

Resumen

El cacao es un producto de alto valor, no únicamente por sus características sensoriales, sino porque también presenta un alto contenido en antioxidantes y alcaloides estimulantes con efectos saludables. Debido a la alta demanda, la industria del cacao en polvo tiene el desafío de asegurar la calidad de grandes volúmenes de producción de una manera rápida y precisa, evitando la presencia de contaminantes o adulterantes en la materia prima, ofreciendo productos donde se preserven las propiedades saludables. La espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR) es una tecnología rápida y no destructiva útil en el análisis de productos alimentarios. La presente tesis doctoral se centra en evaluar el potencial uso del NIR como una herramienta de control de calidad con el fin de poder resolver problemas que se presentan en la industria del cacao en polvo. Los problemas a resolver incluyen la detección de materiales no deseados o adulterantes en el cacao en polvo, y la monitorización rápida y precisa del contenido de flavanoles y metilxantinas del cacao en polvo durante el proceso de alcalinización. El primer capítulo evalúa la viabilidad del NIR, en combinación con análisis quimiométricos, en la detección de la presencia de materiales no deseados o adulterantes como son cascarilla de cacao o harina de algarroba. Para ello, diferentes muestras de cacao en polvo natural y con diferentes niveles de alcalinización (suave, medio y fuerte) fueron mezcladas con distintas proporciones de cascarilla de cacao (con cacao natural) o harina de algarroba (con cacao natural y alcalinizado).

Los resultados obtenidos indican que el NIR, combinado con modelos estadísticos tales como el análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) y la regresión parcial de mínimos cuadrados (PLS), es un método rápido y eficaz para identificar cualitativa y cuantitativamente materiales no deseados o adulterantes como la cascarilla y la algarroba en cacao en polvo, independientemente del grado de alcalinización o el nivel de tostado de la harina de algarroba. Mediante PLS-DA, para el estudio de la mezcla de polvo de cacao con cascarilla de cacao, el 92,5% de las muestras se clasificaron correctamente en dos grupos: muestras con un

contenido de cascarilla inferior al 5% (considerado el límite de aceptación en polvo de cacao por el Codex Alimentarius) y contenidos de cascarilla entre 5 y 40%. En el estudio de la adulteración de cacao en polvo con harina de algarroba, el 100% de las muestras se clasificaron correctamente en tres grupos: cacao, harina de algarroba y mezclas. En ambos estudios, fue posible calcular el porcentaje de adulterante y material no deseado presente en las muestras mediante la construcción de modelos de regresión PLS. En relación a la cascarilla de cacao, el mejor modelo de predicción PLS se obtuvo con 1 LV con un R^2 de 0,975 y 0,967, respectivamente, y un error cuadrático medio de 1,91 y 2,43%, para los conjuntos de calibración y validación externa, respectivamente. Para el estudio de adulteración con harina de algarroba, el modelo de regresión PLS se obtuvo con 1 variable latente (LV) con un R^2 de 0,980 y 0,974, y un error cuadrático medio de 2,9 y 3,2% para los conjuntos de calibración y validación externa, respectivamente.

En el segundo capítulo, el análisis composicional del cacao en polvo se orientó al control de los cambios producidos en el contenido de flavanoles y metilxantinas debidos al proceso de alcalinización al que se somete el cacao en polvo. Se determinó el contenido de catequina, epicatequina, cafeína y teobromina mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), correlacionándose los contenidos obtenidos para cada uno de estos compuestos con las determinaciones NIR. Se obtuvieron buenos modelos para la predicción de los compuestos mediante regresión PLS con valores superiores a 3 para la relación entre el rendimiento y la desviación (RDP), lo cual demuestra que los modelos obtenidos pueden ser utilizados para la rápida y fiable predicción del contenido de flavanoles y metilxantinas en cacaos naturales y con diferentes niveles de alcalinización.