

---

**USO DE LA ESPECTROSCOPIA VIS/NIR PARA EL ESTUDIO DE  
PARDEAMIENTO INTERNO EN MANZANAS CV. CRIPPS PINK****FRANCISCA IGNACIA SAZO RIOSECO  
INGENIERO AGRONOMO****RESUMEN**

El pardeamiento interno es un desorden fisiológico ampliamente citado en manzanas cv. Cripps Pink. El pardeamiento interno es la manifestación de algunas condiciones fisiológicas de la fruta que son influenciadas por una combinación de factores de pre y postcosecha durante el crecimiento y desarrollo del fruto. Con el objetivo de evaluar la habilidad de la espectroscopia VIS/NIR como un método no destructivo para monitorear el desarrollo de pardeamiento interno (PI) en postcosecha. Durante la temporada 2012/2013 manzanas del cultivar Cripps Pink provenientes desde tres huertos ubicados en distintas zonas agroclimatológicas de Chile fueron analizadas a cosecha y luego de 120 y 180 días de almacenaje. Se tomaron 20 muestras por huerto para cada medición. Se efectuaron cuatro mediciones de reflectancia por fruto, dos mediciones entre los 250-800 nm y dos entre los 250-1100 nm mediante el espectroradiómetro Stellar Net Inc. (Florida, USA), posteriormente evaluaciones de índices de madurez, más incidencia y severidad a pardeamiento interno, se realizaron luego de 120 y 180 días en FC (0,5-1°C, 85-90% HR) más siete días a 20°C. Para la eliminación del ruido espectral se utilizaron tres técnicas de preproceso: suavizado a través de la técnica Savinsky-Golay (orden: 2, ventana: 45 puntos), normalización a través de MCS (Multiple Scattering Corrections), y un filtrado EPO (External Parameter Orthogonalization) (2 Principal Components). Un análisis de detección entre manzanas dañadas (clase 1) y sanas (clase 0) se llevó a cabo mediante un análisis de componentes principales (ACP) y luego análisis de discriminación por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) para la separación las categorías (clase 1 y 0). Y por último iPLS-DA para la obtención de las principales bandas de las longitudes de onda involucradas en la discriminación de las clases a través de PLS- Toolbox para MATLAB v 7.5 (Eigenvector Research Inc., USA).

Todos los huertos presentaron incidencia a pardeamiento interno durante el almacenaje refrigerado. Los ACP mostraron agrupaciones de frutos sanos y dañados principalmente luego de los 180 días con una varianza total de dos

---

componentes principales de 93,46% para pardeamiento interno difuso, 90,03% radial, 94,43% mixto y 93,33% para pardeamiento interno total. Por otro lado, en el análisis PLS-DA, la especificidad y sensibilidad del modelo discriminativo fueron más asertivos para: pardeamiento interno difuso, con una sensibilidad del 82,4% con 0% de incidencia. El pardeamiento interno mixto presentó una sensibilidad del 84,6% con 0% incidencia y una especificidad del 64,9% por sobre el 65% de incidencia. Por último, el pardeamiento interno total presentó una sensibilidad del 90,6% con 0% incidencia y una especificidad del 78,6% por sobre el 60% de incidencia. Las evaluaciones de la firma espectral permitieron discriminar grupos de frutos con pardeamiento interno y frutos sanos para PI difuso y mixto, no así para radial. Las principales longitudes de onda involucradas en la discriminación de las clases en PI Difuso, Mixto y Total se presentan entre los 650-800 nm ubicándose en el peak de la absorción de clorofila y al inicio del infrarrojo cercano. Palabras claves: Cripps Pink, Pardeamiento Interno, Espectroscopia Vis/NIR, Firma espectral, Modelo Discriminativo.

## ABSTRACT

The internal flesh browning is a physiological disorder widely quoted in cv. Cripps Pink apples. Internal browning is the manifestation of some physiological conditions of the fruit that are influenced by a combination of pre- and postharvest factors during growth and fruit development. In order to evaluate the ability of VIS/NIR spectroscopy as a nondestructive method to monitor the development of flesh browning (FB) in postharvest. During the 2012/2013 season cv. Cripps Pink apples, coming from three orchards located in different agroclimatic region of Chile, were analyzed at harvest and after 120 and 180 days of storage. Twenty samples were taken per each orchard for measurement. Four reflectance measurements were made per fruit, two measurements between 250-800 nm and 250-1100 nm were taken by Stellar Net Inc spectroradiometer (Florida, USA), subsequently assessments maturity index, incidence and severity of flesh browning, were performed after 120 and 180 days in RA storage (0.5-1 °C, 85-90% RH) plus seven days at 20°C. To the elimination of the spectral noise, three preprocessing techniques were used: Smoothing through Savinsky-Golay technique (order: 2, window: 45 points), normalization through MCS (Multiple Scattering Corrections), and an EPO filter (External Parameter Orthogonalization) (2 Principal Components). One detection analysis between damaged apple (class 1) and healthy (class 0) was performed using a principal component (PCA) and a partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) for separating the categories (Class 1 and 0). And finally iPLS-DA to obtain the leading bands of wavelengths involved in the discrimination of classes through PLS Toolbox for MATLAB v 7.5 (Eigenvector Research Inc., USA).

All orchards presented internal browning incidence during refrigerated storage. The PCA showed clusters of healthy fruit and damaged mainly after 180 days with a total variance of two main components of 93.46% for diffuse flesh browning, 90.03% radial, 94.43% mixed, and 93.33% for total internal browning. On the other hand, the PLS-DA analysis, the specificity and sensitivity indexes of discriminative model were more assertive for: diffuse flesh browning, with a sensitivity of 82.4% with 0% of incidence. The mixed flesh browning had a sensitivity of 84.6% with 0% of incidence and 64.9% of specificity over the 65% of incidence. Finally, the total flesh browning had a sensitivity of 90.6% with a 0% of incidence and a specificity of 78.6% over the 60% of incidence. Evaluations of the spectral data allowed

---

discrimination of batches of fruits with flesh browning and healthy fruit to diffuse FB and mixed, but not for radial. The main wavelengths involved in the discrimination of classes in diffuse FB, mixed and total, occur between 650-800 nm reaching the peak of the absorption of chlorophyll and the beginning of the near infrared.

Keywords: Cripps Pink, Internal Browning, VIS/NIR Spectroscopy, Spectral Data, Discrimination Model.