



Detección de cuerpos extraños de baja densidad mediante imagen hiperespectral

Alejandro Rosales

Science & Technology Manager

Edurne Gastón

Project Manager

Innovacio i Recerca Industrial i Sostenible, S.L.



**VIII Symposium Internacional
sobre Tecnologías Alimentarias.
Murcia, 9-10 Mayo 2017**

Advanced engineering

Products and
solutions to digitally
transform processes
and business to
industry 4.0



HYPERA
LAB-TO-LINE



visum InLINE
LAB-TO-LINE



visum PALM
LAB-TO-LINE



TailorMade



Una definición pragmática de cuerpos extraños

- En cuanto a daños o lesiones desde un punto de vista legal:

FDA: A product is adulterated if it contains a **sharp** or **hard** foreign object that measures **7 – 25 mm** in length, is ready to eat or requires minimal preparation that would not eliminate or neutralize the hazard prior to consumption.

FDA Regulations on Adulteration Involving Hard or Sharp Foreign Objects:

<http://www.fda.gov/iceci/compliancemanuals/compliancepolicyguidancemanual/ucm074554.htm>

- En cuanto a la **percepción del consumidor**:

Todo cuerpo que sea distinguible por un ser humano, que no forme parte de la formulación del alimento y que pueda ser considerado anómalo, desagradable o dañino por la mayor parte de los consumidores

Justificación para invertir en un sistema de detección de cuerpos extraños:

- ✓ Reducir el riesgo de dañar la imagen de marca
- ✓ Ante posibles reclamaciones legales, es una prueba de haber adoptado medidas preventivas



- On Jan. 8th 2016 a consumer found a **piece of plastic** in a Snickers bar that he **could have choked on**
- The incident quickly spiralled on **social media**
- Mars subsequently **recalled** Mars, Milky Way, Snickers, Celebrations and Mini Mix chocolate bars in 55 countries
- Losses of **tens of millions of dollars**
- The winners: Mondelez [maker of Cadbury] and Nestle [maker of Kit Kat] & Ferrero; **the competition**



Técnicas tradicionales. Posibilidades y limitaciones

- **Rayos X:** Excelente penetrabilidad en matrices alimentarias –permite inspeccionar el interior de cuerpos voluminosos. Pobre o nula interacción con cuerpos poco densos ($< 2.5 \text{ g/cm}^3$). No permite identificar la naturaleza química del cuerpo detectado. Tecnológicamente muy madura. Precio elevado. Involucra radiación ionizante, lo que despierta preocupaciones en cuanto a seguridad e higiene del trabajo. Precio considerable.
- **Detectores de metales:** Limitados a cuerpos metálicos muy conductores; por ejemplo, no son muy sensibles ante el frecuente caso del acero inoxidable. Los cuerpos no extraños muy conductivos –matrices con alta concentración de electrolitos- pueden dar falsos positivos. No permiten identificar la naturaleza química del cuerpo detectado. Tecnológicamente muy madura. Asequible.
- **Visión artificial (rango visible):** Nula penetrabilidad en la mayoría de las matrices alimentarias. –no permite inspeccionar el interior de cuerpos voluminosos. Útil sólo cuando hay contraste entre los colores. No permite identificar la naturaleza química del cuerpo detectado. Tecnológicamente muy madura. Relativamente asequible.





Técnicas tradicionales. Posibilidades y limitaciones

Tecnologías emergentes -sólo de interés académico por el momento, por su limitada madurez tecnológica o su elevado coste:

- Reflectancia de Microondas
- Resonancia Magnética Nuclear
- Radar
- Impedancia Eléctrica
- Ultrasonidos

Problemas genéricos en cualquier tecnología de detección:

- El compromiso entre **intensidad de la interacción** (detectabilidad) y **penetrabilidad** limita la aplicación a cuerpos cercanos a la superficie
- La **complejidad** físico-química de las matrices alimentarias y la **variedad** de posibles cuerpos extraños obliga a combinar varias tecnologías e implican frecuentes falsos positivos y falsos negativos
- El compromiso entre accesibilidad económica, robustez, simplicidad y fiabilidad para su empleo rutinario en ambientes industriales poco sofisticados





Tecnologías ópticas: De emergentes a implementables

Las tecnologías fotónicas están experimentando un desarrollo sólo comparable al de la electrónica y por ello constituyen la alternativa más seria a tener en cuenta para abordar con éxito los problemas mencionados y, en particular, la detección de cuerpos extraños en la industria alimentaria.

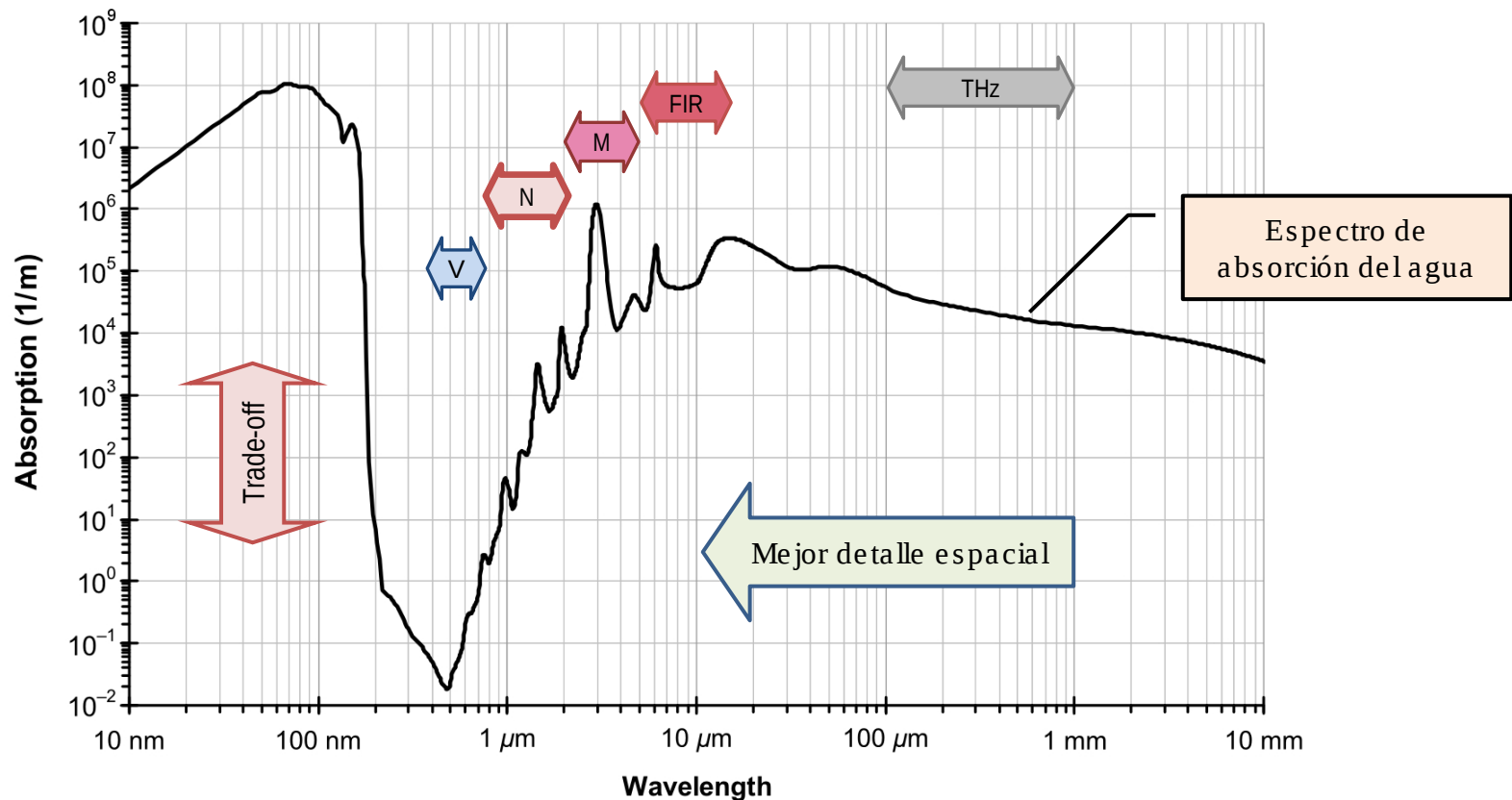




Imagen hiperespectral = Imagen química

La imagen hiperespectral consiste en procesar matemáticamente (quimiometría) el espectro de absorción óptica en cada punto de la imagen a fin de visualizarlo en base a las diferentes composiciones químicas.

Más sensible que la espectroscopía convencional (un pixel) y mucho más específica y resolutive que la visión artificial tradicional (visible)

Es una tecnología especialmente idónea para la detección de **cuerpos extraños** superficiales.

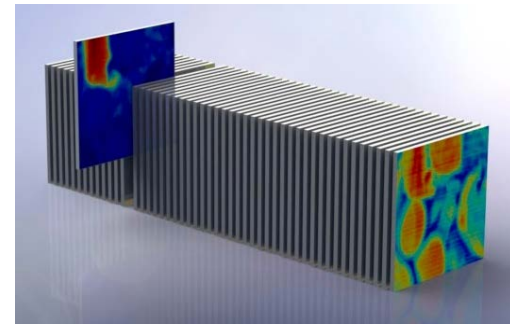
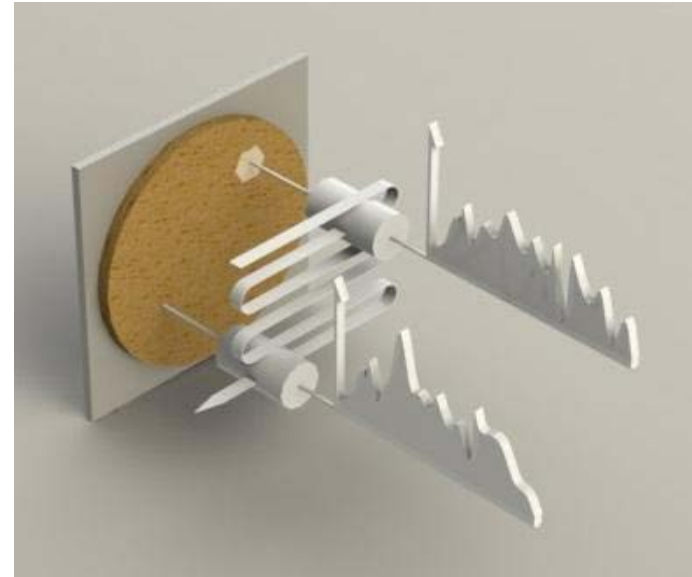




Imagen hiperespectral. Cómo se consigue

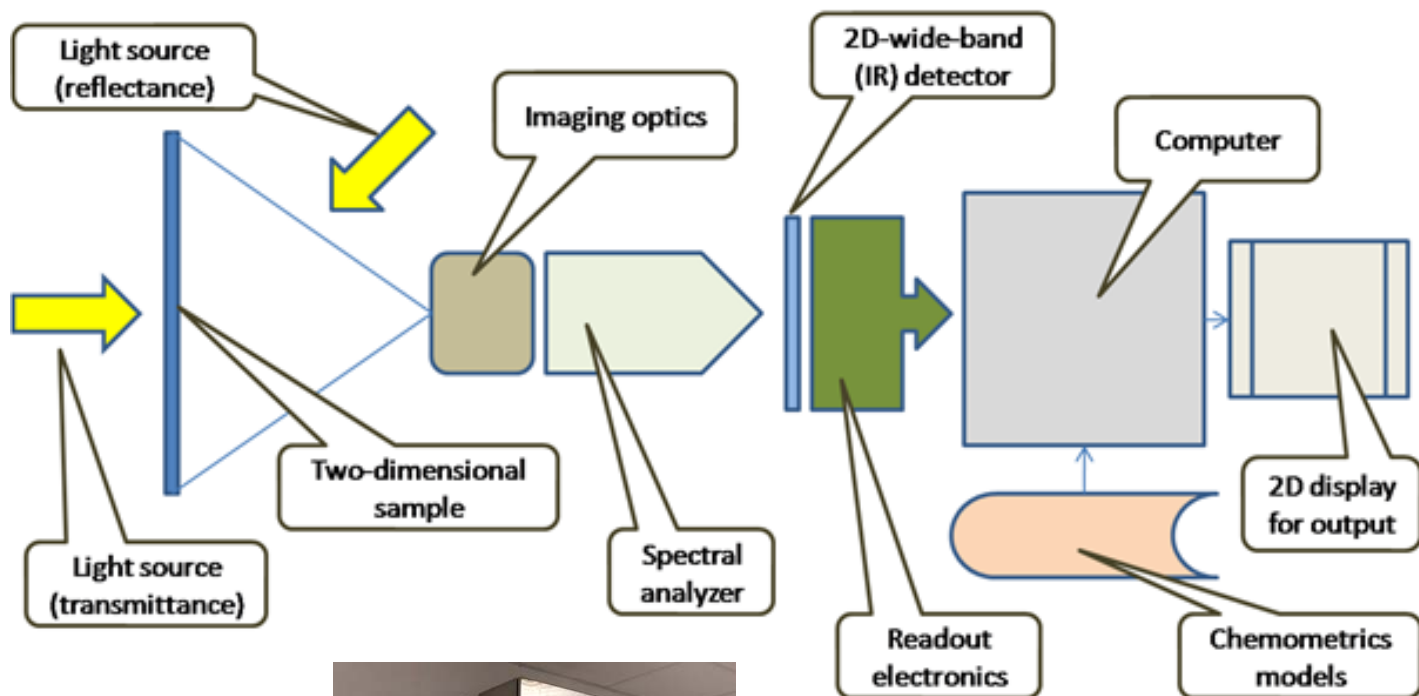
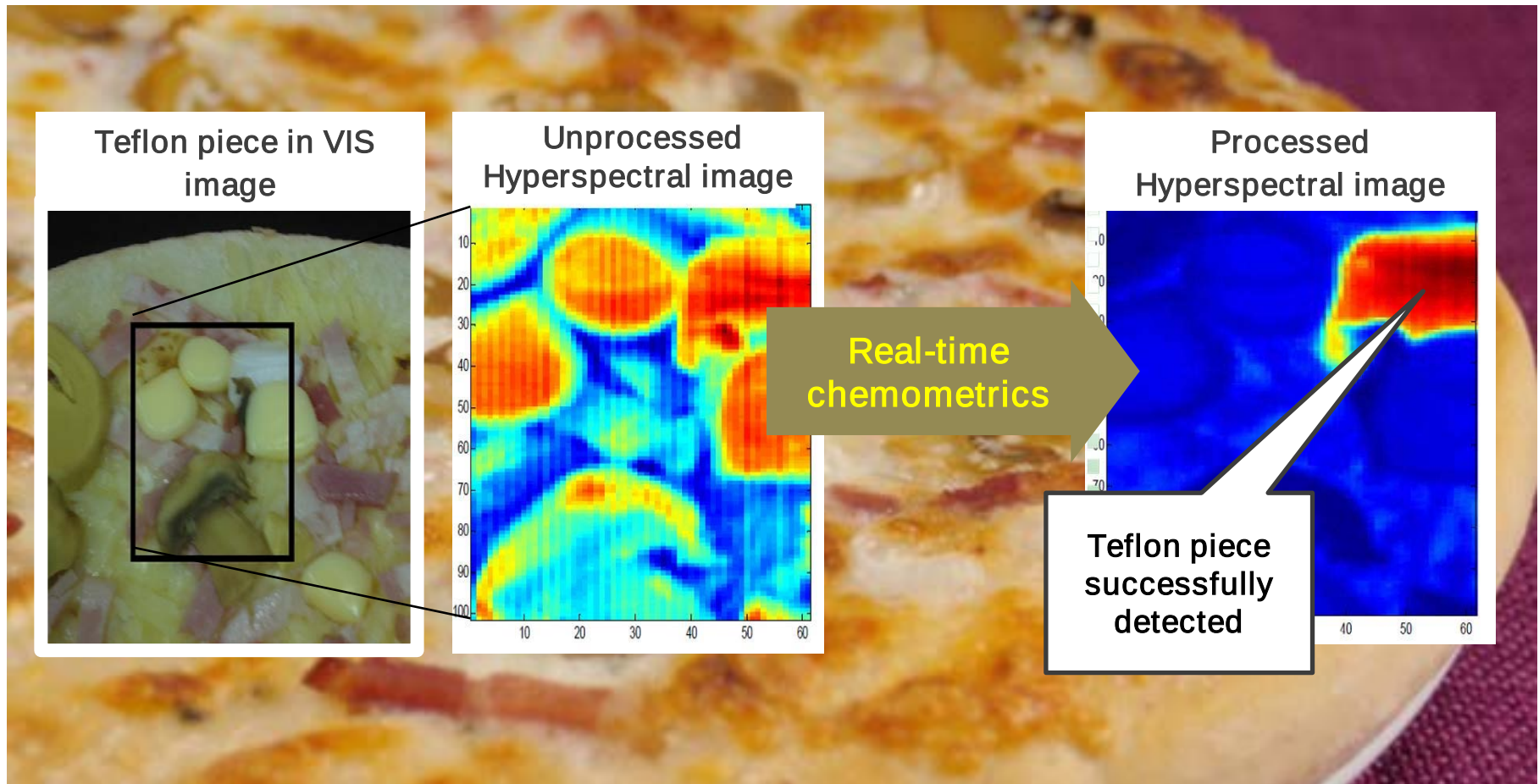




Imagen química. Ejemplos

Detección de cuerpos extraños en pizzas: En el VIS, el contraste entre el trozo de teflón y los trozos de queso es pobre. En la imagen hiperspectral es obvio.



Case: PETG thin film on fresh dough

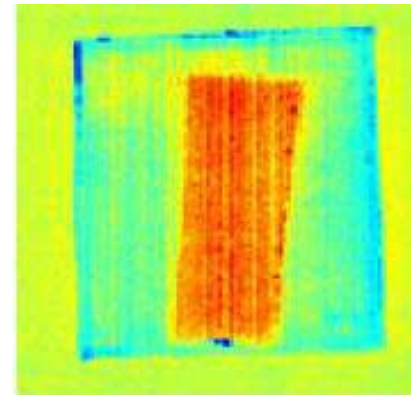
Description of the challenge: Detecting PETG thin films as foreign bodies on fresh dough pieces. PETG thin films are very **transparent in VIS**; indeed they can hardly be detected by standard optical techniques.

Conditions: Rectangular 53 x 18 mm 0.5-mm thick PETG film on 4-mm thick fresh puff pastry substrate. Optical arrangement: diffuse reflectance.

VIS image (RGB)



Processed hyperspectral image



Comments: The VIS image barely reveals the plastic film by taking advantage of spurious reflections –which is hardly handled by standard artificial vision systems-. However, after the *simplest* processing of the HIS hypercube, the plastic film is clearly shown in false colour: Red means high probability; from yellow to blue, the detection probability decreases.

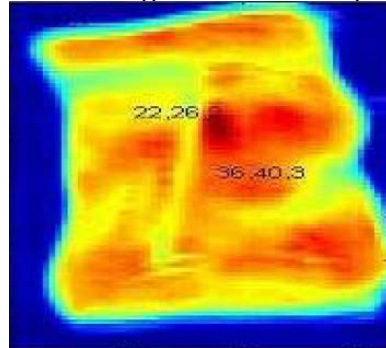
Conclusions: HIS + Chemometrics are capable to **reveal thin transparent plastic films** (for instance: PETG) on substrates (for instance: fresh dough) **in difficult (low-contrast) conditions**, which is particularly useful for **automated foreign bodies detection**.

Case: Cardboard within dough

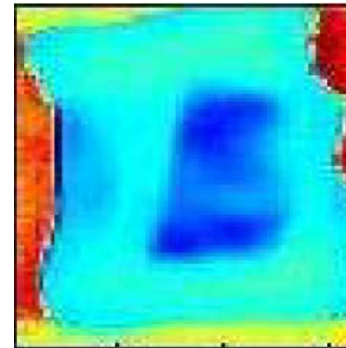
Description of the challenge: Detecting cardboard pieces as foreign bodies concealed within fresh dough pieces. Dough is opaque in VIS and the cardboard density is low; indeed this challenge cannot be overcome by standard optical techniques or even X-ray imaging.

Particular experimental conditions: Around 51 x 23 mm, 0.25-mm thick cardboard sheet in between two approx. 1.5-mm layers of fresh puff pastry piece. No visible evidence of any foreign body exists. Optical arrangement: diffuse reflectance.

Non-processed IR image (all wavelengths contribution)



Processed hyperspectral image (after Chemometrics)



Comments: Obviously, the VIS image does not reveal the cardboard; indeed, it is not shown. By examining the whole IR spectrum, some features can be seen but the real shape still is not recognized. After some chemometrics processing, the cardboard piece is clearly shown in blue false colour (in this image, blue colour means high probability).

Conclusions: HIS + Chemometrics are capable to **reveal thin cardboard pieces** inside homogeneous dense bodies (for instance: fresh dough) totally hidden beneath the body, which is particularly useful for **automated detection of concealed foreign bodies**.



Imagen química. Ejemplos

Uniformidad del topping y detección de cuerpos extraños en pizzas: En el VIS es imposible distinguir los dos tipos de queso así como el queso de la base de harina y hay poco contraste entre el puré de tomate y el jamón



Imagen RGB
(visión artificial tradicional)

Procesamiento **en tiempo real**
mediante algoritmos
quimiométricos

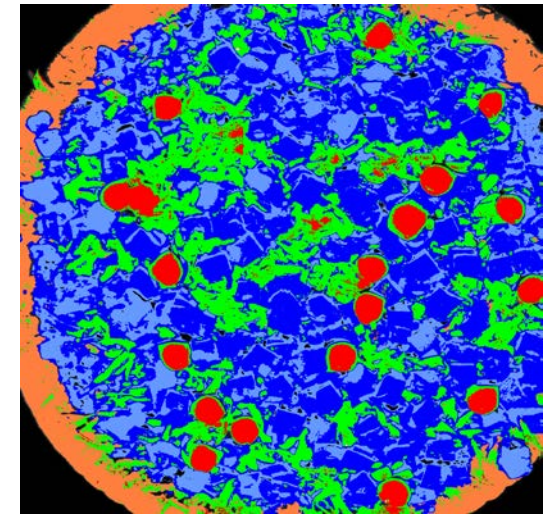
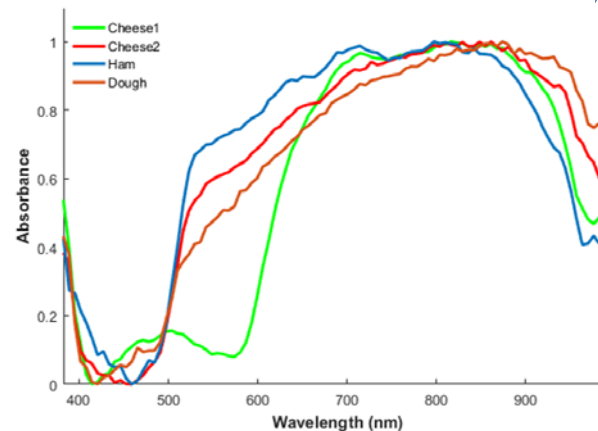


Imagen hiperespectral
procesada





Imagen hiperespectral: Principales características en cuanto a su aplicación

- Penetrabilidad limitada principalmente por el efecto del *scattering*: Indicada especialmente para detectar cuerpos extraños superficiales o cubiertos por capas de unos pocos milímetros. La detección hasta profundidades de unos 25 mm está limitada a ciertos casos favorables
- Contraste elevado, puesto que se basa en las diversas huellas espectrales de los cuerpos y las sustancias, adquiridas en una zona espectral muy informativa y amplia así como en una pluralidad de canales de información
- Madurez intermedia: Está basada en tecnologías muy maduras, fiables y robustas, pero las aplicaciones concretas son más bien recientes
- Puede detectar cuerpos en un amplísimo rango de densidades, naturalezas (metales o dieléctricos), colores (incluso los no coloreados) y estados de agregación (líquidos, geles, polvos, cristales...)
- En paralelo a la detección de cuerpos extraños y con el mismo hardware, puede hacer determinaciones cuantitativas de la composición química (humedad, grasa, proteínas, azúcares...)
- Precio *turn-key* en el rango de 50 a 100 k€ por unidad





El futuro próximo: Proyecto HYPERA

Affordable Hyperspectral Imaging System for on-line foreign body detection and chemical composition analysis. H2020-SMEINST-2-2016-2017

The HYPERA® system is based on a novel and disruptive combination of Shortwave Infrared Hyperspectral Imaging (SWIR-HSI) in reflectance with Near Infrared Multispectral Imaging (NIR-MSI) in reflectance/transmittance and chemometric software.

HYPERA offers outstanding performance for the detection of foreign bodies in foodstuffs by enabling: a) penetration (enabled by the NIR); b) composition differentiation (enabled by the SWIR); and c) resolving the image distortion caused by scattering (enabled by the chemometrics); d) compact and low-cost design (enabled by the extended infrared spectral bands to obtain more chemical information from the sample using novel detectors), e) high inspection speeds and versatility (enabled by combining a flexible hyperspectral imager design with integrated chemometric tools).

The HYPERA® system, which will be suitable for multiple application purposes and object, will equip food processors to prevent contaminated food entering the supply chain, thereby protecting the brands as well as the consumer.





La imagen hiperespectral como PAT en el contexto de la Industria 4.0

Process Analytical Technology (PAT): Controlling the process by monitoring target features –what the process is aimed at– as opposed to merely supervising and adjusting the process conditions according to optimum criteria which were set – often arbitrarily – in the traditional recipe.

Las PATs son fuentes de datos de alta calidad para nutrir los sistemas de decisión inteligentes y autónomos propios de la Industria 4.0. En la práctica, consisten en llevar las capacidades analíticas de los laboratorios a las líneas de producción (**Lab2Line**).

La imagen hiperespectral facilita una ampliación disruptiva del concepto de **cuerpo extraño** al de **materia extraña** pues hace detectable alteraciones químicas que no están asociadas a un cuerpo con forma y tamaño limitado.

Nuevo paradigma: La **inspección de cada unidad** en cuanto a su grado de estandarización, o sea, a la **ausencia de anomalías** de cualquier naturaleza



Estamos abiertos a discutir propuestas de
proyectos conjuntos
y a explorar posibilidades de negocio

Gracias por su atención

arosales@iris.cat
www.iris.cat