

La tecnología NIRS presenta un amplio abanico de aplicaciones en los más diversos campos y se muestra como una importante herramienta analítica en la industria agroalimentaria.

Instrumentación para la espectroscopía de infrarrojo cercano

GLORIA BERGERA¹, CARMEN JARÉN, SILVIA ARAZURI, IGNACIO ARANA

Dpto. de Proyectos e Ingeniería Rural Universidad Pública de Navarra
¹cjaren@unavarra.es



Tal y como comentábamos en la "Introducción al Infrarrojo cercano" (www.horticom.com?62967, Horticultura Internacional-52, mayo de 2006), la tecnología NIRS presenta un amplio abanico de aplicaciones en los más diversos campos y se muestra como una importante herramienta analítica en la industria agroalimentaria. Esta herramienta, tal como es entendida en la actualidad, es una síntesis de espectroscopía, matemática, estadística, e instrumentación. Este último elemento, decisivo en el desarrollo de esta tecnología, es al que nos vamos a referir a continuación.

Los primeros instrumentos NIRS fueron desarrollados para medir parámetros simples como humedad y proteína en soja. Dentro del análisis de producto ente-

Equipo portátil Luminar 5030 de Brimrose empleado para ensayos con productos hortofrutícolas en la Universidad Pública de Navarra.

ro, una de las primeras aplicaciones fue la evaluación de la calidad en huevo. Eran equipos de filtros. Con la aparición en la década de los 80 de los instrumentos de barrido continuo esta tecnología ha experimentado un avance espectacular.

También el desarrollo de la estadística ha sido fundamental

en el progreso de esta tecnología como método de análisis. Desde la década de los 60, en la que Karl Norris aplicó la aproximación estadística del análisis de regresión a la reflectancia difusa, la tecnología NIRS ha evolucionado enormemente, pasando a considerarse hoy en día un potente sensor para el análisis cualitativo y cuantitativo en la industria agroalimentaria, farmacéutica, química y en determinadas aplicaciones en medicina, medioambiente, etc... (Davies y Williams, 1996).

El desarrollo de esta tecnología para el análisis está, por tanto, directamente relacionada con el desarrollo de la quimiometría, es decir, con el desarrollo de procedimientos de modelos de estimación mediante tratamiento de análisis de datos multivariantes, que a

La tecnología NIRS, tal como es entendida en la actualidad, es una síntesis de espectroscopía, matemática, estadística, e instrumentación. La instrumentación es un elemento decisivo en el desarrollo de esta tecnología

Cuadro 1:

Capacidad de medición y detección del nº de ondas en función del equipo utilizado.

Velocidad de medida en función del equipo	Longitudes de onda por segundo
Sistemas a filtros	300
Monocromadores de rastreo	1.500
AOFT (Filtro acústico-óptico afinable)	4.000
Matriz de diodos	70.000

su vez está asociado al desarrollo de la capacidad computacional de los ordenadores.

Tecnología de los equipos

Los instrumentos NIRS suelen ser clasificados en función del dispositivo utilizado para la selección de longitudes de onda. Así, tenemos los siguientes instrumentos: sistemas de filtros, monocromadores de rastreo, AOFT (filtro acústico-óptico afinable) y matriz de diodos.

Los instrumentos de filtros seleccionan las longitudes de onda interponiendo entre la fuente y la muestra materiales que permiten el paso de determinadas longitudes de onda. Los más sencillos son los de absorción que transmiten longitudes de onda de forma selectiva según sea el material de que están hechos. Otro tipo de filtros son los de interferencia óptica (de Fabry-Perot) que filtran longitudes de onda según el índice de refracción del filtro y su grosor.

Los monocromadores son dispositivos que descomponen la luz policromática que proviene de la fuente de radiación en longitudes de onda discretas. La radiación entra en forma de haz estrecho y un elemento dispersante, que puede ser un prisma o una red de difracción, la descompone. Los más utilizados actualmente son los que incorporan una red de difracción, ya que son más baratos, proporcionan mejor separación de longitudes de onda y dispersan linealmente la radiación. Un último tipo de monocromador es el llamado optoacústico (AOTF), que aprovechan el cambio de índice de refracción de un material (TeO_2) cuando es atravesado por una onda sonora, convirtiéndose el material en una red capaz de difractar ciertas longitudes de onda de un haz incidente.

Los instrumentos de Transformada de Fourier dividen la luz en dos haces cuyas longitudes de



Súbete a lo más alto.

grodan®

Si quieres llegar a lo más alto, con GRODAN conseguirás la mayor producción, conseguirás siempre los mejores precios, y trabajarás con el mejor equipo técnico. En GRODAN nos sentimos satisfechos de trabajar con los mejores agricultores del mundo.

Ctra. N-340, km. 422 • Tel. 950 557 222
04738 VICAR
info@grodan.es • www.grodan.es

trayectoria se pueden variar periódicamente para dar modelos de interferencia mediante un espejo móvil. Variando la posición de estos espejos se pueden crear interferencias constructivas o destructivas. Recombinando los dos haces se obtiene una señal denominada interferograma. Mediante la transformada de Fourier se convierte el interferograma (representación de señal en dominio tiempo) en el espectro (en dominio de frecuencias).

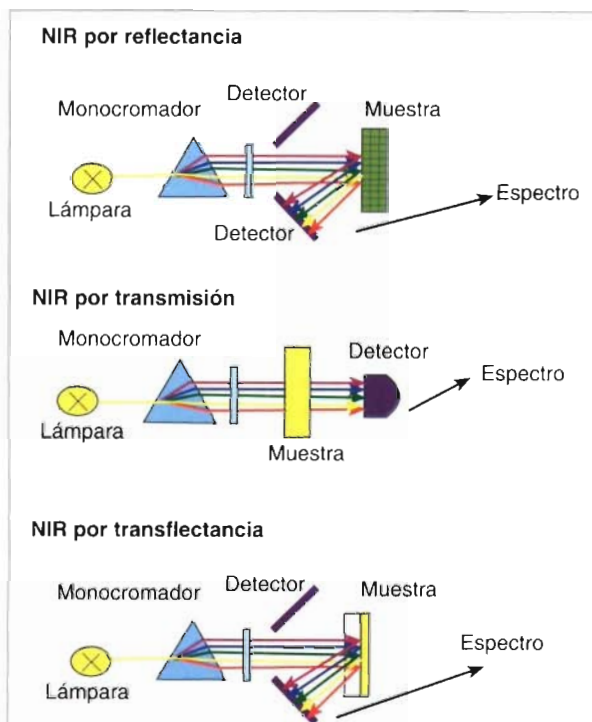
La capacidad de medición y detección de un determinado número de ondas es variable en función del equipo utilizado. Ver cuadro I.

Existen diferentes formas de medición con la tecnología NIRS, dentro de las cuales se encuentran las medidas por (1) reflectancia, (2) transmitancia y (3) transflectancia.

1) Reflectancia: Es el efecto producido cuando un haz de luz incide sobre la superficie de un cuerpo, y éste lo devuelve al medio en mayor o menor proporción en función del tipo de material sobre el que incida la luz. El paso óptico es indeterminado, por no saber la profundidad a la que llegará la radiación NIRS a la muestra. En este caso la muestra puede ser opaca, pulverizada, o de grosor superior a 1 cm. Espectral o difusa (la más utilizada)

2) Transmitancia: Cuando un haz de luz monocromática (de una sola longitud de onda) incide sobre un cuerpo, parte de ese haz será absorbido y otra parte atravesará el medio. La transmitancia es la parte del total que no es absorbida por el cuerpo en el que incide. Se suele utilizar tanto para muestras homogéneas como para líquidos. Se conoce el paso óptico. Este sistema es ampliamente empleado para muestras líquidas.

3) Transflectancia: Efecto combinado de la reflectancia y la transmitancia. Se conoce también como doble transmisión. En este caso parte de la luz incidente es reflejada en la muestra y otra parte la atraviesa, para ser reflejada por un material colocado en la

Figura 1:**Esquema de un detector NIRS.**

cara opuesta de la muestra, siendo recogida por el detector.

En la figura 1 se puede observar un esquema reducido de un equipo NIRS, con sus tres formas de medida: reflectancia, transmitancia y transflectancia.

A pesar de las distintas clasificaciones de los equipos NIRS, todos ellos se componen de los siguientes elementos comunes:

- Lámpara: Es la fuente de emisión de la radiación infrarroja, generalmente halógenas de tungsteno.

- Red de difracción: Lente holográfica cóncava. La lente



Equipo Nirs de Unitec para determinación on-line de ° Brix.

puede ser móvil o estacionaria. Móvil para el sistema de filtros y el de monocromador de rastreo, y estacionario para el AOFT y matriz de diodos.

- Filtros: Son elementos que eliminan la llegada de longitudes de onda no deseadas al detector, procedente de la de difracción. Estos filtros van sincronizados con el movimiento de la red de difracción en caso de que éste exista.

- Porta muestras: En ellos se colocan las celdas o cubetas que integran la muestra correspondiente. Existen variedad de módulos para diferentes tipo de análisis (reflectancia, transmitancia y transflectancia).

- Detector: Sensor que detecta la radiación NIRS. Uno de los más utilizados es el de sulfuro de plomo (PbS), debido a las buenas prestaciones que presenta tanto de sensibilidad como de rango (900-3300 nm). Se puede acoplar a distintas geometrías dado su pequeño tamaño y versatilidad. Otros detectores utilizados, es el detector de silicio para longitudes comprendidas entre 400-1100 nm, y el detector InGaAs, para longitudes de 900-1700 nm.

- Fibra óptica: Transporta la radiación NIRS directamente al contenedor de la muestra. Dependiendo de la muestra, la fibra será sencilla o un conjunto de un determinado número de ellas.

- Sondas para fibra óptica: La fibra óptica se acopla a una sonda, la cual está en contacto con la muestra. Suelen ser de acero inoxidable y con distintas configuraciones para reflectancia, transmitancia y transflectancia.

■ **Los instrumentos NIRS suelen ser clasificados en función del dispositivo utilizado para la selección de longitudes de onda. Existen los siguientes instrumentos: sistemas de filtros, monocromadores de rastreo, AOFT (filtro acústico-óptico afinable) y matriz de diodos**

Equipos

Existen muchas empresas que fabrican una amplia gama de equipos (en www.horticom.com?63955 encontrará un amplio listado con las principales casas que comercializan equipos NIRS) para diferentes utilidades y aplicaciones. Hay equipos fijos y portátiles, equipos preparados para medir líquido, para medir sólidos, para medir muestras intactas, para análisis de leche, para emplear en el laboratorio y para medir en la línea de procesado, etc...

Los equipos NIRS on-line para frutas y hortalizas están siendo cada vez más empleados en las empresas del sector. En general, para determinaciones en línea se opta por el modo de transmitancia ya que no requiere contacto directo entre el fruto y el instrumento de medida (Ver foto 1).

Cabe destacar las casas Aweta (www.aweta.nl), Compac (www.compacsort.com), Greefa

(www.greefa.nl) y Unitec (www.unitec-group.com) que emplean la tecnología NIRS para clasificar sus las frutas en línea de producción según el contenido de azúcar.

Las ventajas que ofrece la aplicación de la tecnología NIRS frente a otros métodos analíticos, son las siguientes:

- La preparación de la muestra demanda muy poco tiempo. Se pueden analizar muestras de grano entero sin ninguna preparación previa.

■ Los equipos NIRS on-line para frutas y hortalizas están siendo cada vez más empleados en las empresas del sector. En general, para determinaciones en línea se opta por el modo de transmitancia ya que no requiere contacto directo entre el fruto y el instrumento de medida

- Es una técnica no destructiva.

- No se requieren reactivos químicos para efectuar el análisis.

- Es una técnica limpia que contribuye a la conservación del medio ambiente.

- La operación del equipo es sencilla.

- Múltiples constituyentes pueden ser analizados simultáneamente en la misma muestra.

- Posibilidad de instalación en la línea de producción.

Pero esta tecnología presenta también inconvenientes:

- Dependencia de un método de referencia

- Necesidad de calibración, robustecimiento y validación.

Para saber más...

En www.horticom.com?63955 encontrará el glosario de términos y la bibliografía completa.

FERTIRRIGACION

ELECTROFERTIC

Bomba dosificadora eléctrica de gran capacidad de inyección, alta presión y regulación electrónica

CONTROLADORES

Controladores de Fertirrigación
Regulación de pH y EC
Dosificación proporcional

AGITADOR DE TURBINA

Agitación por turbina direccional

MULTIFERTIC

Bomba dosificadora eléctrica modular de inyección independiente

FP10

Bomba dosificadora volumétrica proporcional

FERTIC

inyector hidráulico para la incorporación de abonos líquidos o solubles en la red de riego



Especialistas en Fertirrigación

Mar Adriàtic, 4 - Pol. Ind. Torre del Rector / P.O. Box 60
Tel. 34-935 443 040 / Fax. 34-935 443 161
08130 SANTA PERPETUA DE MOGODA (Barcelona) SPAIN
8092 N.W. 67th Street / MIAMI (FL) 33166 USA
Tel. 1-305 599 3781 / Fax. 1-305 599 8794
e-mail: itc@itc.es
WEB PAGE: <http://www.itc.es>