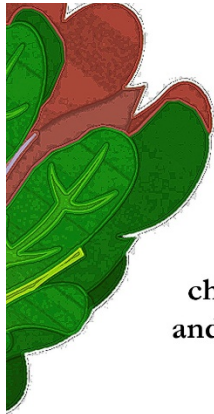


# TESIS GANADORA DEL “IV PREMIO CÁTEDRA AGROBANK A LA MEJOR TESIS DOCTORAL”

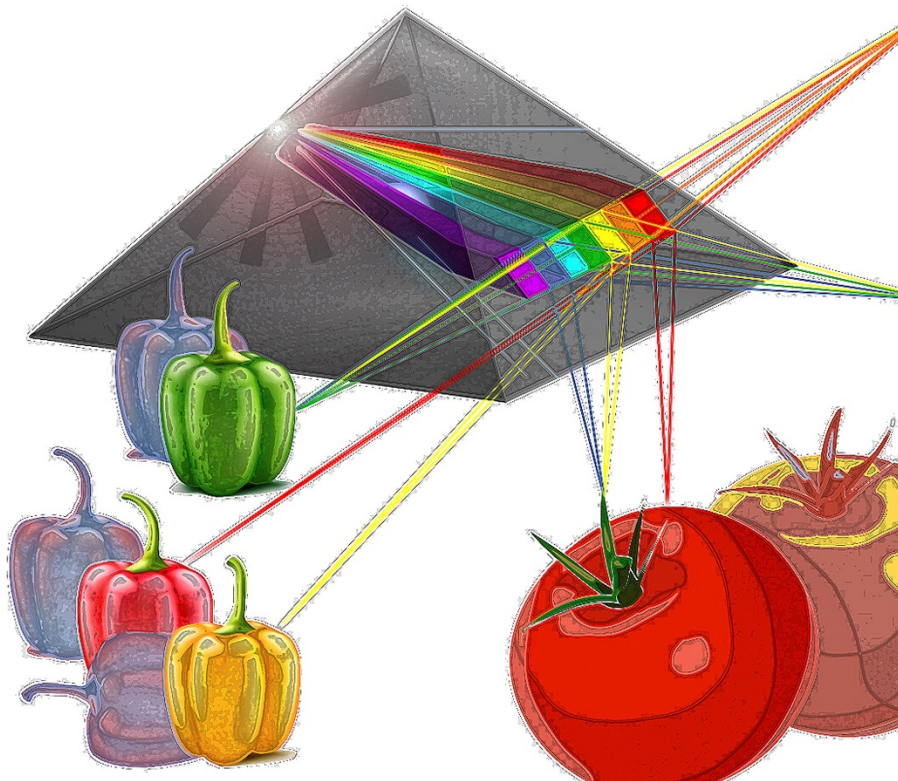


UNIVERSITY OF CÓRDOBA

Near infrared spectral sensors for the  
characterization, authentication and quality  
and safety assurance of horticultural products

PhD Dissertation

Irina Torres Rodríguez



## **RESUMEN DE LA TESIS GANADORA DEL “IV PREMIO CÁTEDRA AGROBANK A LA MEJOR TESIS DOCTORAL”**

**Autora: Dra. Irina Torres Rodríguez.**

**Directores: Dra. M<sup>a</sup> Teresa Sánchez Pineda de las Infantas y Dra. Dolores Pérez Martín.**

**Título: Sensores espectrales de infrarrojo cercano para la caracterización, autenticación y aseguramiento de la calidad y seguridad de productos hortofrutícolas.**

### **RESUMEN**

Los productos hortofrutícolas tienen una gran importancia económica y nutricional a nivel mundial, siendo básicos en una dieta equilibrada. En este tipo de productos es clave que su recolección se realice en el momento de madurez considerado como óptimo en función de su destino final. Además, se debe llevar a cabo un control fiable de calidad y seguridad alimentaria tanto en la recepción en la industria como durante su procesado. Por tanto, los productores, la industria, los responsables de realizar las inspecciones de control de calidad y seguridad y, finalmente, los consumidores, demandan tecnologías que proporcionen información exacta y útil sobre los parámetros que influyen directamente sobre la calidad y seguridad de una fruta u hortaliza y sobre su autenticación, siendo clave el que dichas tecnologías no estén limitadas por sus costes, su carácter destructivo o sus tiempos de análisis.

La Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (en inglés, Near Infrared Reflectance Spectroscopy, NIRS) ha demostrado su capacidad para ser utilizada con éxito en el sector agroalimentario, con ventajas específicas frente a otras técnicas analíticas como son la alta velocidad de respuesta, el ser no destructiva, respetuosa con el medioambiente, multi-producto y multi-parámetro, así como proporcionar una señal digital única de cada producto que puede ser ligada a otras tecnologías de la información y de la comunicación, proporcionando sistemas de control automatizados de última generación.

Los sensores NIRS han sido utilizados principalmente en la industria hortofrutícola en aplicaciones "at-line" o "ex-post". Recientemente, existe un gran interés, a nivel científico-técnico, por la aplicación in situ, tanto en campo como en la línea industrial de transformación, de este tipo de sensores, lo que permitiría la implantación, en la cadena alimentaria, de sistemas de toma de decisiones en tiempo real, aumentando la eficiencia productiva y el control de la calidad y seguridad de los productos elaborados. La evolución y mejoras en la instrumentación, orientada hacia su miniaturización, una mayor portabilidad y estabilidad en condiciones no controladas están permitiendo que se pueda abordar la posibilidad de realizar el control de materias primas, productos y procesos in situ que está demandando el sector hortofrutícola. No obstante, en este ámbito de enormes potencialidades quedan numerosos aspectos en los que profundizar, principalmente los relativos a la optimización de la medida, al procesado de los datos espectrales y a su conexión con sistemas de apoyo a la decisión, que posibiliten que este tipo de aplicaciones sean una realidad.

El objetivo principal de esta Tesis Doctoral ha sido desarrollar modelos NIRS precisos y robustos para la predicción de parámetros de calidad y seguridad en frutas y hortalizas durante el

seguimiento de maduración y en la recepción en la industria, así como en las líneas de clasificación. Con este propósito se han evaluado dos espectrofotómetros comercialmente disponibles, uno muy adecuado para efectuar mediciones in situ, directamente sobre producto en la mata (espectrofotómetro basado en la tecnología de filtros lineales variables, en inglés conocida por sus siglas LVF) y el otro idóneo para su utilización en las líneas industriales de clasificación (espectrofotómetro basado en espectroscopía NIR por Transformada de Fourier, en inglés, FT-NIR).

Asimismo, el presente Trabajo de Investigación analizó la viabilidad de utilizar un espectrofotómetro manual, portátil, basado en tecnología MEMS (en inglés, microelectrical mechanical system), para la autenticación de hortalizas en función de su origen. Igualmente, un modelo más actual del instrumento MEMS empleado en la determinación anterior, fue utilizado para el desarrollo y evaluación de modelos predictivos NIRS para la optimización del manejo de factores precosecha (irrigación), destinados a favorecer la toma de decisiones en tiempo real en campo.

También se ha llevado a cabo el desarrollo de estrategias de calibración avanzadas para la predicción de parámetros de calidad físico-química en frutas del género Citrus, durante su proceso de maduración en árbol, empleando para ello un instrumento NIRS manual, portátil basado en tecnología MEMS.

Finalmente, se ha iniciado la puesta a punto de una metodología de análisis destinada a la determinación del rendimiento de cosecha en naranjas verdes en árbol, empleando para ello el análisis de imágenes hiperespectrales.

Los resultados obtenidos en los distintos trabajos de investigación que forman parte de esta Tesis Doctoral han puesto de manifiesto el potencial de la tecnología NIRS para su incorporación in situ en el sector hortofrutícola, como sensor que proporcionará una huella espectral única de cada producto, de utilidad para la trazabilidad de los mismos, y asimismo, como un registro óptico de enorme interés para controlar que el producto cumple unos estándares de calidad y de seguridad determinados, de acuerdo a las distintas normativas que regulan su uso industrial.

Asimismo, los resultados del análisis de imágenes hiperespectrales indican que es posible utilizar un número reducido de longitudes de onda del rango del infrarrojo cercano del espectro para la estimación del rendimiento de cosecha en naranja, lo cual permitirá el desarrollo futuro de equipos de bajo coste y peso reducido para la detección de frutos verdes sanos, posibilitando su

integración en vehículos aéreos no tripulados para la obtención de imágenes con una alta resolución espectral y espacial. No obstante, el trabajo desarrollado es sólo el inicio de una línea de investigación compleja, de gran actualidad y valor para las necesidades del sector agroalimentario, en general, y del cítrico, en particular.