

# ANÁLISIS DEL ESTADO DE MADUREZ DE CIRUELA DE NATAL (*Carissa macrocarpa*) MEDIANTE ESPECTROSCOPIA UV-Vis-NIR

Porón Boch, Omar Estuardo (1); Trejo Duran, Mónica (2)

1 [Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala] | Dirección de correo electrónico: [omar.poron@gmail.com]

2 [Departamento de estudios multidisciplinarios, División de ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [mtrejo@ugto.mx]

## Resumen

El objetivo general de la presente investigación es analizar el estado de madurez de ciruela de natal mediante espectroscopía UV-Vis-NIR. Por doce (12) días se examinaron ciruelas de natal por espectrofotometría (VIS/NIR) como método no destructivo y los resultados se relacionaron con los valores obtenidos por métodos destructivos en los que se determinaron la firmeza, sólidos solubles totales (°Brix) y acidez (pH). Los resultados del análisis espectrofotométrico muestran que en un rango de 530 – 560 nm, 602 – 610 nm y de 650 – 680 nm se encuentra información muy importante que se relaciona a los cambios que se muestran en los resultados de las pruebas destructivas.

## Abstract

The overall objective of this research is analyze the state of maturity of natal plum by UV-Vis-NIR spectroscopy. For twelve (12) days of natal plums were examined by spectrophotometry (UV-Vis/NIR) as non-destructive method and outcomes related to the values obtained by destructive methods which were determined firmness, total soluble solids (°Brix) and acidity (pH). The spectrophotometric analysis results show that in a range of 530 – 560 nm, 602 – 610 nm and 650 – 680 nm present important information that relates to the changes that are shown in the results of destructive test.

## Palabras Clave

Ciruela de natal; Ultravioleta visible e infrarrojo cercano (UV-Vis-NIR); Sólidos solubles totales (SST); Acidez (pH); Firmeza

## INTRODUCCIÓN

El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos; la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin que sea fácil establecer cuando acaba una y empieza la otra. [1]

El fruto de la planta *Carissa* es la Ciruela de Natal, fruto de color rojo intenso, su superficie es lisa y de forma ovalada, midiendo aproximadamente entre 4 y 6 centímetros de longitud. Cuando el fruto aún no está maduro es de color verde y está recubierto por una fina capa de látex. En su última fase de madurez aparecen unas rayas color carmesí. En el corazón de la ciruela tiene aproximadamente entre 6 y 14 semillas pequeñas, finas y planas. [2]

Existen diferentes análisis físico-químicos que determinan la calidad en frutas frescas mediante técnicas convencionales como lo son: sólidos solubles totales (SST), volumetría, firmeza, colorimetría y acidez (pH); por otro lado, están técnicas espectroscópicas algunas de ellas son ultravioleta-visible (UV-Vis) y de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR), concluyendo que pueden ser empleadas conjuntamente y su elección depende de la información requerida y del cumplimiento de las normas vigentes para garantizar un producto de alta calidad en la industria frutícola. [3]

El uso de luz ultravioleta visible e infrarrojo cercano UV-Vis-NIR juntos con métodos quimiométricos se utilizaron para discriminar muestras de brandies de ciruela de alta calidad (*Slivovica*) de diferentes orígenes, teniendo espectro NIR en el rango de número de onda 4000-7500  $\text{cm}^{-1}$  y para UV-Vis en el intervalo de longitud de onda de 220-320 nm; permitiendo la clasificación del aguardiente de ciruela según el tiempo de cosecha como ciruela temprana (verano) y tardía (otoño) con un 100% para los pasos de calibración y predicción. [4]

Al realizar la revisión bibliográfica no se ha encontrado ninguna investigación con relación a la fruta a trabajar, por lo cual, el objetivo de este trabajo es analizar ciruela de natal (*Carissa macrocarpa*) usando un espectrómetro de UV-Vis-NIR como método no destructivo para determinar el grado de madurez del fruto y relacionarlos con valores obtenidos mediante técnicas destructivas (SST, pH y firmeza).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Colección de muestras

Las ciruelas de natal se recolectaron de la cosecha del árbol ubicado en la casa de residencia de la Doctora Mónica Trejo Durán, seleccionaron 95 ciruelas de diferentes tamaños y en diferentes etapas fisiológicas (crecimiento, maduración y senescencia). Las ciruelas de natal se almacenaron bajo condiciones ambientales para su maduración natural; clasificándolas en grupos según su etapa fisiológica, siendo estas: sarazo (verde), iniciando maduración (verdes con rayas), media maduración (amarillas y/o rayadas), maduración completa (rojas) y senescencia (corinto y/o violeta). De manera aleatoria se seleccionaron 4 ciruelas de cada grupo, para realizar las mediciones en el espectrómetro; asimismo un mínimo de 4 ciruelas de cada grupo fueron usadas para determinación de firmeza, sólidos solubles totales y acidez (pH).

### Determinación de firmeza

Se utilizó el equipo Texture Analyser TA-XT2 para realizar la prueba mecánica de textura, el cual registró en Newton (N) la fuerza mecánica que fue necesaria para penetrar los tejidos celulares de la piel de la ciruela de natal en el punto de bioruptura. El equipo se adaptó con una probeta cilíndrica de 4 mm de diámetro, penetrando 7 mm a una velocidad de 1 mm/s.

## Determinación de sólidos solubles totales (SST)

Se empleó un refractómetro, modelo Hanna Instruments H196801 con rango de 0 – 85 °Brix, para determinar el contenido de sólidos solubles totales del jugo extraído de la pulpa de la ciruela de natal. La concentración de sólidos solubles totales se expresó como grados brix (°Brix).

## Determinación de acidez (pH)

Se determinó cuantitativamente el nivel de acidez con el jugo extraído de la pulpa de la ciruela de natal a través de su valor de pH, empujando un conductímetro PH120 en una escala de 0 a 14.

## Análisis UV-VIS-NIR

Se analizaron 18 ciruelas de natal de los distintos grupos en que se clasificaron, cada una en cuatro puntos alrededor del ecuador, utilizando el espectrómetro HR4000CG-UV-NIR marca Ocean Optics; obteniendo 72 espectros por día, los cuales se promediaron para obtener un espectro representativo por día.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Firmeza

La maduración de los frutos en muchos casos, es acompañada por su ablandamiento. En las primeras etapas de maduración del fruto su textura y consistencia son óptimas; durante la maduración la sustancia adherente de las células, la pectina, va degradándose junto con las sustancias pécticas, lo cual altera la textura y la consistencia del fruto. [5]

La firmeza de la cáscara de la ciruela de natal comienza a disminuir de una forma acelerada; entre los días 4 al 6 ya pierde un 48.57% del valor inicial. Los valores encontrados para los días 6 al 9, no se presentan como significativos en cuanto a la pérdida de firmeza, tiene una disminución de una forma muy lenta. A partir del día 9, se puede determinar una pérdida de firmeza constante y progresiva, ya que para el día 11 cuenta con una pérdida de firmeza 0.77%, lo que equivale a un resistencia de 5.67 Newtons de fuerza del texturómetro.

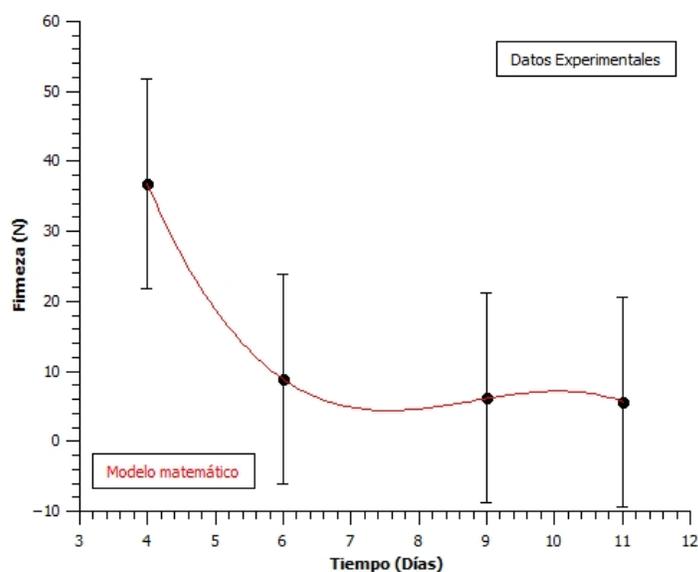


IMAGEN 1: Comportamiento de la firmeza a través de los días.

## Sólidos solubles totales (SST)

Uno de los aspectos que refleja la madurez es el comportamiento de los SST o grados Brix. El contenido de SST está constituido por 80 a 95% de azúcares los cuales se asocian con los azúcares disueltos en el jugo celular. <sup>[5]</sup>

El contenido de SST, medida del sabor que se expresa como indicador de la madurez y de la calidad gustativa, se puede observar un comportamiento descendente desde el día 4 al 11. Las reducciones de los SST entre los días 4 y 6, y entre 9 y 11 fueron significativas; por otro lado, la reducción presentada entre los días 6 al 9 fue constante y rápida. Según Kader presenta un valor estimado mínimo de SST que debe tener para ser cosechado, siendo este valor para las ciruelas de 12 °Brix. Teniendo un valor de 12.9 °Brix en el día 11 nos indica que nuestro fruto fue cosechado correctamente. <sup>[6]</sup>

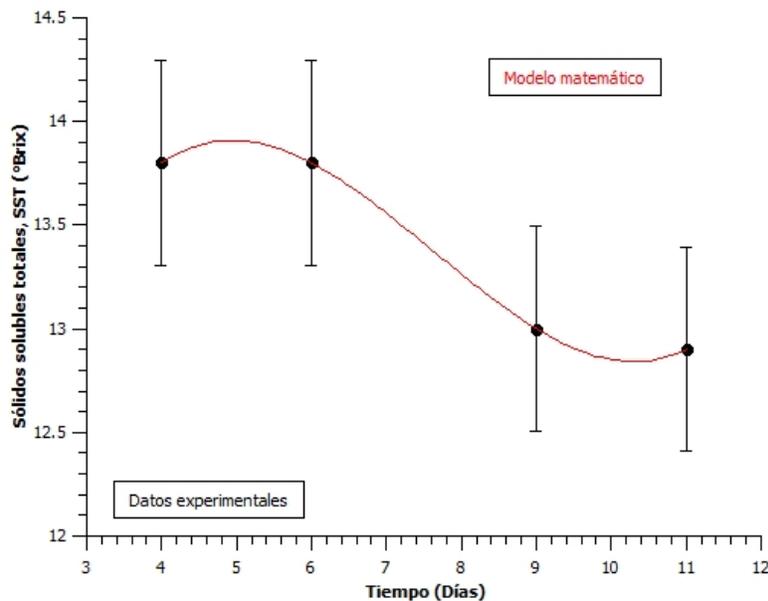
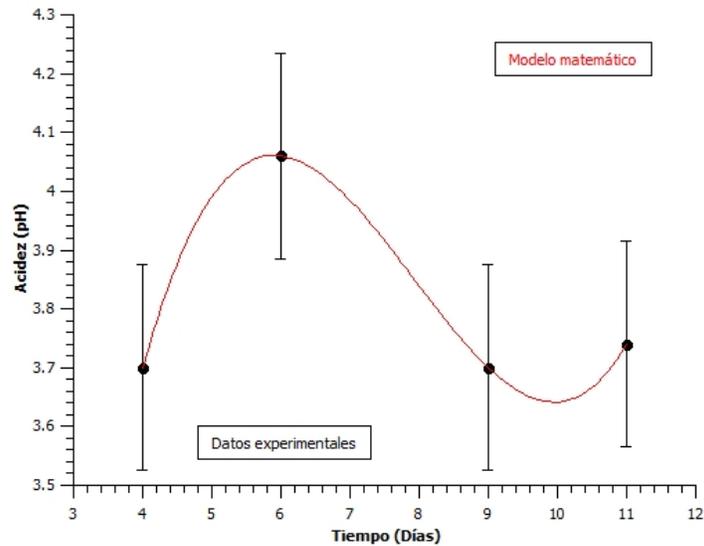


IMAGEN 2: Comportamiento de SST a través de los días

## Acidez (pH)

Se encontraron valores de pH entre 3.70 y 4.06 en los estados de madurez de la ciruela de natal lo que muestra un comportamiento ascendente con un máximo en el día 6 lo cual se predice que es el día en que la ciruela de natal llega a su madurez óptima, y un descenso constante y progresivo con valores significativos en los días 6 al 11.

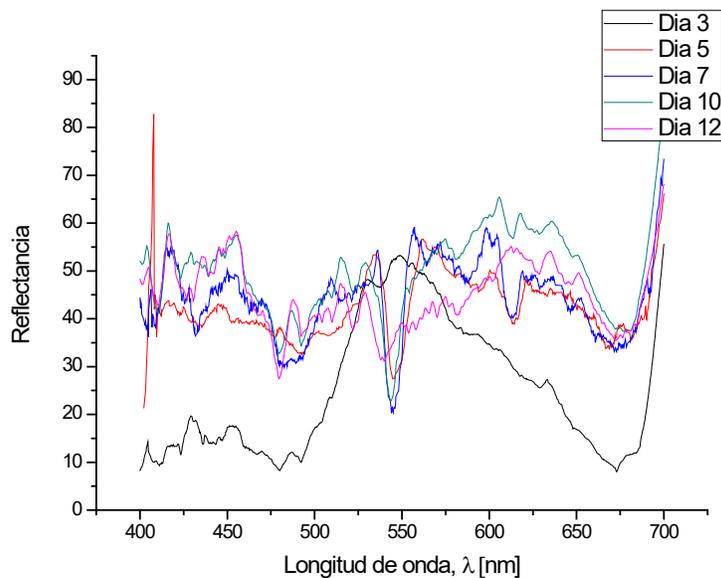
En los frutos más del 90% del volumen celular lo ocupa la vacuola, la cual usualmente es muy ácida, con un pH menor que 5, <sup>[7]</sup> afirmación que coincide con los resultados encontrados en los frutos de la ciruela de natal.



**IMAGEN 3: Comportamiento del pH a través de los días.**

### Análisis UV-Vis-NIR

Los espectros UV-Vis-NIR de onda corta se adquirieron sobre el rango de longitud de onda de 400 a 700 nm. Las curvas de reflectancia de las ciruelas de natal en los días analizados presentaron un cambio notorio en el rango de longitud de onda de 530 y 560 nm, donde la clorofila absorbe energía radiante, por lo que las ciruelas de natal en su estado sarazo (verde) presentan menor reflectancia, conforme se madura desaparece y aparece otros pigmentos incrementando la reflectancia principalmente en el visible entre 602 y 610 nm de longitud de onda, partiendo de la longitud de onda de 616 nm el espectro se comporta constante donde no refleja debido a que su firmeza (textura) va degradándose hasta llegar a su etapa de senescencia donde se refleja un descenso entre 650 y 680 nm de longitud de onda.



**IMAGEN 4: Firmas espectrales de ciruela de natal.**

## CONCLUSIONES

El espectro correspondiente al día 7 del análisis presenta cambios significativos, parámetros confirmados en métodos destructivos y no destructivos, por lo que se determinó que es el día más aconsejable de consumir la ciruela de natal para degustar agradablemente la calidad de esta fruta.

Del mismo modo, el análisis mediante espectroscopía UV-Vis-NIR se recomienda como herramienta para determinar la maduración de ciruela de natal.

Sin embargo, se recomienda realizar estudios adicionales principalmente acidez titulable para comparar valores con la acidez medida con conductímetro para reforzar la base de datos, asimismo, incrementar el número de muestras en las pruebas no destructivas.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por la puerta que abrió cuando se cerraron muchas, a la Dra. Mónica Trejo por su tiempo, enseñanza, confianza y el creer en mí a lo largo del proyecto, el Dr. Noé Saldaña Robles por el apoyo y tiempo dedicado al proyecto, a mis compañeros por los conocimientos brindados en relación a la ciudad de Yuriria. Del mismo modo, agradezco a mis padres Omar y Sara de Porón y familia por su apoyo incondicional. Para finalizar agradezco a la Universidad de Guanajuato por ser el medio para realizar este proyecto y la oportunidad de prepararme y adquirir un valor intangible en el área de investigación.

## REFERENCIAS

- [1] Brezmes Llecha, J. Técnicas de control de calidad en fruta. Diseño de una nariz electrónica para la determinación no destructiva del grado de maduración de la fruta (pp. 13-34). Catalunya.
- [2] Ciruela de Natal, fruto de la Carissa. (19 de Julio de 2017). Recuperado el 16 de Julio de 2018, de CarissaPedia: <https://carissapedia.com/fruto-ciruela-natal/>
- [3] Cazar Villacís, I. M. (2016). Análisis físico-químico para la determinación de la calidad de las frutas. Tesis pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Quito.
- [4] Jakubíková, M., Sádecká, J., & Kleinová, A. (2018). On the use of the fluorescence, ultraviolet-visible and near infrared spectroscopy with chemometrics for the discrimination between plum brandies of different varietal origins. *Food Chemistry*(239), 889-897.
- [5] Del Pilar Pinzón, I. M., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims*). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83 - 95.
- [6] Kader, A. A. (1998). Flavor Quality of fruits. En: *Management of fruit ripening*. A. A. Kader (Ed.). Postharvest horticulture series no. 9. Postharvest outreach program, Department of Pomology, University of California, Davis.
- [7] Nanos, G.D. y A.A. Kader. (1993). Low O<sub>2</sub>-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. *Postharvest Biol. Technol.* 3, 285-291.