

**Efecto del ácido 2-Cloroetil fosfónico ("etefón")
sobre la composición química en frutos de
cambur manzano (*Musa sp* (L.), AAB) 'Silk'.**

Effect of the 2-Chloroethyl phosphonic acid (etephon)
on the chemistry composition in fruit banana
(*Musa sp* (L.), AAB)'Silk'.

Adriana Sánchez¹
J.J. Pérez²
Zenaida Vilcrista¹
Ana Mora²
Gerardo Gutiérrez²

Resumen

En un experimento de laboratorio se estudió el efecto del ácido 2-Cloroetil fosfónico ("etefón") sobre la composición química en frutos de cambur manzano (*Musa sp* (L.), AAB) 'Silk', se aplicaron cuatro tratamientos (0, 1000, 3000 y 5000 ppm). Se evaluó el efecto de estos tratamientos sobre la acidez titulable, contenido de sacarosa, pH, contenido de sólidos solubles totales e índice de madurez. Utilizándose un diseño estadístico completamente al azar con un arreglo de tratamiento en parcelas divididas. El etefón incrementó la acidez titulable; la formación de sacarosa fue afectada significativamente ($P < .001$) por los tratamientos, observándose que éste acelera la formación de sacarosa. El etefón incrementó el contenido de sólidos solubles totales, mientras que la relación °Brix/Acidez (índice de madurez) se incrementó con la dosis de etefón. El pH no fue afectado significativamente por el etefón.

Palabras claves: Cambur manzano, ácido 2-Cloroetil fosfónico, composición química.

Abstract

The effect of the 2-chloroethyl phosphonic acid ("etephon") on the chemistry composition in fruit banana (*Musa sp* (L.), AAB) 'Silk', was studied in laboratory experiment. Four treatments (0, 1000, 3000 and 5000 ppm) were

Recibido: 10-07-94 • Aceptado: 02-05-95

1. Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía de LUZ. Apartado Postal 15205, Maracaibo 4005. Venezuela.

2. Facultad de Agronomía de LUZ.

applied. The effect of these treatments on many analytical parameters (acidity titulable, pH, sucrose and total soluble solid contents and ripeness index) was evaluated. The results obtained revealed that the "etephon" treatments increased the acidity and the total soluble solids. The sucrose formation was accelerated while the pH was not affected significantly. On the other hand the relationship °Brix/acidity was increased according to the dose of "etephon".

Key words: Banana fruit, 2-Chloroethyl phosphonic acid, chemistry composition.

Introducción

El cambur (*Musa AAB*) tiene su mayor producción en la región central del país, no obstante en la zona sureste de la Cuenca del Lago de Maracaibo se ha incrementado la siembra de este rubro, alcanzando unas 4.000 ha sembradas en la actualidad. Los cambures tienen muchos usos, tanto en la alimentación humana como en la animal; en su industrialización se observa una gran diversidad de productos manufacturados: compotas, jugos, golosinas, etc. (14). Se hace imprescindible superar los riesgos que implican la comercialización de productos altamente perecederos como es el caso de los cambures. Para ello se requiere desarrollar una tecnología de producción que permita mejorar la calidad, empaque, transporte y venta de esta fruta. Dentro del manejo postcosecha de los cambures el control de

la maduración es de gran importancia, empleándose para ello diversos gases impulsores de la maduración (2), los cuales activan la respiración de las frutas y consecuentemente la clorofila es destruida por la acción enzimática tornándose cada vez más acentuado el caroteno (3). Como gases activadores de la maduración se han utilizado el etefór. (10, 15), acetileno y azetil entre otros, todos ellos activan y provocan una maduración uniforme, pero no participan en las reacciones químicas que suceden en el interior de la fruta (2).

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del ácido 2-Cloroetil fosfónico (etefón), sobre la composición química en frutos de cambur manzano (*Musa sp (L.)*, AAB) 'Silk', durante el proceso de maduración.

Materiales y métodos

Para la realización de esta investigación se utilizaron frutos de cambur manzano (*Musa sp (L.)*, AAB) 'Silk', fisiológicamente maduros (verdes hechos) (5), tomando tres cambures como unidad experimen-

tal y aplicando cuatro tratamientos con tres repeticiones. Se seleccionaron los frutos al azar de las diferentes manos del racimo, descartándose las dos últimas.

Los tratamientos consistieron en aplicar 0, 1000, 3000 y 5000 ppm de etefón (ácido 2-Cloroetil fosfónico), sumergiendo los frutos en la solución correspondiente durante cinco minutos (8) y almacenándolos durante el proceso de maduración, a una temperatura de 22 °C.

Cada dos días se seleccionaron tres frutos de cada una de las repeticiones de los diferentes tratamientos, se eliminaron las partes apicales y se tomó de la parte central un trozo, refrigerándose las muestras a -2 °C hasta el momento de determinar acidez titulable, contenido de sacarosa, pH, contenido de sólidos solubles totales e índice de madurez.

La acidez titulable se determinó según las normas COVENIN (4),

el contenido de sacarosa fue determinado a través del método Fenol-ácido sulfúrico (6), el pH fue medido con un potenciómetro, el contenido de sólidos solubles totales se midió según el AOAC (1), mientras que el índice de madurez se determinó a través de la relación °Brix/Acidez.

El diseño estadístico utilizado fue un completamente al azar, en un arreglo de tratamiento en parcelas divididas. Las variables analizadas fueron comparadas a través del paquete estadístico SAS (11). Se realizaron pruebas de medias al conseguirse diferencias entre los tratamientos, utilizando como método de comparación de medias Tukey (13) para los efectos principales.

Resultados y discusión

Acidez titulable

La acidez titulable de los frutos para el primer muestreo (frutos verdes hechos) fue homogénea, presentándose valores entre 0.43 y 0.58 g de ácido málico/100 g de fruta, sin significancia estadística. Cuando estos alcanzaron su madurez de consumo (frutos maduros) los valores oscilaron entre 1.13 y 1.55 g de ácido málico/100 g de fruta (Cuadro 1), encontrándose diferencias significativas para las dosis de etefón aplicadas ($P < .001$).

Se observa que la tendencia es la de incrementarse la acidez titulable en todos los tratamientos al transcurrir los días, no obstante, hubo un descenso en el noveno día para la dosis de 1000 ppm.

Al comparar la variación porcentual ocurrida entre el testigo (0 ppm) y las dosis aplicadas, se observa que ésta oscila entre 130.91 y 167.44%, y que la misma se va incrementando a medida que se aumenta la dosis de etefón. Esto sugiere que el etefón acelera la formación del ácido málico; lo cual contrasta con lo reportado por otros autores (7,15), quienes señalan que la acidez titulable alcanza un valor máximo en el momento del climaterio o un poco después y luego manifiesta un ligero descenso cuando progresa la maduración.

Contenido de sacarosa

El contenido de sacarosa presentó en frutos verdes hechos ligeras variaciones entre todos los trata-

Cuadro 1. Efecto del etefón sobre la acidez titulable (g de ácido málico/100 de frutos de cambur manzano 'Silk').

Estado de madurez	Días	Dosis de etefón (ppm)			
		0	1000	3000	5000
Verde hecho	1	0.55 ^a	0.43 ^a	0.52 ^a	0.58 ^a
	3	0.60 ^a	0.50 ^a	0.50 ^a	0.50 ^a
	5	0.57 ^b	0.70 ^b	1.13 ^a	1.10 ^a
	7	0.60 ^b	1.30 ^a	1.33 ^a	1.30 ^a
Maduro	9	1.27 ^c	1.13 ^d	1.38 ^b	1.55 ^a
Variación (%)					
(Estado de madurez)		130.91	162.79	165.81	167.44

Medias con igual letra en línea horizontal no son diferentes significativamente. Prueba de TUKEY (P<.05).

mientos, pero sin significancia estadística, mientras que al llegar los frutos a la madurez de consumo (frutos maduros) fue afectado significativamente (P<.0001) por las dosis de etefón utilizadas. Al realizarse el análisis comparativo de los estados de madurez (Cuadro 2) se observa un incremento del contenido de sacarosa en todos los tratamientos, siendo mayor en los frutos tratados. Esto demuestra una vez más que el etefón acelera la formación de sacarosa en los frutos de cambur manzano (8). La dosis que presentó el mayor contenido de sacarosa fue la de 3000 ppm.

pH

Los valores de pH registrados no presentaron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 3) sin embargo se observa que existe un incremento del pH en el tercer día, pero luego desciende en la medida que avanza la madurez de los frutos, este comportamiento es similar al

reportado por otros autores (8, 12, 13). El pH disminuyó al incrementarse las dosis de etefón, no obstante, se mantuvo dentro de los límites reportados por otros autores (3).

Contenido de sólidos solubles totales (SST)

El contenido de sólidos solubles totales en frutos verdes-hechos (1° día) presentó diferencias entre tratamientos (P<.001) registrándose el mayor valor (Cuadro 4) en los frutos tratados con 5000 ppm (2.57 g/100 g de fruta) y el menor valor se encontró en el testigo (1.83 g/100 g de fruta) para los frutos verdes hechos (1° día), presentándose la misma tendencia cuando los frutos alcanzaron la madurez de consumo (9° día).

La tendencia del contenido de sólidos solubles totales en los cambures tratados fue la de incrementarse a partir del tercer día, mientras que en el testigo (0 ppm) el incremento se produjo a partir del séptimo día.

Cuadro 2. Efecto del etefón sobre el contenido de sacarosa (g/fruta) en frutos de cambur manzano 'Silk'.

Estado de madurez	Días	Dosis de etefón (ppm)			
		0	1000	3000	5000
Verde	1	0.042 ^a	0.034 ^a	0.036 ^a	0.027 ^a
hecho	3	0.030 ^b	0.029 ^b	0.047 ^a	0.059 ^a
	5	0.087 ^a	0.095 ^a	0.108 ^a	0.104 ^a
	7	0.072 ^b	0.121 ^a	0.136 ^b	0.125 ^b
Maduro	9	0.129 ^d	0.160 ^b	0.171 ^a	0.138 ^c
Variación (%)					
(Verde hecho-maduro)		207.14	370.59	375.00	452.00

Medias con igual letra en línea horizontal no son diferentes significativamente. Prueba de TUKEY (P<.05).

Cuadro 3. Efecto del etefón sobre el pH de frutos de cambur manzano 'Silk'.

Estado de madurez	Días	Dosis de etefón (ppm)			
		0	1000	3000	5000
Verde	1	5.32 ^a	5.38 ^a	5.33 ^a	5.29 ^a
hecho	3	6.57 ^a	5.75 ^a	5.70 ^a	5.56 ^a
	5	5.57 ^a	4.60 ^a	4.30 ^a	4.20 ^a
	7	4.90 ^a	4.40 ^a	4.30 ^a	4.18 ^a
Maduro	9	4.20 ^a	4.19 ^a	4.18 ^a	4.12 ^a
Variación (%)					
(Verde hecho-maduro) -		21.05	-23.42	-20.98	-21.39

Medias con igual letra en línea horizontal no son diferentes significativamente. Prueba de TUKEY (P<.05).

De lo anterior se deduce que el etefón acelera la formación de azúcares ya que al compararse los contenidos de sólidos solubles totales del testigo con los tratados se observa que deben transcurrir nueve días para alcanzar valores cercanos a 10 g/100 g de fruta, mientras que en los

frutos tratados para el quinto día presentaron valores entre 7 y 12 g/100 g de fruta, correspondiendo esto con lo señalado por otros autores (10). Este aspecto es importante sobre todo en el sector industrial, ya que frutos con alto contenido de sólidos solubles totales disminuyen los

Cuadro 4. Efecto del etefón sobre el contenido de sólidos solubles totales (g/100 g de fruta) en frutos de cambur manzano 'Silk'.

Estado de madurez	Días	Dosis de etefón (ppm)			
		0	1000	3000	5000
Verde	1	1.83 ^b	2.29 ^a	2.23 ^a	2.57 ^a
hecho	3	1.99 ^b	5.06 ^a	4.34 ^a	2.65 ^b
	5	2.87 ^c	12.26 ^a	7.43 ^b	11.26 ^a
	7	7.66 ^c	14.78 ^b	18.01 ^a	16.22 ^a
Maduro	9	9.59 ^c	16.85 ^b	19.33 ^a	22.92 ^a
Variación (%)					
(Verde hecho-maduro)		423.59	545.76	706.13	791.48

Medias con igual letra en línea horizontal no son diferentes significativamente. Prueba de TUKEY (P<.05).

costos de producción, al requerir menor cantidad de azúcar adicional.

Índice de madurez

En frutos verdes hechos el índice de madurez presentó diferencias significativas (P<.001), la tendencia fue la de incrementar los valores con el transcurso del tiempo (hasta el séptimo día), disminuyendo para el noveno día, lo que indica que para

esa fecha los frutos habían sobrepasado el índice óptimo de madurez. El tratamiento de 1000 ppm preservó el mayor valor para el quinto día, con diferencias estadísticas con respecto a los otros tratamientos.

El mayor índice de madurez lo presentaron los frutos tratados, ello sugiere que el incremento se debe a la aplicación de etefón.

Conclusiones

El etefón acelera la formación de ácido málico.

El etefón incrementa y acelera la formación de sólidos solubles totales en los frutos de cambur durante la maduración.

El etefón no influye en el pH de los frutos.

El etefón acelera la formación de sacarosa en los frutos de cambur.

El índice de madurez es incrementado con la aplicación de etefón.

Cuadro 5. Efecto del etefón sobre el índice de madurez (oBrix/Acidez) en frutos de cambur manzano 'Silk'.

Estado de madurez	Días	Dosis de etefón (ppm)			
		0	1000	3000	5000
Verde	1	29.35 ^a	23.99 ^a	20.59 ^b	19.31 ^b
hecho	3	33.27 ^c	33.53 ^c	58.29 ^a	46.27 ^b
	5	51.15 ^b	66.44 ^a	63.01 ^b	57.00 ^c
	7	60.69 ^a	69.35 ^a	64.31 ^a	68.35 ^a
Maduro	9	53.27 ^a	57.36 ^a	54.67 ^a	55.42 ^a
Variación (%)					
(Verde hecho-maduro)		81.50	139.10	165.52	187.00

Medias con igual letra en línea horizontal no son diferentes significativamente. Prueba de TUKEY (P<.05).

Literatura citada

1. AOAC, 1975. Official methods of analysis. 12 ed Washington. 1025 p.
2. Avilan, L.; F, Leal; D., Bautista, 1989. Manual de Fruticultura. Edit. América C.A., Caracas. 1475 p.
3. Bleinroth, E. 1978. Materia prima, colheita e preparo. Em Banana. Campinas. Secretaria da Agricultura. Governo do Estado de Sao Paulo. Serie Frutas Tropicais N° 3. pp. 23-28.
4. COVENIN, 1981. Frutas. Toma de muestras. Normas # 1769-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas.
5. Flores, A., 1986. Manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Curso Fisiología Postcosecha, Postgrado Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela.
6. Hodge, A.E. and B.T. Hotreiter. 1962. Methods in Carbohydrate Chemistry. Ed. R.L. Whisther and M.L. Wolfrom Academic Press. N.Y. 338 pp.
7. Lulla, A. and P., Johar, 1955. Carbohidratos. Fruit Biochemistry. J. of Primary Industries, 7(1): 91-110.
8. Mohamad, N.; A., Saph and A., Abudallah, 1989. The physicochemical changes in ciku (*Achras sapota* L.) of Jantung variety. Pertanika (Malaysia) 10(3): 227-282.
9. Pérez J.J.; A. Sánchez y Z. Viloría. 1995. Efecto del ácido 2-Cloroetil fosfónico sobre la respiración y características físicas en frutos de nísperos (*Manilkara sapotilla* L), variedad Tiberio durante la maduración. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 12(2):145-149.
10. Rao, V.; N., Shanmugavelu.; K., Srinivasan, 1971. Studies on the effect of etrel (2-Chloroethyl phosphonic acid) on the ripening of fruits. South Indian Fort. 19(1/4): 1-8.
11. SAS Institute Inc., 1989. Paquete estadístico para microcomputadoras. Versión 6, Cary N.C.
12. Simmonds, N.W. 1973. Bananas. Longmans Ed. 539 p.
13. Stell, R.G.; Torrie, J.H, 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Company Inc.
14. Temas de Orientación Agraria, 1983. Manual para el cultivo del banano y plátano. Tercera Edición, Colombia, pp. 178-197.
15. Van Loesecke, H.W., 1950. Bananas. edition Second, Editorial Intercience Publishers Inc. New York, 73 pp.