

Relación entre variables indicadoras de maduración de frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) var. Dominicana roja¹

Relationship among ripen indexes of guava (*Psidium guajava* L.) var. Dominicana Roja fruits

N. Laguado², M. Marín³, L. Arenas de M.⁴, C. Castro de R.⁵

Resumen

Con el propósito de complementar la información sobre la maduración y calidad de frutos de guayabo, se realizó un análisis de correlación mediante el método de Pearson. Las variables correlacionadas fueron: El índice de madurez, azúcares reductores, sacarosa, pH y textura. El índice de madurez se correlacionó con el contenido de azúcares reductores en forma inversa y significativa, mientras que con las variables sacarosa y pH no se detectó ninguna relación. El contenido de sacarosa se relacionó con la textura en forma directa y significativa. Esta misma relación se presentó entre azúcares reductores y la textura. El pH se correlacionó con la textura. Los resultados indicaron que a mayor estado de madurez menor contenido de azúcares reductores y menor textura.

Palabras claves: *Psidium guajava*, fruto, características químicas, físicas.

Abstract

A correlation analysis by Pearson method was carried out to establish the relationship between maturation indicators and fruit quality in guava fruit. The correlated variables were: maturity, reductive sugar, sucrose, pH and texture. The ripen index showed a significant inverse relation with reductive sugar content, but it didn't show any relationship either with sucrose or pH. Sucrose content showed a direct and significant relationship with texture. The same relation was observed between reductive sugar content and texture. pH was

Recibido el 02-02-1998 ● Aceptado el 18-05-1998

1. Trabajo de investigación cofinanciado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) n° del proyecto S1-2378 y S1-2808, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) n° del proyecto 1736-98, Corporación de la Región Zuliana para el Desarrollo y Centro Frutícola del Estado Zulia (CORPOZULIA-CENFRUZU).

2. División de Postgrado, Apartado 15205, Facultad de Agronomía LUZ, Maracaibo ZU 4005, Venezuela. E-mail: aval@telcel.net.ve

3. Departamento de Botánica.

4. Instituto de Investigaciones Agronómicas.

5. Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía de LUZ., Apartado 15205, Maracaibo, Venezuela.

associated with texture. The results indicated that the greater the maturity index, the lower the reductive sugar content and texture.

Key words: *Psidium guajava* L., fruit, chemical and physical characteristics.

Introducción

El guayabo, *Psidium guajava* L. es uno de los frutales más conocidos y cultivados en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. En Venezuela, se desarrolla preferentemente en zonas cálidas del norte del país, desde el nivel del mar hasta más o menos 1.800 m (2).

Este cultivo, en los últimos años ha tenido un gran auge a nivel nacional especialmente en la zona norte del Estado Zulia (Municipio Mara y Páez), en donde se genera el 95% de la producción del país.

Estudios realizados con el objeto de caracterizar las plantaciones existentes en el Municipio Mara, han determinado que existe una gran variabilidad genética (20,14) y, por consiguiente, una marcada variación en las características químicas y físicas de los frutos, las que también dependen del manejo agronómico de la plantación, de la época de cosecha y del estado de madurez de los frutos (11,8,23,5).

Kumar (11), cita a Teotia, quién encontró estrecha relación entre los °Brix, acidez titulable, contenido de azúcares reductores, almidón y gravedad específica con la madurez y la calidad del fruto.

La determinación individual de los azúcares más importantes en la guayaba, tales como: glucosa, fructosa, sacarosa, etc., así como también el pH, acidez titulable y textura, se han

convertido en un estudio esencial, en la medida en que más investigaciones estén siendo conducidas en las áreas de genética y mecanismos bioquímicos en la formación y cuaje de este fruto. A esto se debe agregar el interés existente en el establecimiento o fijación de índices de maduración, así como la predicción del potencial de almacenamiento de los frutos basados en las características químicas y físicas bajo condiciones variadas (19, 21).

Trabajos llevados a cabo en el municipio Mara, basados en el efecto de la fertilización con N y K y el estado de madurez sobre la calidad de frutos de guayaba, arrojaron valores de textura, índice de madurez, olor, peso del fruto, contenido de sacarosa y azúcares reductores, °Brix, acidez titulable y pH de 0,25 (frutos maduros, FM) a 1,12 (frutos verdes, FV) kg cm^{-2} ; de 23,57 (FM) a 91,09 (FV); de 1,00 (FV) a 4,00 (FM); de 67,10 (FV) a 126,20 (FM) g; de 1,97 (FP) a 8,72 (FM) %; de 0,16 (FM) a 0,42 (FV) % y de 3,81 (FV) a 4,07 (FM), respectivamente, e indicaron que los niveles de fertilización no afectaron ninguna de las variables estudiadas, sin embargo, para los estados de madurez dentro de los tratamientos de fertilización, el análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P < 0,01$) para todas las variables, excepto para el contenido de sacarosa

y °Brix (12). Tomando en consideración lo antes expuesto se consideró importante analizar la relación existente entre variables químicas y físicas en frutos de guayaba a través

de un análisis de correlación, con el propósito de complementar la información sobre la maduración y calidad de los frutos (12).

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la granja "El Parral", ubicada en la zona norte de la cuenca del Lago de Maracaibo, sector "Ciénaga de Reyes" del Municipio Mara del Estado Zulia, Venezuela. Esta plantación forma parte de las unidades de estudio seleccionadas para el desarrollo de los proyectos de investigación titulados: caracterización agronómica de la guayaba del Municipio Mara y manejo de la fertilización en la Planicie de Maracaibo, adscritos al Instituto de Investigaciones Agronómicas de L.U.Z.

La plantación posee una densidad de siembra de 5m x 5m, obteniéndose un área total efectiva de 25 m²/planta. Se riega por surcos con platonos redondos, con una frecuencia de 2 veces por semana; el control de malezas se realiza de forma manual, con escardilla sobre el platón. Se efectúa poda de mantenimiento, la cual consiste en la eliminación de las ramas secas, caídas y que no son productivas. La mosca de la fruta se controla con el uso de trampas.

El material vegetal se escogió de un lote de 108 plantas de guayabo de 2,5 años de edad, pertenecientes a un ensayo con 27 tratamientos de fertilización con N, P y K de los proyectos antes referidos. De los 27 tratamientos se seleccionaron 7, tomando como base la obtención de al-

tos rendimientos. Estos 7 tratamientos resultaron de la combinación de los niveles de 50, 100, 150, 200 g/planta de N y K en relación 1:1, 1:2 y 1:3. Se aplicó una dosis básica de fósforo de 40 g P₂O₅, empleándose superfosfato triple (46% de P₂O₅); las fuentes de N y K fueron urea y K₂SO₄ respectivamente, en las dosis descritas en dos aplicaciones al año, que coincidían con los picos de máxima floración (12).

De cada una de las plantas tratadas se cosecharon 48 frutos. Los frutos se seleccionaron en base a tres estados de madurez: Verdes (sin color, firme al tacto), pintones (predominio del color verde sobre el amarillo, desarrollo de aroma, indicios de ablandamiento) y maduros (totalmente amarillo, aroma penetrante, blando al tacto).

Las variables estudiadas en los frutos fueron: textura, índice de madurez, olor, peso del fruto, contenido de sacarosa y azúcares reductores, °Brix, acidez titulable y pH.

Los frutos se pesaron en una balanza electrónica marca Mettler PC4400. La textura se determinó mediante la presión ejercida sobre el fruto, utilizando un penetrómetro, modelo universal Tester, expresando los resultados en kg cm⁻². El índice de olor se estableció mediante una escala de medición del tipo ordinal (1: sin olor, 2: inicio de olor, 3: con olor y 4: con

olor penetrante). Las muestras de los frutos para el análisis se prepararon según las normas COVENIN (6). La sacarosa se determinó según el método de Dubois y colaboradores (7). Los azúcares reductores según el método de Somogy y Nelson modificado, reportado por Hodge y Hofreiter (9). Los °Brix de acuerdo al método descrito en la AOAC. La acidez titulable según las normas COVENIN (6). El pH se midió directamente en el extracto, mediante el uso de un potenciómetro

Metrohm Herisau, modelo E-520. El índice de madurez se obtuvo de la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez titulable (1)

Se efectuó un análisis de correlación entre las variables químicas y físicas de los frutos de guayaba, empleándose el método de Pearson, dónde las variables correlacionadas fueron: índice de madurez, azúcares reductores, sacarosa, pH y textura.

Resultados y discusión

Índice de madurez - azúcares reductores. En el cuadro 1, se observa una correlación inversa y significativa ($P < 0,05$), entre el índice de madurez y la variable azúcares reductores. Estos resultados muestran que al avanzar el estado de maduración de los frutos disminuye el contenido de azúcares reductores en los mismos, lo cual nos induce a pensar que el estado de madurez favorece la síntesis de azúcares más complejos como lo es la sacarosa, lo cual coincide con lo

reportado por otros investigadores (3, 12, 14, 18, 19).

Índice de madurez - textura. Se encontró una correlación inversa y significativa ($P < 0,01$), entre el índice de madurez y la variable textura (cuadro 1), pudiéndose inferir que a medida que los frutos avanzan en su estado de madurez disminuye la firmeza de los mismos, debido a cambios en la estructura y composición de las paredes celulares mediante la degradación o hidrolización enzimática

Cuadro 1. Coeficientes de correlación.

Variabes	Azúcares reductores	Textura
Índice de madurez	-0,24495 -0,0247*	-0,61403 0,0001**
Sacarosa	0,38305 0,0003**	
Azúcares reductores		0,4474 0,0001
pH		-0,51172 0,0001**

*Diferencias significativas ($P < 0,05$). **Diferencias significativas ($P < 0,01$).

de sustancias celulósicas pecticas y ácidos poligalacturónicos (2, 4, 17, 22).

Sacarosa - azúcares reductores. El cuadro 1, muestra una correlación directa y altamente significativa ($P < 0,01$) entre las variables sacarosa y azúcares reductores. Estos resultados indican que a medida que el fruto avanza en su estado de desarrollo aumenta el contenido de azúcares en los mismos. Sin embargo, dichos resultados nos permiten señalar que las cantidades de azúcares reductores al avanzar el estado de madurez no disminuyen, si no su proporción, debido a un aumento en la concentración de sacarosa, ya que los resultados se expresan en porcentaje.

Esto podría explicarse, dado que durante el proceso de maduración de la fruta ocurren reacciones enzimáticas sobre las sustancias pecticas y la celulosa, que constituyen a su vez reservas de carbohidratos, y sirven como fuentes potenciales de azúcares. En consecuencia, es factible que el incremento de sacarosa se deba al aumento de la actividad enzimática; que realmente se produzca a expensas de las concentraciones de glucosa y de fructosa, provenientes de la hidrólisis de pectina y no por los azúcares reductores existentes (15).

Azúcares reductores - textura. EL análisis efectuado determinó que existe una correlación directa y altamente significativa ($P < 0,01$) entre las variables azúcares reductores

y textura.

Estos resultados indican que a medida que avanza el estado de maduración disminuyen los azúcares reductores y la textura de los frutos, lo cual confirma lo anteriormente señalado, sobre la procedencia de los azúcares reductores para la síntesis de sacarosa.

pH - textura. El cuadro 1, muestra una correlación inversa y significativa ($P < 0,01$) entre la textura y el pH, indicando que a medida que los frutos avanzan en su estado de desarrollo aumenta el pH de los mismos; más no así la textura, debido a que existe un incremento en la velocidad de degradación de las sustancias celulósicas pecticas y por ende el ablandamiento del fruto. En cuanto al pH, aunque éste aumenta, se mantiene en rangos relativamente bajos de 3,87 a 4,02 (12); lo cual favorece la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos, especialmente sustancias pecticas y hemicelulosa, debilitándose las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas, esto se traduce en la pérdida de la firmeza del fruto y aumento de los azúcares solubles y ácidos durante el proceso de maduración. (15, 10, 13). Por otro lado, los ácidos libres en los frutos aumentan al comenzar el crecimiento, pero la concentración de ácidos disminuye por dilución, aumentando el pH a medida que el fruto madura (16).

Conclusiones y recomendaciones

El índice de madurez está correlacionado con el contenido de azúcares reductores y textura en forma inversa y significativa, lo cual permite establecer que a medida que el fruto avanza en su estado de desarrollo, decrece la firmeza y disminuye la proporción de los azúcares reductores.

El contenido de sacarosa está relacionado en forma directa y significativa con el contenido de azúcares reductores, pudiéndose inferir que existe un aumento de la sacarosa a expensas de las concentraciones de glucosa y de fructosa provenientes de la hidrólisis de pectinas y no por las existentes, manteniéndose un balance de estas últimas, dada la actividad

enzimática durante el proceso de maduración que permite el aumento de los azúcares solubles.

El pH y la textura presentaron una relación inversa y significativa, demostrándose que a medida que avanza el estado de madurez del fruto decrece la firmeza del mismo, lo cual fue favorecido por los rangos de pH encontrados en el conjunto de frutos estudiados.

Deben realizarse estudios sobre la actividad enzimática, contenido de pectina, minerales, etc., en frutos de guayaba, en diferentes estados de madurez, con la finalidad de establecer los factores que influyen en la acumulación de azúcares en el fruto.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al Ingeniero Agrónomo Carlos Díaz V., y al personal del I.I.A.

por el apoyo brindado en la realización del presente trabajo.

Literatura citada

1. Avilán R. y A. Rengifo. 1987. Los cítricos. Editorial América. Caracas. p:417-430.
2. Avilán L., F. Leal y D. Bautista. 1989. Manual de Fruticultura. Editorial América C. A. Caracas. p: 143-158.
3. Arenas de M. L., M. Marín, C. Castro de R, y L. Sandoval. 1995. Determinación por HPLC de los azúcares en los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) de una plantación comercial del Municipio Mara. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 12(4):467-483.
4. Brown B. and R. Wills. 1983. Postharvest changes in guava fruits of different maturity. Sci. Hort. 19: 237-243.
5. Chyau Ch-Ch., S. Y. Chen and C. M. Wu. 1992. Difference of volatile and non volatile constituents between mature and ripe guava (*Psidium guajava* Linn) fruits. J. Agric. Food Chem. 4: 846-849.
6. Covenin. 1977. Frutas y productos derivados. Determinación de la acidez. En Normas Venezolanas. Caracas. p. 7.
7. Dubois M., K.A. Guilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers y F. Smith. 1965. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal.Chem. 28(3):350-355.

8. El Agamy, S. Z. A., M.M. El Azzouni and A. M. Badawi. 1976. Variability in characters among guava seedling in Egypt. Proc. Fla. State Hort. Soc. 89: 249-250.
9. Hodge, A.E. y B.T. Hotreirter. 1962. Methods in carbohydrate chemistry. Ed. R.L. Whisther and M.L. Wolfrom Academic. Press N.Y.
10. Guzman C., S. Alcalde, R. Mosqueda y A. Martínez. 1996. Ecuación para estimar el volumen y dinámica de crecimiento del fruto de mango cv. Manila. Agronomía Tropical 46 (4): 395-412.
11. Kumar, R. and M. Hoda. 1974. Fixation of maturity standars of guava (*Psidium guajava* L.). Indian J. Hort. 31 (2): 140-144.
12. Laguado, N., O. Briceño, R. Rojo, M. Marín, D. Esparza, L. A. de Moreno, J. Mora y H. Ferrer. 1995. Efecto de la fertilización y del estado de madurez sobre la calidad de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Rev. Fac. Agron. (LUZ) 12(4): 437-449.
13. Laguado, N., E. Pérez, C. Alvarado y M. Marín. 1998. Características fisicoquímicas en tipos de guayaba cosechadas en dos plantaciones comerciales bajo condiciones de manejo diferentes. p: 26. En: Resúmenes del Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Hermosillo, México.
14. Marín, M., A. de V. Abreu, L. Sosa y C. de R. Castro. 1993. Variación de las características químicas de los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en una plantación comercial del Municipio Mara del Estado Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 10(3): 297-310.
15. Mattoo, A. K. T. Murata, E. B. Pantastico, K. Chachin, K. Ogata and C. T. Phan. 1975. Chemical changes during ripening and senescence. 103-127. In: Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetable. Er. B. Pantastico Ed. Westport, Conn. AVI. Publishing Co., Inc.
16. Primo, Y. E. 1979. Química Agrícola III. Alimentos. Zairos 13, Sección y Tecnología de los Productos Alimenticios. 4 Alhambra, Madrid.
17. Rolz, C. 1972. Chemical changes and fruits quality during ripening of tropical fruits. Turrialba 22(1): 65-72.
18. Salunkhe, D.K. and B.B. Desai. 1984. Postharvest Biotechnology of fruits. CRC. Press, Inc. Boca Raton, Florida.
19. Sharaff, A. and S.S. El-Saadany. 1987. Biochemical studies on guava fruits during different maturity stages. Food Sci. Tech. Abst. 21(2) 2: 44.
20. Tong, F., D. Medina y D. Esparza. 1991. Variabilidad en población de guayaba del Municipio Mara del Estado Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 8(1): 15-27.
21. Vasquez-Ochoa, R. I. y M. T. Colinas-León. 1990. Changes in guava of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. Hort. Sci. 25(1): 86-87.
22. Yamdagni, R., S. Siddiqui and R. K. Godara. 1987. Physicochemical changes in the fruits of guava (*Psidium guajava* L.) during different stages of ripening. Abst. 058-09349.
23. Yusof, S. and S. Mohamed. 1987. Physicochemical changes in guava (*Psidium guajava* L.) during development and maturation. J. Sci. Food. Agri. 38: 31-39.