

Efecto del 1-metilciclopropeno en la inhibición del etileno durante la maduración de babaco (*Vasconcellea x heilbornii* var. *Pentagona*)

Effect of 1-methylcyclopropene on the inhibition of ethylene during the ripening of babaco (*Vasconcellea x heilbornii* var. *Pentagona*)

Andrea Aldáz¹, Nicola Mastrocola¹, Juan Pazmiño¹, Juan León¹, Valdano Tafur¹

✉ : namastrocola@uce.edu.ec

*1 Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Jerónimo Leiton y Av. La Gasca s/n. Ciudadela Universitaria.
170521 Quito, Ecuador*

Resumen

Este artículo analiza el efecto del 1-Metilciclopropeno en la inhibición de etileno en el fruto de babaco (*Vasconcellea x heilbornii* var. *Pentagona*) en tres estados de madurez del fruto y tres tiempos de exposición. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro repeticiones. Las variables bajo estudio fueron: la pérdida de peso, la firmeza, la concentración total de sólidos solubles y el porcentaje de acidez titulable. La menor pérdida de peso se registró para frutos cosechados de forma temprana (color “Verde”) y expuestos al 1-Metilciclopropeno por un período corto (7 días). En el caso de la variable firmeza de fruto, los mejores resultados se obtuvieron al cosechar los frutos cuando estos se cosechan en estado “Verde”. La concentración de sólidos solubles fue mayor para los frutos cosechados en estado “Verde-Amarillo” y “Amarillo”, mientras que los valores de porcentaje de acidez titulable se incrementan con la madurez del fruto. El tiempo de inmersión no tuvo efectos significativos para las variables firmeza de fruto, concentración de sólidos solubles y porcentaje acidez titulable.

Palabras clave: 1-Metilciclopropeno, babaco, estado de madurez, firmeza en fruto, pérdida de peso en fruto.

Abstract

This article analyzes the effect of 1-Methylcyclopropene on the inhibition of ethylene in babaco fruit (*Vasconcellea x heilbornii* var. *Pentagona*), with three ripe stages and three exposition times. A Complete Random Design with four repetitions was used. The variables under study were: loss of weight, fruit firmness, total concentration of soluble solids and percentage of titrated acidity. The lowest loss of weight was obtained for fruits harvested earlier (“Green”) and exposed to 1-Methylcyclopropene for a short period of time (7 days). In the case of fruit firmness, the best results were obtained when fruits were harvested “Green”. The total concentration of soluble solids was higher for fruits harvested in stages “Green-Yellow” and “Yellow”, while the values of titrated acidity increased with the fruit ripeness. The time of exposure to 1-Methylcyclopropene had no significant effect on fruit firmness, total concentration of soluble solids and percentage of titrated acidity.

Keywords: 1-Methylcyclopropene, babaco, ripeness stage, firmness of fruit, fruit loss of weight.

1. Introducción

El Ecuador, debido su ubicación geográfica, su diversidad de climas y regiones naturales, posee una gran diversidad de recursos fitogenéticos, siendo particularmente importante la gran diversidad de frutas andinas, las cuales representan una buena alternativa para la Agricultura Familiar (INIAP 2008). El babaco es una fruta que se cultiva en el país desde antes de la conquista española, con importantes zonas de producción comercial en la provincia de Tungurahua -especialmente en los cantones Patate y Baños- y en los valles cálidos de las provincias de Loja, Pichincha, Imbabura y Carchi. A partir del año 2000, esta fruta ha creado grandes expectativas entre agricultores y empresarios debido a la creciente demanda interna y externa lo que ha incrementado la rentabilidad (Gómez & García 2006). Este frutal posee un alto rendimiento en pequeñas superficies (40–60 T/ha/año), lo que unido a su alta cotización en mercados nacionales e internacionales lo convierten en una alternativa viable de ingresos para muchas familias ecuatorianas (Soria, et al. 1998).

Una de las principales limitantes para la expansión en la producción de babaco es la poscosecha, ya que el anhídrido carbónico, el etileno, y otros gases propios de la combustión, provocan problemas de maduración acelerada y no uniforme, fermentaciones y decoloraciones si sus concentraciones superan los niveles de tolerancia (López, 2003). Quiroga (2008) se refiere al etileno como un compuesto insaturado, que, en condiciones fisiológicas de temperatura y presión, es un gas incoloro, de aroma similar al del éter etílico, más liviano que el aire, sumamente inflamable y volátil. El etileno se produce durante la biosíntesis en casi todos los órganos de las plantas superiores, sin embargo, la producción también se incrementa durante la abscisión foliar, senescencia de las flores y maduración de frutos (Gómez & García, 2006).

En la actualidad existen agentes muy efectivos para contrarrestar los efectos del etileno durante la poscosecha de frutas. Uno de estos compuestos, el 1-Metilciclopropeno (1-MCP) ha demostrado ser particularmente efectivo en inhibir la acción del etileno y controlar la maduración y la senescencia, lo que permite conservar la fruta por más tiempo, principalmente en localidades donde no es fácil conservar frutas en atmósfera controlada. El tratamiento con 1-MCP puede retrasar la maduración y prolongar la vida útil de las frutas no solo por la inhibición de la biosíntesis de etileno, sino también debido a

que estimula los sistemas antioxidantes de la fruta.

Para este trabajo de investigación se evaluó los efectos del 1-MCP en la maduración de frutos de babaco. Específicamente, se buscó determinar el tiempo de vida útil del fruto luego de la aplicación del receptor de etileno 1-MCP, establecer el estado de madurez óptimo para la aplicación del receptor de etileno 1-MCP y determinar la reducción de pérdidas en poscosecha con la aplicación del inhibidor.

2. Materiales y métodos

El trabajo de campo tuvo lugar en el Campo Académico Docente Experimental la Tola (CADET), de la Facultad de Ciencias Agrícolas de Universidad Central del Ecuador. El CADET se encuentra ubicado a una altitud de 2465 m.s.n.m., registra una temperatura promedio 16.3°C y una humedad relativa promedio de 71.75%. El sitio específico del experimento fue el área de poscosecha. Los frutos se dispusieron en dos tanques recubiertos de cerámicas de color blanco con dimensiones de 2.5 m de largo x 1.25 m de ancho x 0.5 m de profundidad.

El primer factor de estudio fue el estado de madurez, el mismo que se evaluó en base a la tabla de color elaborada por el proyecto PROMSA AQ-CV-010 “Proyecto Utilización Integral de babaco” de la Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología. El segundo factor fue el tiempo de exposición a tres diferentes tiempos de exposición (7, 14 y 21 días, respectivamente), en los cuales se efectuó la aplicación de 1-MCP en frutos climatéricos. Las variables dependientes en estudio fueron: el porcentaje de pérdida de peso, la firmeza de fruto, la concentración de sólidos (grados Brix), el porcentaje de acidez titulable y la interacción estado de madurez vs tiempo de exposición. Para esta investigación se empleó un total de 12 tratamientos y cuatro observaciones con un total de 48 unidades experimentales. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo factorial A x B. Para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos se empleó pruebas de Scheffé al 5 % para tratamientos.

3. Resultados y discusión

A continuación, se reportan los resultados del estudio de las variables: porcentaje de pérdida de peso, firmeza de fruto, concentración de sólidos (grados Brix), porcentaje de acidez titulable, cada

una de estas variables presentaron normalidad, homogeneidad, independencia y aditividad, supuestos imprescindibles para la realización de análisis de la varianza (ADEVA).

3.1. Porcentaje de pérdida de peso

La Tabla 1 muestra el análisis de varianza para la variable porcentaje de pérdida de peso de fruto. Los resultados reflejan que existe significación estadística al 95% de probabilidad para el índice de madurez, tiempo de exposición, interacción índice de madurez-tiempo de exposición, factorial vs adicional y comparación entre testigos, con un promedio de pérdida de peso de 4.64% y un coeficiente de variación de 0.26%. Una posible explicación para este hallazgo es que una vez cosechado el fruto, este presenta una tendencia a perder agua, lo cual ocurre cuando la presión de vapor de agua del medio externo es menor a la del fruto internamente. El agua, generada por un gradiente entre la atmósfera y el fruto, se mueve a través de una serie de aberturas (estomas, lenticelas), fenómeno conocido como transpiración (Riaño, 1996), citado por (Alvarado P, Berdugo C, Fischer G., 2004). Esta pérdida es irreparable y los frutos tienen que recurrir al contenido poseído en el momento de la transpiración (Landwehr y Torres, 1995). Por esta razón dicha pérdida de agua trae como consecuencia una dismi-

nución de peso a lo largo del tiempo y la pérdida de la calidad del mismo.

Las pruebas de Scheffé al 5% (Tabla 2) reflejan que existen dos rangos de significación, lo cual refleja que la pérdida de peso es menor para frutos cosechados en estado "Verde" (2.90%) que para frutos cosechados en estado "Verde-Amarillo" y "Amarillo" (promedios de 5.38 y 5.66%, respectivamente). Pantástico (1975) reporta que las pérdidas de peso superiores a 5% causan deterioro en la calidad del producto y reducción en el precio, lo que provoca pérdidas a productor. Las pérdidas de peso se atribuyen a procesos oxidativos provocados por transpiración y oxidación. En términos prácticos, estos hallazgos reflejan que el estado óptimo de cosecha de babaco es el estado "Verde".

Para el caso del tiempo de exposición, la Tabla 1 muestra que, para la variable % de pérdida de peso, se reportan tres rangos de significación, lo que evidencia que existe una mayor pérdida de peso a mayor tiempo de exposición, con una pérdida de peso de 5.8% en promedio a los 21 días de exposición, y una menor pérdida de peso (4.18%) a los 7 días de exposición. Estos resultados indican claramente que mientras mayor es el tiempo de almacenamiento en poscosecha existe mayor pérdida de peso en condiciones de temperatura ambiente 15°C y humedad relativa baja 70%, por lo que la fruta se debe comercializar antes del día siete.

Tabla 1. ANOVA del efecto de 1-metilciclopropeno en la inhibición del etileno babaco para las variables % de pérdida de peso, firmeza en frutos, sólidos totales y % de acidez titulable.

Fuente de Variación	Cuadrados Medios			
	% pérdida de peso	Firmeza en fruto	Sólidos totales	% ac. titulable
Total	0.29	0.65	0.41	1.65
Índice de madurez	0.98*	1.60*	2.27*	11.33*
Tiempo de exposición	1.71	0.25 ^{ns}	0.13 ^{ns}	1.13 ^{ns}
Maduración*Exposición	0.20*	0.12 ^{ns}	0.07 ^{ns}	1.35 ^{ns}
Factorial vs Adicional	0.09*	4.40 ^{ns}	1.74*	1.90 ^{ns}
T ₁ vs T ₂ vs T ₃	2.64*	0.29 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.31 ^{ns}
Repetición	0.10 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.84 ^{ns}
Error	0.00	0.13	0.17	0.78
Promedio	4.64	2.65	6.65	5.18
CV%	0.26	13.62	6.35	17.05

3.2. Firmeza de fruto

Los resultados para la variable firmeza de fruto se presentan en la Tabla 1. Se puede constatar que existe significación estadística del 5%, únicamente para el índice de madurez, con un promedio de 2.65 con un coeficiente de variación de 13.62%. Esto refleja que la degradación de carbohidratos poliméricos, especialmente de la pectina y celulosa, debilita las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen a las células unidas a las otras, siendo estas las causas que provocan el ablandamiento (Gallo, 1996). En las primeras etapas de maduración del fruto su textura y consistencia son óptimas, pero durante la maduración la propectina (sustancia adherente de las células, va degradándose junto con las sustancias pécticas, lo cual altera la textura y la consistencia del fruto (Osterloh et al., 1996).

Las comparaciones de medias para esta variable aparecen en la Tabla 2. Se observa que existe dos grados de significancia, con un promedio de 3.09 en el estado número uno, perteneciente a coloración de fruto verde; mientras que para el estado número tres (Verde-Amarillo) se registró un promedio de 2.35.

3.3. Concentración de sólidos (grados Brix)

La Tabla 1 muestra el análisis de varianza para la variable concentración de sólidos solubles. Se observa que existe significación estadística al 95% de probabilidad para la variable explicativa índice de madurez y para la relación factorial vs adicional con un promedio general de 6.65 grados brix y un coeficiente de variación de 6.35%. Estos hallazgos reflejan que a medida que aumenta el estado de maduración del fruto, la concentración de sólidos solubles también se incrementa, debido a que la madurez incrementa el contenido de azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en la pulpa (Camacho, 2002). Es así como los mayores contenidos de sólidos solubles totales están presentes en los frutos maduros y sobremaduros. Lo anterior evidencia una alta actividad metabólica dando paso a una acelerada degradación de los tejidos y a un aumento notable de la acidez. Cabe recalcar que la cantidad de azúcares en el fruto depende principalmente de la variedad, del ren-

dimiento asimilatorio de las hojas, de la relación hoja/fruto, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto, del estado de desarrollo y de la madurez (Osterloh et al., 1996).

Las comparaciones de medias presentadas en la Tabla 2 muestran que existen dos rangos de significación, con un promedio de 6.05 para el estado uno (“Verde”); mientras que el estado cinco (“Amarillo”) existe un promedio de 7.05. El incremento de los azúcares se debe a la hidrólisis de los polisacáridos (Acosta et al., 2001). La reducción en el tiempo de exposición uno (siete días), se debe a que los frutos entraron en maduración fisiológica. Los frutos de babaco adquirieron madurez de consumo entre los siete y catorce días de exposición al producto.

3.4. Porcentaje de acidez titulable

El análisis de varianza para la variable porcentaje de acidez titulable (Tabla 1) muestra que existe diferencias significativas para el factor índice de madurez, con un promedio general de 5.18 y un coeficiente de variación del 17.05%. En términos generales, la acidez decrece al avanzar el proceso de maduración y los ácidos orgánicos son sustratos utilizados durante la respiración, por lo que la maduración supone un descenso en la acidez (Alvarado P, Berdugo C, Fischer G., 2004).

La comparación de medias (Tabla 2) muestra que existen dos rangos. El primero para el índice de madurez uno (“Verde”) con un promedio de 4.25, mientras que el segundo incluye a los índices tres (“Verde-Amarillo”) y cinco (“Amarillo”) con promedios de 5.46 y 5.85%, respectivamente. Estos resultados evidencian que existe menor concentración de acidez titulable en relación al avance del estado de madurez del fruto, debido a que existe un menor decrecimiento de la misma conforme avanzan la maduración y la senescencia.

Tabla 2. Pruebas de Scheffé al 5% para % de pérdida de peso, firmeza de frutos, grados brix y acidez titulable.

Fuente de Variación	% pérdida de peso	Firmeza en fruto	Sólidos totales	% ac. titulable
Índice de Madurez				
Estado 1 (Verde)	2.90 a	3.09 a	6.05 a	4.25 a
Estado 3 (Verde-Amarillo)	5.38 b	2.35 b	6.85 b	5.46 b
Estado 5 (Amarillo)	5.66 b	2.51 b	7.05 b	5.85 b
Tiempo de Exposición				
7 días 1-MCP	4.18 a	2.75 a	6.36 a	5.06 a
14 días 1-MCP	4.66 b	2.68 a	6.68 a	5.58 a
21 días de 1-MCP	5.08 c	2.52 a	6.90 a	4.90 a

Nota: Valores seguidos de la misma letra no difieren estadísticamente.

4. Conclusiones

Este estudio ha analizado el efecto del estado de madurez de cosecha y el tiempo de exposición al 1-MCP en el porcentaje de pérdida de peso, la pérdida de peso, la firmeza, la concentración total de sólidos solubles y el porcentaje de acidez titulable. Los resultados reflejan que la pérdida de peso es menor cuando los frutos son cosechados en estado “Verde” y expuestos al 1-MCP por un período de 7 días. No se registró un efecto sig-

nificativo del tiempo de exposición al 1-MCP en el resto de variables dependientes bajo estudio. Si bien es cierto, este estudio sugiere que no existe un efecto significativo del 1-MCP en las variables químicas, es preciso señalar que el presente estudio se realizó en un espacio sin condiciones controladas, lo que pudo haber afectado los efectos del 1-MCP. En este sentido, una posible extensión de este estudio es analizar los efectos de del 1-MCP en condiciones de temperatura controlada y en aumentar las concentraciones de 1. MCP.

Referencias

- Acosta, et al. (2001). Calidad y tolerancia en frutos de papaya (*Carica Papaya*) a la inoculación del hongo *Colletotrichum Gloeosporioides* en Postcosecha. *Chapingo*, 7(1), 119-130.
- Alvarado, P., Berdugo, C., & Fischer, G. (2004). Efecto de un tratamiento de frío (a 1.5° C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis Peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agro-nomía Colombiana*, 22(2), 147-159.
- INIAP. (2008). Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación en Ecuador, informe nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Gómez, A., & García, P. (2006). Fitohormonas, metabolismo y modo de acción. Valencia: Universidad Jaume.
- López, A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas. Argentina: Fiat pants.
- Quiroga, E. (2008). El etileno. República de Argentina: Universidad Nacional del Norte.
- Soria, N., & Viteri, P. (1999). Guía para el cultivo del babaco en el Ecuador. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.