



SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA APLICADO EN LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE ESTADIOS DE MADUREZ Y CAMBIOS BIOQUÍMICOS EN PLÁTANO TABASCO (*Musa spp.*)

Jorge Chanona, Trinidad Eliseo Flores, Roberto Quevedo, Antonio Jiménez, Gustavo Gutiérrez.
ENCB-IPN. Plan de Ayala y Carpio S/N. Col. Santo Tomas. Del. Miguel Hidalgo México D.F., C.P. 11340. Fax.
57296000. ext. 62463. jchanona@ipn.mx

Palabras clave: Procesamiento de imágenes, fruto climatérico, cambios bioquímicos

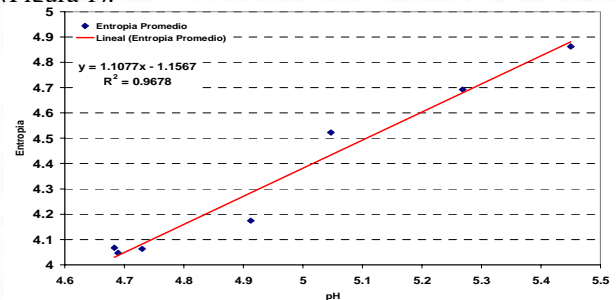
Introducción. La madurez de los plátanos ha sido evaluada a través de indicadores físicos, químicos, bioquímicos (pH, el color, ° Brix, la determinación de enzimas, índice de yodo, etc.). El color y la forma son los más utilizados para determinar los estadios de madurez (Morrelli, et al. 2005). Las evaluaciones físicas y químicas y enzimáticas pueden ser subjetivas, laboriosas y costosas. Una alternativa con ventajas para evaluar la calidad y los cambios bioquímicos en frutos climatéricos, es el uso de sistemas de visión por computadora. Desde una simple imagen la información obtenida es valiosa, objetiva y útil para la evaluación de la calidad de los frutos y estadios de madurez asociados a los cambios enzimáticos en el fruto. La información se obtiene fácilmente, a bajos costos y es cuantitativa. Asimismo, las rutinas de cómputo pueden programarse para que la clasificación se lleve a cabo de forma automática.

El objetivo fue el utilizar un sistema de visión por computadora para evaluar los cambios ocurridos durante el proceso de maduración de plátano tabasco (*Musa spp.*) y correlacionarlo con parámetros fisicoquímicos típicos asociados a los cambios enzimáticos que ocurren durante la madurez de los frutos.

Metodología. Un sistema de visión por computadora fue implementado (Mendoza y Aguilera, 2004) para evaluar los cambios externos e internos de plátano tabasco (*Musa spp.*) almacenado a 20 °C, así como el efecto del ácido oxálico sobre el oscurecimiento a lo largo del proceso de maduración (12 días). Las imágenes capturadas fueron procesadas y a partir de ellas fueron extraídos diferentes parámetros morfológicos, texturales (Haralick, et al, 1973) y fractales. Cambios de color (digital & Color Mate), pH (siendo este un indicativo de la actividad enzimática en el fruto) y % sólidos totales también fueron evaluados para correlacionarlos con los datos obtenidos en el procesamiento de imágenes.

Resultados y discusión. Durante el proceso de maduración los parámetros digitales determinados tales como: el % de Área oscurecida (AO), entropía digital (ED) y textura fractal (TF) de las imágenes de la cáscara, mostraron una tendencia a incrementarse con el tiempo de maduración, mostrando así, que el % AO ocasiona que la ED de la cáscara también aumente, es decir la cáscara se torna más heterogénea o entrópica, al transcurrir el proceso. Un comportamiento similar fue observado en la evaluación de la TF, de la cáscara lo cual se ha interpretado como un incremento en la heterogeneidad de la distribución de las manchas. Similar comportamiento

ocurrió con el cambio de pH y el % de sólidos solubles que indican que el proceso de maduración genera la degradación del almidón del fruto y su consecuente conversión a azúcares debido a los cambios enzimáticos que ocasionan el oscurecimiento interno y externo del fruto. De los parámetros digitales evaluados, se observó que existe una correlación lineal del incremento del pH con la ED del promedio de las imágenes evaluadas (Figura 1).



Correlaciones cuadráticas también fueron observadas para la TF y para el % AO. En cuanto al ácido oxálico, este pierde su efecto antioscurecimiento en los estadios finales de madurez del fruto y ello pudo ser evaluado a través del procesamiento de imágenes, que proporciono datos cuantitativos para la evaluación del proceso. Asimismo, el color evaluado digitalmente y el color del Color Mate muestran una correlación lineal con un $R^2 > 0.95$.

Conclusiones. Los sistemas de visión por computadora puede una herramienta útil en la evaluación de la calidad y en la clasificación de frutos climatéricos. Asimismo, las correlaciones encontradas entre las mediciones fisicoquímicas y las digitales son importantes para futuros desarrollos de sistemas automatizados que empleen redes neuronales para la optimización de los dispositivos.

Agradecimiento. Soporte financiero de COFAA, y proyectos SIP 20060370 y 20070631.

Bibliografía.

- Morrelli Keri I., Kader Adel A., *Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha*. En línea disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/platano.pdf>.
- Haralick R. M., Shanmugam K., Dinstein I., (1973), "Textural Features for Image Classification". *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics SMC 3 (6): 610 - 621*.
- Mendoza E. and Aguilera J. M., (2004), "Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas". *Journal of Food Science 69 (9): E471-E477*.