

CINÉTICA DE LA DEGRADACIÓN TÉRMICA DEL COLOR EN CREMOGENADO DE MANGO (*Mangifera Indica*. L. Var. Hilacha)

Salamanca Grosso, Guillermo¹; Abril Requena, José²
*Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades
Fisicoquímicas de Alimentos. Universidad del Tolima.
Barrio Santa Helena parte alta. Ibagué Tolima Colombia
AA. 546. Telefax: +57 82 66 91 82
salamancagrosso@gmail.com

Departamento de Tecnología de Alimentos E.T.S.I.A.
Universidad Pública de Navarra
Campus Arrosadía s/n 31006, Pamplona, España
E-mail: jabril@unavarra.es Tel: +34 948 169849

Palabras clave: Cremogenados. Cinética. Color. Energía de activación. Mango

RESUMEN

El efecto del tratamiento térmico de cremogenado de mango hilacha de 16.8 °Brix fué estudiado a 70, 80 y 90°C. Cambios en las mediciones de color fueron realizadas monitoreando los parámetros L^* , a^* y b^* . La cinética de la degradación, se evaluó usando un baño isotérmico; las propiedades fisicoquímicas iniciales de la materia prima fueron: Pectina total 10.2 ± 2.10 ; pH 5.46 ± 0.47 , humedad (74.2 ± 1.1)% y sólidos totales de 25.8%, las propiedades cromáticas de la materia prima no procesada son. $L(58.5 \pm 0.125)$; $a^*(12.2 \pm 0.026)$, $b^*(53.2 \pm 0.244)$. La degradación del color por efecto térmico, se ajustó a un modelo cinético de primer orden. El parámetro de cromaticidad (b^*), es indicador físico de la degradación del color. El efecto de la temperatura sobre el producto se evidencia con el pardeamiento de la materia prima en el tiempo. Los parámetros a^* y b^* igualmente decrecen con el tiempo y la temperatura. La relación $L \times a^* \times b^*$ es la combinación más apropiada que describe la cinética de la degradación de color por efectos de pardeamiento. La energía de activación se ajusta a una ecuación tipo Arrhenius con 36.3 a 36.8 kJ/mol. Las constantes de velocidad son del orden de 6.33×10^{-4} (70°C); 1.50×10^{-3} (80°C) y 2.44×10^{-3} (90°C). La pérdida de color puede ser usada en procesos de calidad para verificar la estabilidad térmica del producto.

1. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera Indica* L), sin lugar a dudas es la más importante fruta en el mercado a nivel mundial, el consumo en fresco y para proceso ha hecho posible el posicionamiento en la industria alimentaria de los refrescos, en la elaboración de néctares, alimentos infantiles, mermeladas y jaleas [1] [2]. Los frutos evolucionan de manera óptima en climas cálidos, adaptándose a una amplia gama de condiciones. En el trópico se cultiva hasta los 620

m.s.n.m. y en zonas subtropicales, al nivel del mar [3]. En Colombia, los cultivares de mango se agrupan en tres grupos: Indios: Se caracterizan por tener un marcado sabor a trementina, por ser dulces y tener bajo contenido de ácidos; el color y la longitud de la fibra son variables y la piel es de color rojo [4]. La demanda de bebidas refrescantes ha generado un mercado importante. Se distinguen los néctares y jugos de mango, con (27%) de participación en el mercado, gran parte de ésta producción se hace sobre variedades criollas [2].

Los cremogenados de frutas, son transformaciones de frutas frescas, susceptibles de fermentación pero no fermentadas y que se obtienen por molturación, tamizado o ultrahomogenización y son la base para la elaboración de los productos relacionados, presentan ventajas definidas, respecto a las demandas de los consumidores quienes prefieren alimentos frescos y bajo nivel de procesado [5]. Desde el punto de vista tecnológico, se logra el mantenimiento de las características nutricionales y sensoriales iniciales, reduciendo costos y volumen de almacenamiento, en productos frescos, contribuyendo así a la disminución de pérdidas en postcosecha [6]. Los daños mecánicos sobre las frutas y las prácticas deficientes de manejo inciden en el incremento de la actividad enzimática que es concomitante con la intensidad respiratoria y que deben controlarse cuando se establezca circunstancias de control cuando se transformen estas materias primas y se desarrollen nuevos productos. Son diversos los complejos enzimáticos que deterioran la calidad, entre ellas la polifenoloxidas, peroxidasas y pectinesterasas, éstas generan colores pardos, reducen las propiedades sensoriales de textura, color y sabor y nutrición.

Diversos tratamientos térmicos son empleados en la preservación de derivados de frutas durante las operaciones de manufactura; entre los efectos negativos de esos tratamientos se distingue el pardeamiento no enzimático, perdidas de nutrientes y formación de productos indeseables tales como el hidroximetilfurfural. El principal reto en los sistemas de procesado por transferencia de calor, reside en establecer condiciones que aseguren inocuidad del producto, mantener la calidad sensorial y nutricional de los alimentos que se procesan. La pérdida y degradación cinética del color es un fenómeno complejo que puede ser usado en cálculos ingenieriles [7]. Los parámetros cinéticos usualmente considerados son el orden y velocidad de reacción, la energía de activación generada de evaluaciones a diferentes condiciones térmicas impuestas [8][9]. El presente estudio se ha enfocado a la cinética de la degradación por efecto térmico del color en cremogenado de mango hilacha evaluando los cambios de color del sistema Hunter (L, a^*b^*) [10][11].

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de Mango (*Mangifera indica* L. Var. Hilacha. Magdalena river), se recolectaron en la localidad de Dindalito (Espinal-Tolima-Colombia: 4°07'59.17''N y 74°56'15.72''O), con preclasificación en el cultivar. A continuación se realizaron operaciones de deshuesado, trituración y tamizado usando malla 0.5 mm en acero inoxidable. Los cremogenados se homogenizaron, desairearon, almacenaron al vacío y cadena de frío para su conservación A - 21°C. La materia prima inicial y los cremogenados resultantes del proceso de escaldado fueron evaluados siguiendo las metodologías descritas en el manual de métodos analíticos para alimentos de la AOAC [12]. Para los parámetros de humedad, sólidos solubles y totales, potencial de hidrogeno (pH), conductividad, actividad de agua (a_w), gravedad específica,

acidez total, pectinas, cenizas y sólidos volátiles, además de fenoles libres y totales. Se realizaron determinaciones de peso, diámetro y volumen. Igualmente se estimó el rendimiento del producto. La cinética de la degradación térmica del color, se realizó en baño isotérmico a 70, 80 y 90°C con tiempos de residencia del material entre 0 y 3 h. Las muestras de cremogenados de mango hilacha, se dispusieron en tubos de 1 cm (DI) y 12 ml de capacidad, que se llenaron y dispusieron convenientemente en baño termostataado usando en todos los casos fluido de silicona (Silicex 300 OPPAC S.A. Navarra), durante los tiempos preestablecidos de 0.5; 0.75; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 y 3.0 h). Las determinaciones se hicieron en un espectrofotómetro CM 508d Minolta™ calibrado con blanco estándar (Iluminante 10°/D65: L = 98.79; a* = -0.15; b* = -0.51; Iluminante 10°/C: 98.79; a* = -0.12, b* = -0.52). Las muestras sometidas al proceso térmico fueron transferidas a un baño de agua con hielo, una vez enfriadas se transfirieron a una celda de medición donde se realizaron las determinaciones de color.

La degradación del color durante el tratamiento térmico de zumos y cremogenados se ajusta a un modelo de primer orden [12], siguiendo estas evidencias, el modelo evaluado es de la forma:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt \quad (1)$$

Aquí (C/C_0) es la representación de la fracción de la variable o variables que se modifican, con la temperatura en el tiempo y que para el caso del color se representan por los parámetros Luminancia (L), Cromaticidad rojo/verde (a^*) y amarillo/azul (b^*) o combinaciones apropiadas de éstas en el tiempo inicial ($t=0$) y en un periodo específico de calentamiento (t); k es la constante de reacción (h^{-1}). En reacciones cinéticas de primer orden es importante considerar que en el tiempo una fracción de los componentes ha sido modificada. C_∞ es el color o variables del color asociadas a tiempo infinito; en consecuencia las reacciones irreversibles de primer orden que generan un cambio pueden ser expresadas como una fracción f . La reacción de primer orden en términos de conversión fraccional puede ser representada como:

$$f = \left(\frac{C_0 - C}{C_0 - C_\infty} \right) \quad (2)$$

Dependiendo de la constante de degradación respecto del tiempo es posible evaluar la constante de degradación respecto de la temperatura a través de la relación de Arrhenius:

$$k = k_0 e^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (3)$$

k_0 es la constante de degradación (h^{-1}), E_a la energía de activación, T la temperatura ($^{\circ}K$) y R la constante de los gases ($8.314 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1}$).

RESULTADOS Y DISCUSION

El mango hilacha, es de tamaño mediano, peso medio 200.00 ± 17.20 g.; 8.63 ± 2.36 cm de longitud; 6.74 ± 2.78 de diámetro y 215.20 ± 22.3 cm³ de volumen, con excelentes condiciones para su procesado. Su acidez total en meq/kg es de 78.6 ± 3.60 ; humedad (74.2 ± 1.1)%; sólidos totales 25.8% 5.46 ± 0.47 de pH; 16.8 ± 0.10 °Brix; $10.20 \pm 2.1\%$ en pectina. Fenoles 544.9 (mg/A.gálico).

Los cambios visuales en el color en el cremogenado de mango hilacha durante el procesado térmico, son una manifestación directa de cambios en el contenido de carotenoides y además de la evolución de reacciones de pardeamiento no enzimático. La luminancia (L) decrece con el tiempo de tratamiento entre 70 y 90° y es indicativo del pardeamiento. El color del cremogenado de mango es amarillo L (58.5 ± 0.12); a^* (12.2 ± 0.03), b^* (53.2 ± 0.244); C (54.6 ± 0.24); h (77.1 ± 0.24), que cambia en proporción directa al efecto térmico aplicado. El parámetro b^* describe apropiadamente el comportamiento del producto durante el procesado térmico. La ecuación (1) puede ser reescrita como $\ln(b/b_0) = -kt$; donde b_0 , representa la cromaticidad amarillo/azul del cremogenado de fruta sin tratamiento térmico y k_1 es la constante de velocidad de la pérdida del color amarillo. Las relaciones cinéticas para el proceso degradativo del color se muestran en la figura 2 y 3.

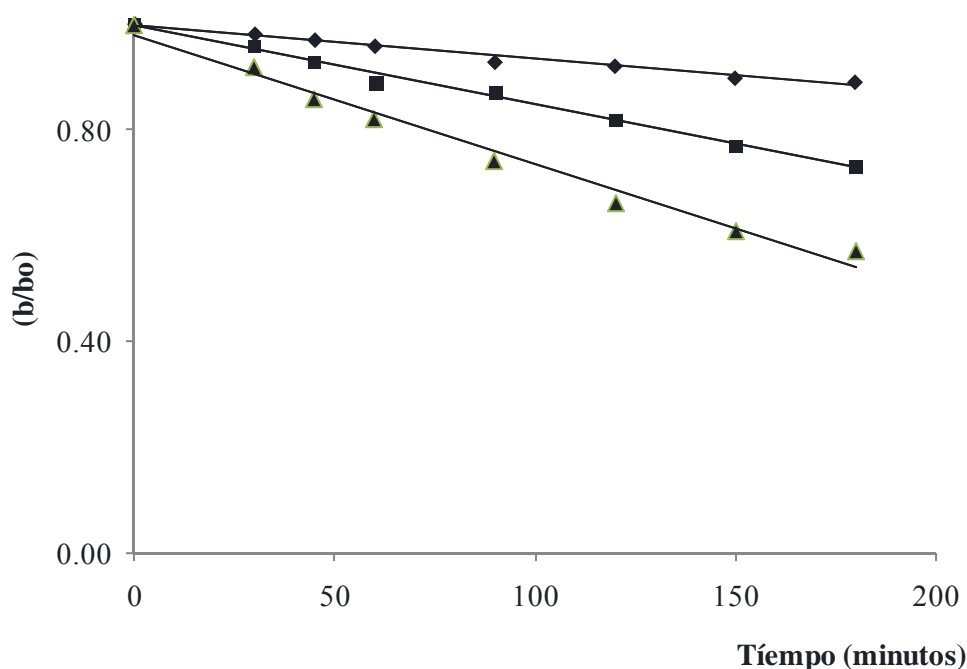


Figura 1. Relación cinética de primer orden para la degradación del color en cremogenados de mango hilacha a las temperaturas de (◆) 70°C ; (■) 80°C y (▲) 90°C .

Una forma de cuantificar el efecto de la temperatura en el deterioro del color, es aplicar la ecuación de Arrhenius a la variación de las constantes cinéticas en función de la temperatura.

La cromaticidad b^* y los cambios de color expresados por la relación $L \times a^* \times b^*$ y b^* indican que la energía de activación (E_a) en estas relaciones es de 36.3 y 36.8 kJ/mol respectivamente. Valores elevados de (E_a) indican sensibilidad en la degradación y cambios de color [13]. Estos parámetros permiten monitorear el cambio en las propiedades del producto. Las constantes de velocidad son del orden de 6.33×10^{-4} (70°C); 1.50×10^{-3} (80°C) y 2.44×10^{-3} (90°C). Cambios en el contenido de azúcares y formación del hidroximetil furfural contribuirían notablemente en la caracterización y dependencia térmica de los cremogenados de frutas.

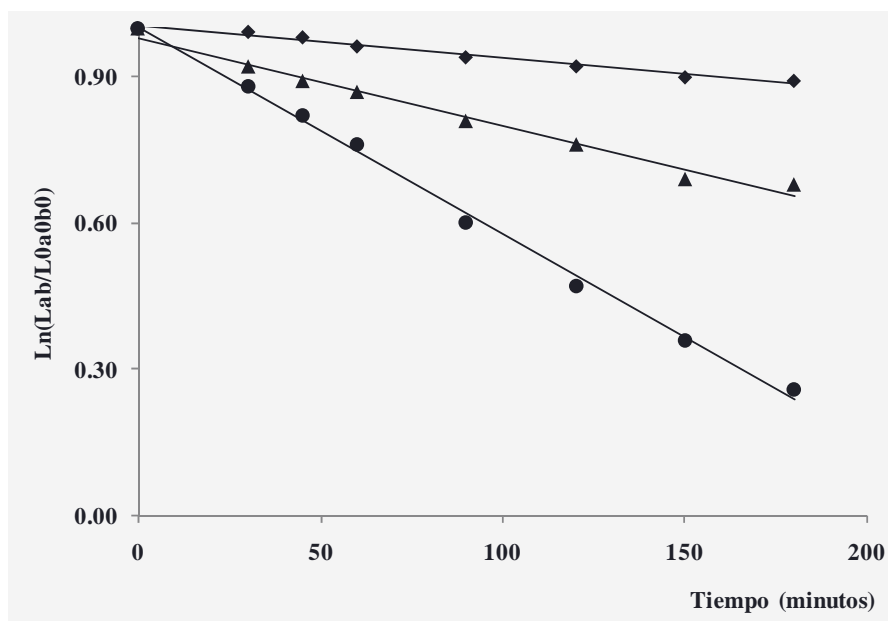


Figura 2. Relación cinética de primer orden para la degradación del color en cremogenados de mango hilacha a las temperaturas de (♦) 70; (▲) 80 y (●) 90°C.

CONCLUSIONES

La degradación térmica del color en los cremogenados de mango hilacha se ajusta a un modelo cinético de primer orden, la constante de degradación respecto de la temperatura igualmente El parámetro de cromaticidad amarillo/azul (b^*), se convierte en el parámetro físico en la degradación del color. La constante de velocidad sigue la relación de Arrhenius. En este estudio se demuestra que los parámetros a^* y b^* decrecen con el tiempo en la medida en la cual se incrementa la temperatura. Igualmente la relación $L \times a^* \times b^*$ es la combinación más apropiada que describe la cinética de pardeamiento del cremogenado. La energía de activación es de 36.3 a 36.8 kJ/mol. La pérdida de color puede ser usada en procesos de calidad para verificar la estabilidad térmica del producto.

REFERENCIAS

- [1] F. Forero Longas, G. Salamanca Grosso, E. García Barros, A. P. Pulido, D. Castro, L. García, W. Jimenez. Parámetros fisicoquímicos de los frutos de mango hilacha (*Mangifera indica*. Var. *Magdalena river*). En Propiedades Fisicoquímicas y sistemas de Procesado. Universidad del Tolima. 117-121 (2006).
- [2] G. Salamanca. Evolución y perspectivas de la investigación en el estudio de las propiedades fisicoquímicas, estabilidad, microbiológica y enzimática de cremogenados de frutas tropicales. Alimentos Ciencia e Ingeniería. Revista Facultad de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Ambato. Vol. 16 (1). 67-72. Ecuador (2007).
- [3] D. Gómez, G. Cáez, M. Pardo. Estudio de los parámetros de color en papaya (*Carica papaya*), liofilizada sometida a pretratamiento de deshidratación osmótica. Memoria Técnica V. Congreso Iberoamericano de Ciencia y Tecnología de Alimentos CIBIA V. México. Tomo I. 1-6. (2005).
- [4] J. Ahmed, U. S. Shivhare, G. Singh. Chlorophyll and color of green chilli puree as affected by mesh size and temperatura. International Journal of Food properties. 3. 305-315. (2000).
- [5] E. Alena, B. Fallico, E. Maccahona. Influence of carotenoids and pulps on the color modification of blood orange juice. J. Food. Sci. 65. 458-460. (2000).
- [6] G. Salamanca; F. Forero; J. García. C. Díaz, B. Salazar. Avances en la caracterización, conservación y procesamiento del mango (*Mangifera indica* L.) en Colombia. Revista Tumbaga. Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima. Vol. 2. 57- 64. Octubre (2007).
- [7] A. Ibartz, J. Pagan, S. Garza. Kinetic models for color changes in pear puree during heating at relatively high temperaturas. Journal of food Engeenering. 39. 415-422 (1999).
- [8] M. Guanawan, S.A. Barringer. Green color degradation of blanched broccoli (*Brassica oleraceae*) due to acid and microbiological growth. J. Food Process Preserv. 24. 253-263 (2000).
- [9] J. Ahmed, U. S. Shivhare, Sandhu, K. Thermal degradation kinetics of carotenoids and visual color of papaya puree. J. of Food science. 67. 2692-2695. (2002).
- [10] J. Ahmed, A. Kaur, S. Shivhare. Color degradation kinetics of spinash mustarted and mixeed puree. J. Food Sci. 67. 1088-1091. (2002).
- [11] S. Garza, J. Giner, O. Martin, E. Costa, A. Ibartz. Evolucon del color, azucares y Hamf en el tratamiento térmico de zumos de manzana. Food Science and Tecnology International. 2 101-110. (1996).
- [12] AOAC. Official Methods of Analysis, 18th Ed. (2006).
- [13] A. Ibartz, T. Casero, R. Miguelsaenz, J. Pagan. Efecto de la temperatura en la cinética de pardeamiento no enzimático en zumos clarificados de pera con diferente contenido de sólidos solubles. Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos. (29) 539-537. (1989).