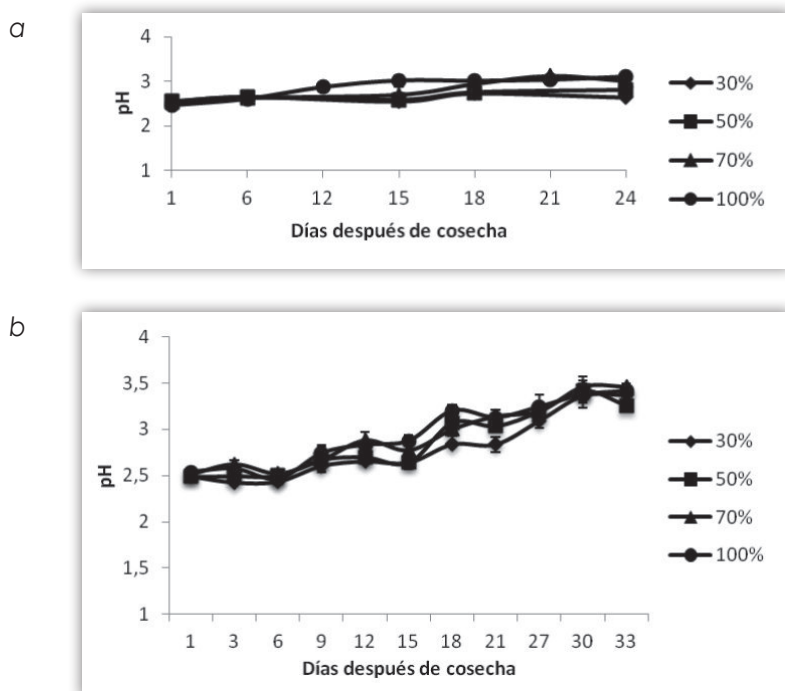


Figura 3.11. Seguimiento poscosecha del pH de frutos de gulupa colectados en diferentes estados de madurez ($n=3$). Granada (a) y Chía (b).

3.2.4. Índice de madurez

En Granada, al igual que en las demás variables de calidad, el estado de madurez de colecta no influenció el valor final del índice de madurez; en todos los casos tendió a aumentar a lo largo del proceso de maduración (Figura 3.12a). En Chía, el índice de madurez alcanzado al final del proceso de maduración estuvo fuertemente influenciado por el estado de madurez de colecta (Figura 3.12b); los frutos colectados al 70% y 100% presentaron índices mayores en el día 15, cerca al pico de producción de etileno (día 14), demostrando un aumento en la cantidad de azúcares con respecto a la acidez. Los aumentos registrados para los días 21 y 24 podrían relacionarse con el inicio de la senescencia y, como se mencionó antes, los frutos de esta localidad solo duraron 19 DDC en buenas condiciones.

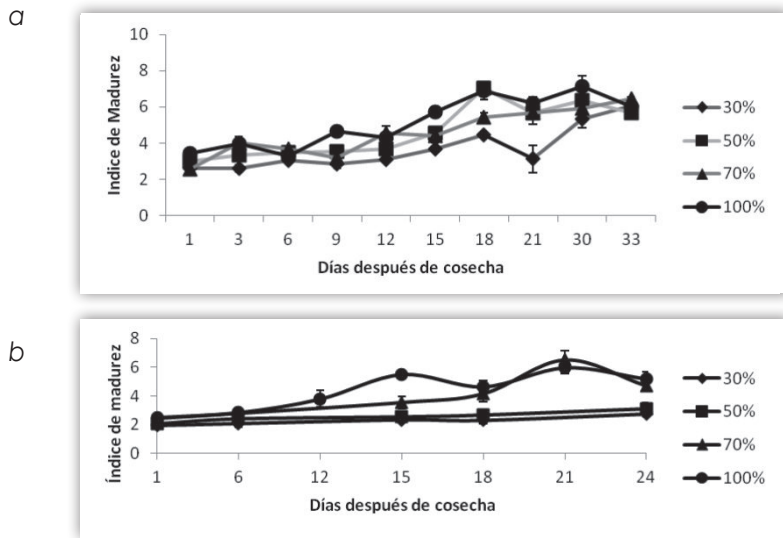


Figura 3.12. Seguimiento poscosecha del índice de madurez (SST/ATT) de frutos de gulupa colectados en diferentes estados de madurez ($n=9$). Granada (a) y Chía (b).

En las tablas de calidad 3.2 y 3.3 se presentan los valores de las variables fisicoquímicas medidas en frutos cosechados en los diferentes estados de madurez y monitoreados durante poscosecha. La Tabla 3.2 corresponde a frutos cosechados en Granada y la Tabla 3.3 en Chía.

A partir de las tablas y las figuras se encontró que en frutos provenientes de Granada, los colectados en 50% de madurez alcanzan propiedades fisicoquímicas deseables; no obstante, al final de la madurez se observan manchas de color verde, que podrían no ser atractivas en el mercado. En Chía los frutos colectados en 70% y 100% de coloración púrpura registraron mayor cantidad de azúcares y menor acidez, y por tanto un mayor índice de madurez. Según los resultados, se encuentran frutos con mayor grado de acidez provenientes de Chía (temperatura diaria promedio de 13 °C, deltas de humedad grandes entre el día y la noche, y PAR durante el día cercana a 700 $\mu\text{moles de fotones/m}^2\text{s}$) y frutos con mayor dulzor provenientes de Granada (temperatura diaria promedio de 18 °C, menores delta de humedad en la noche, y PAR diarias entre 800 y 1.000 $\mu\text{moles fotones/m}^2\text{s}$). Tanto en Granada como en Chía la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez total titulable sería la propiedad química que indicaría la madurez organoléptica. Los resultados adicionalmente sugieren que para la maduración poscosecha el punto óptimo de cosecha es en el estado de 70% de coloración púrpura en la cáscara de los frutos.

Teniendo en cuenta el tiempo de duración del ensayo, se observó que la vida útil de los frutos colectados en Granada es mayor, hecho que beneficia el transpor-

te a largo plazo (en barco, por ejemplo). En contraste con lo observado, para los frutos colectados en Chía que presentan procesos de senescencia más rápidos –lo cual puede estar relacionado con los deltas de humedad durante el día que influirían en la tasa de respiración diaria– se generaría una deshidratación más rápida una vez colectados.

3.3. Propiedades bioquímicas del fruto

En los cinco estados de madurez, en frutos recién cortados, se cuantificaron proteínas totales, ácidos orgánicos (cítrico, ascórbico, málico y oxálico) y azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa).

3.3.1. Proteínas totales

Las proteínas totales en los frutos en los diferentes estados de madurez, fueron mayores en Tena que en Granada y Chía (Figura 3.13), lo cual demuestra el efecto del ambiente sobre la maduración del fruto. En el caso de los frutos provenientes de Tena y Chía, los niveles de proteína disminuyeron a medida que avanzó el proceso de maduración del fruto en planta, en tanto que en los frutos provenientes de la localidad de Granada tendieron a aumentar en los estados tempranos (30% y 50%) pero disminuyeron paulatinamente en los estados tardíos (70% y 100%). En el estado 70% se encontró 1,03 g proteína/100 g pulpa en los frutos provenientes de Tena; 0,72 g proteína/100 g en los de Granada; y 0,2 g proteína/100 g pulpa en los de Chía.

Algunos autores han reportado que existe un período de síntesis y aumento de proteínas y enzimas específicas para el proceso de maduración (Sacher,

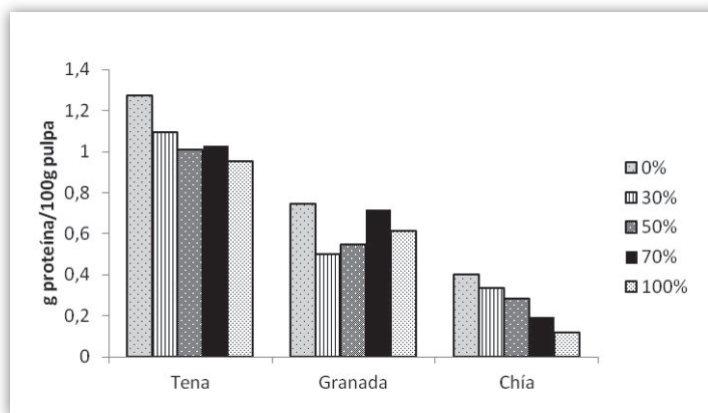


Figura 3.13. Contenido de proteínas totales (g de proteína/100 g pulpa) en pulpa de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) recién cortados y de diferentes estados de madurez, colectados en las localidades de Tena, Granada y Chía.

1973; Ulrich, 1958); a su vez, otros autores han reportado que la síntesis de proteínas disminuye durante la fase final de la maduración e inicio de la senescencia (Frenkel *et al.*, 1968).

3.3.2. Ácidos orgánicos

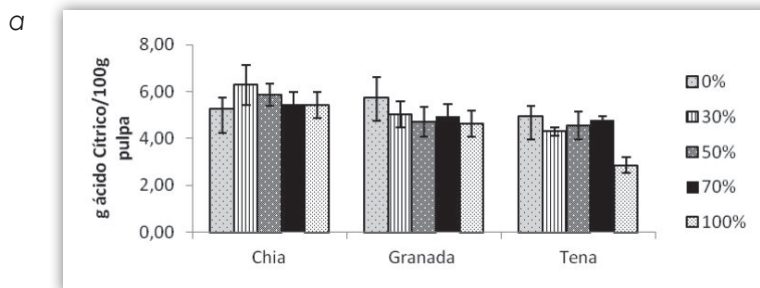
El contenido de los ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico y ascórbico) se muestran en la Figura 3.14 y la Tabla 3.4.

El contenido de ácido cítrico estuvo influenciado por la procedencia de los frutos. En Chía se registró el mayor contenido del ácido, y durante el proceso de maduración la mayor acumulación se observó en el estado de 70% de coloración púrpura. Esto no ocurrió en Tena, donde los valores más altos se encontraron en los estados de 50% y 70%, mientras que en Granada la mayor concentración se dio en frutos al 0% (madurez fisiológica). En general, el contenido de ácido cítrico no varió considerablemente entre estados ni entre localidades; sin embargo, se observó un ligero mayor contenido en Chía, seguido de Granada y Tena.

El ácido málico aumentó conforme avanzó el proceso de maduración; igualmente, en las tres localidades los frutos de los estados 70% y 100% presentaron los mayores contenidos. Se presentó el mayor contenido de ácido málico en los frutos provenientes de Tena.

El contenido de ácido ascórbico, reportado por Sepúlveda *et al.* (1996) como una de las propiedades más apetecidas de la *Passiflora edulis*, fue mayor en Chía, seguido de Tena y Granada. A diferencia de lo encontrado para los otros ácidos, los frutos provenientes de Tena mostraron contenidos muy bajos de ácido oxálico.

Teniendo en cuenta la cantidad de ácidos totales, los valores concuerdan con lo encontrado en el porcentaje de acidez medido en el día uno (pre cosecha); adicionalmente, las diferencias en los contenidos de los respectivos ácidos en las localidades evaluadas indican el efecto de los factores ambientales sobre las plantas.



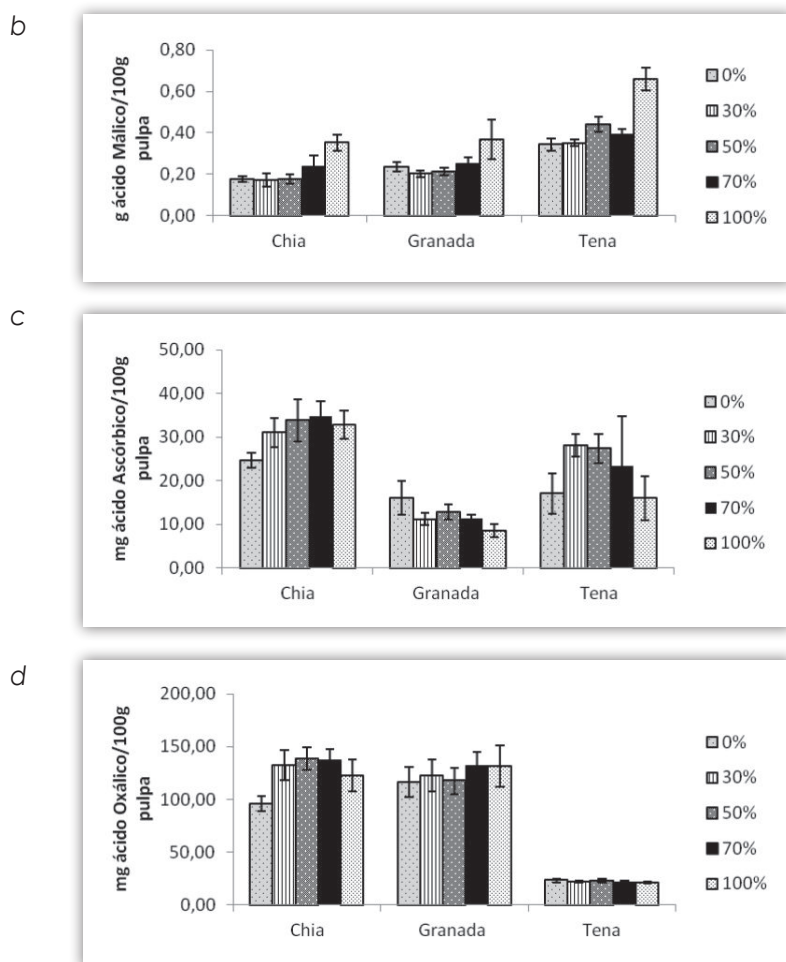


Figura 3.14. Contenidos de ácidos orgánicos en pulpa de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) recién cortados y de diferentes estados de madurez, colectados en las localidades de Tena, Granada y Chía. Ácido cítrico (a), ácido málico (b), ácido ascórbico (c) y ácido oxálico (d).

3.3.3. Azúcares (fructosa, sacarosa y glucosa)

Los contenidos de fructosa y glucosa aumentaron a medida que avanzó el proceso de maduración tanto en frutos provenientes de Tena como de Granada; mientras que el contenido de sacarosa disminuyó a partir del 50% de madurez del fruto para las dos localidades (Figura 3.15, Tabla 3.5).

El comportamiento de los azúcares durante la maduración concuerda con lo esperado, ya que a medida que avanza el proceso de maduración ocurre la hidrólisis de almidón, cuyo producto principal es la glucosa, la cual es acumulada principalmente después del pico climatérico junto con otros azúcares como la fructosa (Wang *et al.*, 2009).

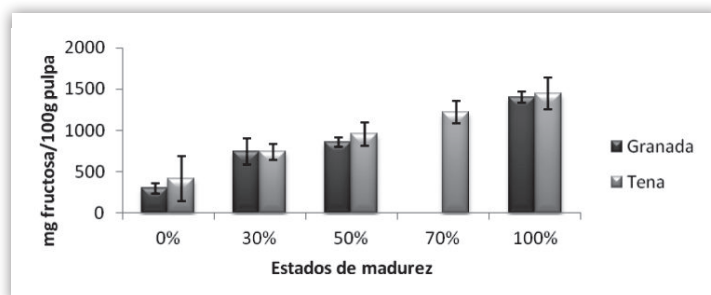
Tabla 3.4. Contenidos de ácido cítrico, ácido málico, ácido oxálico y ácido ascórbico en pulpa de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) recién cortados y de diferentes estados de madurez, colectados en las localidades de Tena, Granada y Chía.

Estado de madurez	ÁCIDO ORGÁNICO											
	Cítrico (g/100 g pulpa)			Málico (g/100 g pulpa)			Oxálico (mg/100 g pulpa)			Ascórbico (mg/100 g pulpa)		
	Granada	Tena	Chía	Granada	Tena	Chía	Granada	Tena	Chía	Granada	Tena	Chía
0%	5,75	4,26	5,24	0,24	0,34	0,18	116,15	23,31	96,04	15,98	17,01	24,64
30%	5,04	4,29	6,28	0,20	0,35	0,17	122,39	21,86	132,57	11,15	28,12	30,97
50%	4,71	4,53	5,86	0,21	0,44	0,18	117,68	22,86	138,83	12,87	27,36	33,79
70%	4,96	4,79	5,48	0,25	0,39	0,24	132,43	21,75	137,44	11,29	23,25	34,70
100%	4,63	2,85	5,44	0,37	0,66	0,35	131,23	20,99	122,88	8,47	15,95	32,81

En cuanto a la sacarosa, se aprecia la relación directa de su contenido con la de los otros dos azúcares a medida que avanza el proceso de maduración, pues mientras la glucosa y la fructosa aumentan la sacarosa disminuye, en especial en la localidad de Tena. Esto se debe a la acción de la enzima invertasa (Shinjiro *et al.*, 1995). En Granada los contenidos de sacarosa son mayores que los registrados en Tena, debido probablemente al efecto específico de algunos factores ambientales como la temperatura (Utsonomiya, 1992) y la traslocación del azúcar desde las hojas (Kays, 1991).

En la Tabla 3.5 se observa que el azúcar mayoritario para las dos localidades en estudio es la sacarosa, especialmente en el estado de 50% coloración púrpura que corresponde a frutos de edad de 97 y 100 DDF, en tanto que para fructosa y glucosa la mayor expresión se observa a partir del 70% de coloración púrpura del fruto.

a



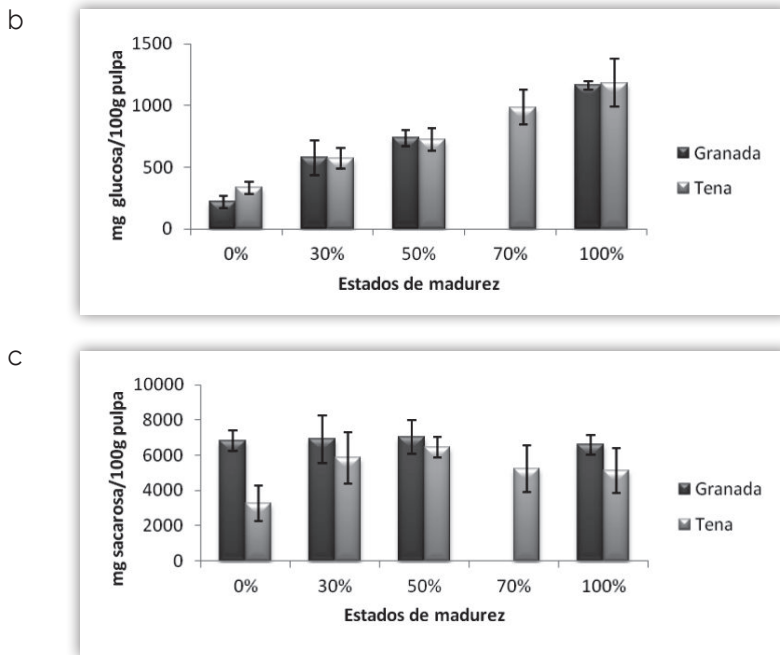


Figura 3.15. Contenido de azúcares en pulpa de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) recién cortados y de diferentes estados de madurez, colectados en las localidades de Granada y Tena. Fructosa (a), glucosa (b) y sacarosa (c).

Tabla 3.5. Contenidos de fructosa, glucosa y sacarosa en pulpa de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) recién cortados y de diferentes estados de madurez, colectados en las localidades de Granada y Tena.

Estados de madurez	Azúcar					
	Fructosa (mg/100 g pulpa)		Glucosa (mg/100 g pulpa)		Sacarosa (mg/100 g pulpa)	
	Granada	Tena	Granada	Tena	Granada	Tena
0%	296,64	416,44	219,48	332,88	6.825,04	3.773,41
30%	745,08	738,42	577,45	570,04	6.907,80	5.854,49
50%	860,94	956,12	737,61	724,40	7.023,68	6.242,35
70%	-	1.216,85	-	986,30	-	5.592,02
100%	1404,66	1.448,35	1.162,59	1.184,70	6.590,58	5.424,02

En las tablas de calidad 3.6 a 3.8 se muestran los datos de las variables medidas en frutos en diferentes estados de madurez y recién cortados de la planta (valores precosecha); en la Tabla 3.6 lo correspondiente a frutos de plantas sembradas en Granada, la Tabla 3.7 de Tena y la Tabla 3.8 de Chía.

Teniendo en cuenta los resultados de las variables medidas a partir de frutos recién cortados, se encuentra que el punto óptimo de cosecha en planta desde el punto de vista del contenido de proteínas se puede realizar desde el estado 70% de coloración púrpura, que corresponde a frutos de edad de 108 a 115 DDF. Desde el punto de vista de ácidos orgánicos, se puede realizar preferiblemente entre el estado 50%-70% de coloración púrpura, que corresponde a frutos de edad de 97 a 108 DDF y desde el punto de vista del contenido de los carbohidratos sacarosa, glucosa y fructosa, en el estado 50%-70% de coloración púrpura.

Sin embargo, es importante recordar que de acuerdo con los resultados presentados en el ítem 3.2 (seguimiento poscosecha a partir de frutos en diferentes estados de maduración) cuando se cosechan frutos en el estado 50% estos al final de la madurez presentan algunas manchas de color verde, que pueden no ser atractivas en el mercado.

Por otro lado, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en otros estudios y en la presente investigación, se observa que hay efecto de las condiciones climáticas en la respuesta de la planta (interacción genotipo-ambiente).

Tabla 3.2. Tabla de calidad de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*)-Granada. Variables medidas en frutos cosechados en los diferentes estados de madurez y monitoreados durante poscosecha (30 días).

ESTADO DE MADUREZ	COLOR			pH	°Brix (SST)	Acidez (%)	Índice de madurez (°Brix/Acidez)
	Descripción	Escala L* C h*					
1		30%-40% púrpura 95-101 DDF*	L = 29,12 ± 0,61 C = 5,52 ± 0,50 h* = 44,01 ± 0,82	3,36±0,06	11,4±0,3	2,13±0,32	5,43±0,13
2		40%-60% púrpura 102-108 DDF*	L = 29,47 ± 0,51 C = 6,35 ± 0,33 h* = 49,82 ± 1,4	3,42±0,06	11,0±0,3	1,74±0,33	6,49±0,19
3		70%-80% púrpura 108-115 DDF*	L = 30,31 ± 0,27 C = 6,03 ± 0,28 h* = 58,71 ± 0,88	3,46±0,06	12,1±0,9	2,06±0,88	5,91±0,12
4		100% púrpura 115-125 DDF*	L = 30,3 ± 1,29 C = 6,25 ± 0,33 h* = 40,11 ± 5,5	3,37±0,09	10,6±0,2	1,49±0,24	7,27±0,14

Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Peso fresco (g)
6,0	5,5	50-53

Estado 2= Punto óptimo de cosecha. DDF= Días después de floración

* Los días después de floración pueden variar debido a factores como localidad, fenómenos climáticos, incidencia y severidad de enfermedades y estrés. Los datos se basan en promedios hallados entre los años 2009 a 2011.

Tabla 3.3. Tabla de calidad de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*)-Chía. Variables medidas en frutos en los diferentes estados de madurez y monitoreados durante poscosecha (23 días).






ESTADO DE MADUREZ	COLOR		pH	°Brix (SST)	Acidez (%)	Índice de madurez (°Brix/Acidez)	
	Descripción	Escala L* C h*					
1		30%-40% púrpura 111-115 DDF*	L = 37,3 ± 0,8 C = 12,1 ± 1,6 h* = 82,9 ± 0,9	2,64±0,02	12,13±0,22	4,47±0,08	2,72±0,09
2		40%-60% púrpura 116-120 DDF*	L = 36,9 ± 1,9 C = 2,80 ± 1,6 h* = 69,8± 8,2	2,80±0,08	12,07±0,18	3,86±0,38	2,81±0,61
3		70%-80% púrpura 121-125 DDF*	L = 33,6 ± 1,2 C = 9,57± 0,9 h* = 59,6± 6,4	3,00±0,03	11,49±0,04	2,45±0,07	4,69±0,14
4		100% púrpura 126-140 DDF*	L = 28,4 ± 0,1 C = 8,45± 1,2 h* = 44,2 ± 4,3	3,10±0,10	11,13±0,24	2,16±0,14	5,19±0,27

Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Peso fresco (g)
52,8	4,8	41-46

Estado 3= Punto óptimo de cosecha. DDF= Días después de floración

* Los días después de floración pueden variar debido a factores como localidad, fenómenos climáticos, incidencia y severidad de enfermedades y estrés. Los datos se basan en promedios hallados entre los años 2009 a 2011.

Tabla 3.6. Tabla de calidad de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*)-Granada. Variables medidas en frutos recién cortados de la planta.

ESTADO DE MADUREZ	COLOR		pH	°Brix (SST)	Acidez (%)	Índice de madurez (°Brix/Acidez)
	Descripción	Escala L *C h*				
1 	100% verde 90-95 DDF*	L = 54,27 ± 1,24 C = 28,93 ± 1,68 h* = 110,46 ± 1,53	2,74 ± 0,02	12,7 ± 0,3	3,86 ± 2,19	3,28 ± 0,4
2 	30%-40% púrpura 95-101 DDF*	L = 46,71 ± 2,21 C = 23,13 ± 2,21 h* = 103,21 ± 1,53	2,49 ± 0,01	12,1 ± 0,4	4,60 ± 1,24	2,62 ± 0,5
3 	40%-60% púrpura 102-108 DDF*	L = 38,48 ± 2,10 C = 11,98 ± 1,89 h* = 77,35 ± 6,74	2,49 ± 0,03	12,5 ± 0,3	4,16 ± 0,76	3,00 ± 0,5
4 	70%-80% púrpura 108-115 DDF*	L = 34,81 ± 0,62 C = 6,90 ± 1,08 h* = 70,94 ± 6,58	2,51 ± 0,01	12,6 ± 0,3	4,94 ± 1,30	2,55 ± 0,5
5 	100% púrpura 115-125 DDF*	L = 30,76 ± 1,00 C = 4,08 ± 0,70 h* = 61,00 ± 5,35	2,54 ± 0,02	12,6 ± 1,0	3,64 ± 1,70	3,45 ± 0,5

Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Peso fresco (g)
6,0	5,5	50-53

Estado 4= Punto óptimo de cosecha. DDF= Días después de floración

* Los días después de floración pueden variar debido a factores como localidad, fenómenos climáticos, incidencia y severidad de enfermedades y estrés. Los datos se basan en promedios hallados entre los años 2009 a 2011.

Tabla 3.7. Tabla de calidad de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims)-Tena. Variables medidas en frutos recién cortados de la planta.





ESTADO DE MADUREZ	Descripción	COLOR Escala I* C* h*	pH	°Brix (SST)	Acidez (%)	Índice de madurez (°Brix/Acidez)
1	100% verde 90-95 DDF*	L = 52,24 ± 0,72 C = 27,41 ± 0,82 h* = 88,92 ± 0,30	2,66±0,04	11,4±0,6	6,75±2,19	1,8±0,2
2	30%-40% púrpura 95-101 DDF*	L = 44,31 ± 1,23 C = 12,84 ± 4,94 h* = 71,48 ± 4,60	2,63±0,03	14,5±0,8	5,35±,14	2,8±0,3
3	40%-60% púrpura 102-108 DDF*	L = 41,06 ± 2,10 C = 11,71 ± 2,03 h* = 56,42 ± 7,60	2,59±0,01	14,5±0,6	5,34±0,41	2,7±0,2
4	70%-80% púrpura 108-115 DDF*	L = 37,66 ± 2,26 C = 9,72 ± 2,19 h* = 46,22 ± 4,81	2,58±0,01	15,5±0,2	5,39 ±0,72	3,00 ±0,4
5	100% púrpura 115-125 DDF*	L = 32,58 ± 0,45 C = 4,58 ± 0,46 h* = 39,35 ± 1,78	2,64±0,04	15,8±0,1	5,73±0,97	2,97±0,5

Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Peso fresco (g)
6,0	5,5	52-56

Estado 4= Punto óptimo de cosecha. DDF= Días después de floración

* Los días después de floración pueden variar debido a factores como localidad, fenómenos climáticos, incidencia y severidad de enfermedades y estrés. Los datos se basan en promedios hallados entre los años 2009 a 2011.

Tabla 3.8. Tabla de calidad de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*)-Chía. Variables medidas en frutos recién cortados de la planta.

ESTADO DE MADUREZ	COLOR		pH	°Brix (SST)	Acidez (%)	Índice de madurez (°Brix/Acidez)	
	Descripción	Escala L* C h*					
1		30%-40% púrpura 111-115 DDF*	L = 48,2 ± 1,8 C = 23,7 ± 3,1 h* = 96,3 ± 1,5	2,54±0,03	11,37±0,4	5,84±0,08	1,95±0,07
2		40%-60% púrpura 116-120 DDF*	L = 46,3 ± 1,3 C = 19,7 ± 1,6 h* = 88,6±4,3	2,55±0,03	11,89±0,9	5,76±0,06	2,07±0,02
3		70%-80% púrpura 121-125 DDF*	L = 39,6 ± 0,4 C = 12,7± 0,6 h* = 67,7±9,3	2,52±0,02	13,5±0,2	5,60±0,07	2,41±0,05
4		100% púrpura 126-140 DDF*	L = 34,8 ± 1,9 C = 9,3± 0,6 h* = 46,4 ± 4,6	2,46±0,01	13,8±0,1	5,47±0,03	2,52±0,3

Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Peso fresco (g)
52,8	4,8	41-46

Estado 3= Punto óptimo de cosecha. DDF= Días después de floración

* Los días después de floración pueden variar debido a factores como localidad, fenómenos climáticos, incidencia y severidad de enfermedades y estrés. Los datos se basan en promedios hallados entre los años 2009 a 2011.

LITERATURA CITADA

- Aular, J.; Rodríguez, Y.; Roa, S.; Iade, P.; Antolínez, M. (2004). *Características del fruto de cuatro pasifloras de la zona andina venezolana*. Bioagro. 16(2): 137-142.
- Aular, J.; Rodríguez, Y. (1994). *Características de la fructificación, la fruta y la pulpa de parchita (Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa Degener)*. Tarabana, estado Lara. Bioagro. 6: 24-28.
- Azcón-Bieto, J.; Talón, M. (2001). *Fundamentos de Fisiología vegetal*. McGraw-Hill. Barcelona. pp. 430-433.
- Barrera, K.; Hernández, M. S.; Melgarejo, L. M.; Martínez, O.; Fernández-Trujillo, J. P. (2008). *Physiological behavior and quality traits during fruit growth and ripening of four Amazonian hot pepper accessions*. Journal of the Science of Food and Agriculture. 88: 847-857.
- Bradford, M. M. (1976). *A rapid and sensitive method for the quantitation of micrograms quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding*. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.
- Cara, B.; Giovannoni, J. J. (2008). *Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation*. Plant Science. 175: 106-113.
- Chinnici, F.; Sinabelli, U.; Riponi, C.; Amati, A. (2005). *Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography*. Journal of Food Composition Analysis. 18: 121-130.
- Coletto, J. (1994). *Crecimiento y desarrollo de las especies frutales*. Madrid, España: 2da. edición. Ediciones Mundi-Prensa. 167 pp.
- Díaz, R. O.; Moreno, L.; Pinilla, R.; Melgarejo, L. M.; Martínez, O.; Hernández, S.; Fernández-Trujillo, J. P. (2011). *Postharvest behavior of purple passion fruit in Xtend® bags during low temperature storage*. Aceptado en prensa. Acta Horticulturae.
- Frenkel, C.; Kellin, I.; Dilley, D. R. (1968). *Protein synthesis in relation to ripening of pome fruits*. Plant Physiology 43, 1146-1153.
- Giovannoni, J. J. (2001). *Molecular biology of fruit maturation and ripening*. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 52: 725-749.
- Giovannoni, J. J. (2004). *Genetic regulation of fruit development and ripening*. Plant Cell. 16: 170-180.
- Giovannoni, J. J. (2007). *Fruit ripening mutants yield insights into ripening control*. Current Opinion in Plant Biology. 10: 283-289.
- Grierson, D.; Kader, A. A. (1986). *Fruit ripening and quality*. pp 241-275. En: The tomato crop. Chapman, Hall, London. 557 pp.
- Guerrero-López, E.; Hoyos-Carvajal, L. (2011). *Buenas prácticas agrícolas (BPA) con énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades de gulupa (Passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola.
- Hernández, M. S.; Barrera, J.; Melgarejo, L. M. (2010). *Fisiología poscosecha*. pp.167-186. En: Melgarejo, L. M. (eds). Experimentos en fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 277 pp.
- Hernández, M. S.; Martínez, O.; Fernández-Trujillo, J. P. (2007). *Behavior of arazá fruit quality traits during growth, development and ripening*. Scientia Horticulturae. 111: 220-227.
- Jiménez, A. M.; Sierra, C. A.; Rodríguez-Pulido, F. J.; González-Miret, M. L.; Heredia, F. J.; Osorio, C. (2011). *Physicochemical characterisation of gulupa (Passiflora edulis Sims. f. edulis) fruit from Colombia during the ripening*. Food Research International. 44: 1912-1918.
- Kader, A. A. (1994). *Postharvest technology of horticultural crops*. Oakland: University of California. 296 pp.
- Kays, S. J.; Paull, R. (2004). *Postharvest biology*. Exon Press, Athens. Georgia, EE. UU. 568 pp.

- Kays, S. J. (1991). *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. AVI, New York, NY, 532 pp.
- Lelièvre, J. M.; Latchè, A.; Jones, B.; Bouzayen, M.; Pech, J. C. (1997). *Ethylene and fruit ripening*. *Physiologia Plantarum*. 101: 727-739.
- Matas, A. J.; Gapper, N. E.; Chung, M. Y.; Giovannoni, J. J.; Rose, K. C. (2009). *Biology and genetic engineering of fruit maturation for enhanced quality and shelf-life*. *Current Opinion in Plant Biology*. 20: 197-203.
- Menéndez-Aguirre, O.; Lozano, S. E.; Arenas-Ocampo, M.; Bermúdez Torres, K.; Del Villar-Martínez, A.; Jiménez-Aparicio, A. (2006). *Cambios en la actividad de α -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* degener)*. *Interciencia*. 31(10): 728-733.
- Motta, I. S.; Detoni, A.; Sena, J. O. A.; Clemente, E.; Caldas, V. R.; Schaffrath, V. R. (2007). *Cinco cultivares de maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) em sistema de producao agroecológico e convencional-características químicas da polpa dos frutos*. *Revista Brasileira Agroecologia*. 2(1): 1033-1438.
- Orjuela-Baquero, N. M.; Campos, S. M.; Sánchez, J.; Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S. (2011a). *Manual de manejo poscosecha de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims)*. Capítulo 1, pp. 7-22. En: Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S. (Eds). *Poscosecha de la gulupa *Passiflora edulis* Sims*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 58 pp.
- Orjuela-Baquero, N. M.; Moreno-Chacón, L.; Hernández, M. S.; Melgarejo, L. M. (2011b). *Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) bajo condiciones de almacenamiento*. Capítulo 3, pp. 33-44. En: Melgarejo, L. M.; Hernández, M. S. (Eds). *Poscosecha de la gulupa *Passiflora edulis* Sims*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 58 pp.
- Osterloh, A.; Ebert, G.; Held, W. H.; Schulz, H.; Urban, E. (1996). *Lagerung von Obst und Südfrüchten*. Verlag Ulmer, Stuttgart. 253 pp.
- Pinzón, I.; Fischer, G.; Corredor, G. (2007). *Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.)*. *Agronomía Colombiana* 25: 83-95.
- Pruthi, J. S. (1963). *Physiology, chemistry and technology of passion fruit*. *Advance Food Research*. 12: 203-282.
- Sacher, J. A. (1973). *Senescence and posharvest physiology*. *Annual Review of Plant Physiology*. 24: 197-224.
- Saenz, C.; Sepúlveda, E.; Navarrete, A.; Rustom, A. (1998). *Influencia de la época de cosecha sobre las características de la granadilla morada (*Passiflora edulis* Sims) y su jugo*. *Food Science and Technology International*. 4: 45-51.
- Saltveit, M. E. (1999). *Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables*. *Postharvest Biology and Technology*. 15: 279-292.
- Sepúlveda, E.; Sáenz, C.; Navarrete, A.; Rustom, A. (1996). *Parámetros de color del jugo de granadilla (*Passiflora edulis* Sims): influencia de la época de cosecha de la fruta*. *Food Science and Technology International*. 2: 29-33.
- Shinjiro, S.; Yasutaka, K.; Wamocho, L.; Koaze, H.; Nakamura, R.; Inaba, A. (1995). *Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit*. *Postharvest Biology and Technology*. 8: 199-206.
- Shiomi, S.; Kubo, Y.; Wamocho, L. S.; Koaze, H.; Nakamura, R.; Inaba, A. (1996b). *Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit*. *Postharvest Biology and Technology*. 8: 199-207.
- Shiomi, S.; Wamochol, S.; Agong, S. G. (1996). *Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine*. *Postharvest Biology and Technology*. 7: 161-170.
- Sistrunk, W. A.; Cash, J. N. (1974). *Processing factors affecting quality and storage stability of Concord grape juice*. *Journal of Food Science*. 39: 1120-1123.
- Syaifullah, Lizada Mcc. (1985). *Production of ethylene, carbon dioxide and 1-aminocyclopropane-l-carboxylic acid during ripening of avocado, passion fruit, plantain and sapota*. *Indones. Journal Crop Science*. 1(2): 105-112.
- Ulrich, R. (1958). *Postharvest physiology of fruits*. *Annual Review Plant Physiology*. 9: 385-416.
- Utsunomiya, N. (1992). *Fruit set and fruit growth of purple passion fruit affected by temperature*. *Acta Horticulturae*. 321: 641-647.

- Wang, S. Y.; Chen, C. T.; Wnag, C. Y. (2009). *The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries*. Food Chemistry. 112: 676-684.
- White, P. J. (2002). *Recent advances in fruit development and ripening: an overview*. Journal of Experimental Botany. 53: 1995-2000.
- Wills, R.; Mcglasson, B.; Graham, D.; Joyce, D. (1998). *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. Nueva York: CAB International. 262 pp.
- Zor, T.; Selinger, Z. (1996). *Linearization of the Bradford protein assay increases its sensitivity. Theoretical and experimental studies*. Analytical Biochemistry. 236: 302-308.