

# Medida de la calidad interna de frutas y hortalizas en línea

Se repasan los equipos más modernos para hacer frente a los nuevos parámetros de calidad

La calidad de los alimentos, está dejando de ser una ventaja competitiva para convertirse en indispensable condición en cualquier mercado desarrollado. Este hecho, extensible a cualquier tipo de producto, adquiere gran importancia en los productos hortofrutícolas. La demanda futura de frutas y hortalizas estará centrada en la calidad, hasta tal punto que la variable "calidad" puede llegar a tener más peso que la variable "precio".

Las exigencias del consumidor actual se orientan cada vez más hacia aspectos cualitativos que a cuantitativos y desea que las frutas y hortalizas tengan unas características sensoriales que le satisfagan, prefiriendo cualidades como sabor, aroma, aspecto externo y "punto" de madurez. Por otro lado, se ha establecido que un estado de madurez óptima de la fruta fresca es imprescindible para su beneficiosa acción dietética, tan proclamada por los nutricionistas.

Actualmente, las normas de calidad para clasificar las frutas y hortalizas se centran en parámetros externos (forma, tamaño, defectos, heridas, etc.), sin embargo, la realidad es que las empresas comercializadoras están exigiendo a los productores otros parámetros de calidad demandados por los consumidores: firmeza, contenido en azúcares, contenido en ácidos y defectos internos.

Existen diferentes equipos comerciales precisos capaces de medir estos parámetros en laboratorio, pero su aplicabilidad, aunque muy útil e interesante, se restringe a caracterizar lotes mediante métodos de muestreo. La tendencia actual es al desarrollo de equipos capaces de medir dichos parámetros de forma continua en las líneas de confección de frutas y hortalizas. Las empresas fabricantes y los grupos de investigación han percibido la tendencia del mercado y han desarrollado equipos capaces de medir dichos parámetros en línea, algunos de ellos ya comerciales, como pudimos apreciar en la 18 edición de la feria Macfrut celebrada en Cesena (Italia) del 3 al 6 de mayo de 2001. Ésta es una de

*La exigencia de calidad para las frutas y hortalizas por parte de los consumidores, ha propiciado el desarrollo de nuevos equipos para la medida de calidad interna en línea (contenido en azúcares, contenido en ácidos y defectos internos) por parte de las empresas fabricantes de maquinaria hortofrutícola y los grupos de investigación*

**F. Javier García Ramos; Margarita Ruiz Altisent.**

Laboratorio de Propiedades Físicas.  
Dpto. Ingeniería Rural. UPM.

las ferias más importantes de Europa en lo referente a tecnología poscosecha de frutas y hortalizas.

**¿Qué parámetros de calidad se están midiendo actualmente en línea?**

Actualmente, las líneas de confección disponen de equipos capaces de medir parámetros de calidad tradicionales: peso, color, calibre y forma. Todos ellos se basan en la utilización de uno o varios sensores con diferente base técnica, capaces de medir de forma continua las características del producto.

Estos equipos se basan en la medida fruto a fruto, y de todos los frutos. Para ello es necesario que cada fruto se individualice en algún tipo de recipiente ubicado en una cadena que lo transporta a través de los diferentes sensores (**figura 1**). El proceso de clasificación es similar para cualquier sensor (**figura 2**): 1. El fruto es medido por el sensor; 2. La señal recogida pasa a un microprocesador. 3. La señal es analizada obteniendo un índice de calidad en función del cual la fruta es clasificada dirigiéndola a la salida correspondiente de la cadena mediante el sistema de eyección, para su posterior envasado.

**Peso**

Los equipos para la medida del peso, están ampliamente implantados en las empresas productoras, siendo una de las técnicas más usadas para clasificar fruta. Su funcionamiento se basa en la utilización de balanzas electrónicas (una por línea de calibración) que permiten pesar cada fruto individualmente. Clasifican la fruta electrónicamente en función de su peso mediante una báscula electrónica de pequeñas dimensiones situada en la parte inferior de la cadena de transporte. La báscula pesa cada fruto y envía dicha señal al ordenador que lo clasifica en función de su peso para posteriormente actuar sobre el sistema de eyección, que bascula la taza que trans-



**Figura 1. Cadena de calibración con fruta individualizada**  
(Documentación Sammo).

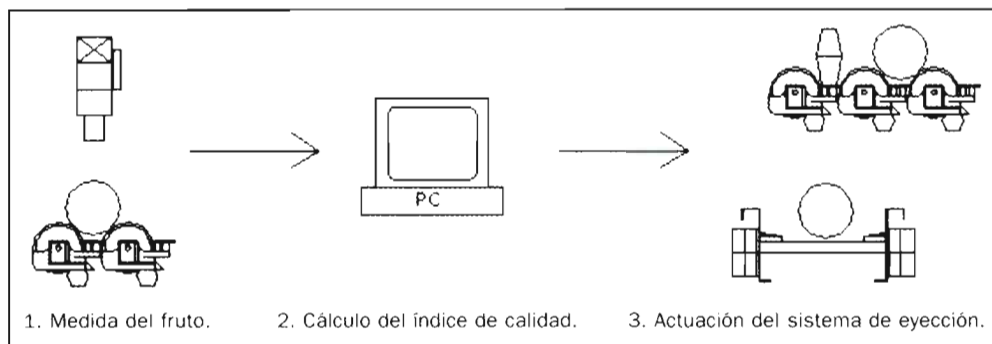


Figura 2. Esquema de funcionamiento de un sistema de clasificación.

porta la fruta en su salida correspondiente (figura 3).

La báscula se tara automáticamente evitando así el error que se produce por acumulación de suciedad y por variaciones debidas a los cambios de temperatura. La capacidad de trabajo de este tipo de calibradores está en torno a 10 frutos/segundo/línea con una precisión de pesada de  $\pm 1g$ .

#### Color, forma y diámetro

La concepción mecánica de estos equipos es similar a la de los calibradores de peso, con la diferencia en el tipo de sensor utilizado. En este caso se utilizan cámaras de visión CCD situadas sobre la cadena de calibración (figura 4). Las cámaras pueden trabajar en el espectro visible o en el infrarrojo cercano, y puede haber una o varias por cada línea de calibración en función del desarrollo tecnológico de cada fabricante. Las cámaras se colocan dentro de una campana de iluminación que permite obtener una imagen nítida del fruto.

Estos sensores permiten determinar la forma, color y diámetro del fruto. Su capacidad de trabajo se sitúa en torno a 10 frutos/segundo/línea con precisiones de medida de  $\pm 1mm$ . Actualmente se están ofertando equipos de visión capaces de detectar defectos externos en el fruto.

Siguen vigentes, aunque en franca regresión, los sistemas de rodillos divergentes, muy utilizados en el calibrado de pequeños frutos: cereza, aceituna, ciruela, etc.

#### Nuevos equipos para nuevos parámetros de calidad

Los nuevos equipos presentes en el mercado consisten en la utilización de tecnologías óptica, acústica y mecánica, para determinar "nuevos" parámetros de calidad: firmeza, contenido en azúcares, contenido en ácidos y defectos internos.

Su funcionamiento es similar al de los equipos de medida de peso y diámetro, basándose en la individualización de la fruta y la medición

de su calidad de forma continua mediante uno o varios sensores. Actualmente se encuentran en una fase inicial de comercialización existiendo muy pocos equipos instalados en Europa, estando su introducción más avanzada en Japón.

#### Equipos ópticos

La mayoría de los equipos que se ofertan en el mercado se basan en la medida no destructiva de parámetros de calidad mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIR). Existen dos sistemas de medición, por reflectancia y por transmitancia. Los sistemas se basan en la utilización de un emisor de luz y un receptor que recoge el espectro óptico. En base a la cantidad de luz absorbida en las diferentes longitudes de onda del espectro recogido, se estiman los parámetros de calidad interna del fruto.

**Reflectancia.** El sistema de medición por reflectancia está basado en un emisor que emiten luz sobre el fruto y un receptor que recoge la luz reflejada. Mediante el análisis del espectro óptico se obtienen los diferentes pa-

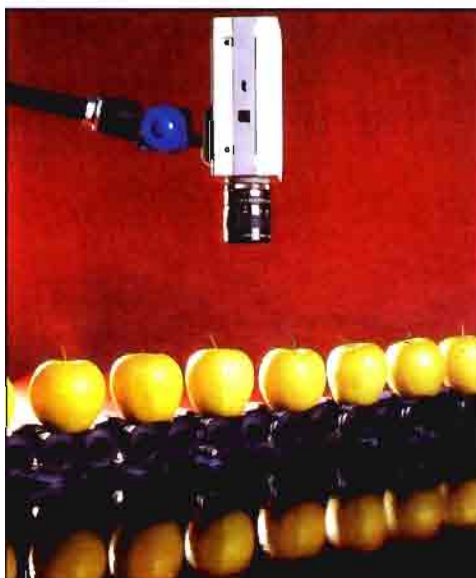


Figura 4. Cámara de calibración CCD, para sistema de clasificación óptico (Documentación Sammo).

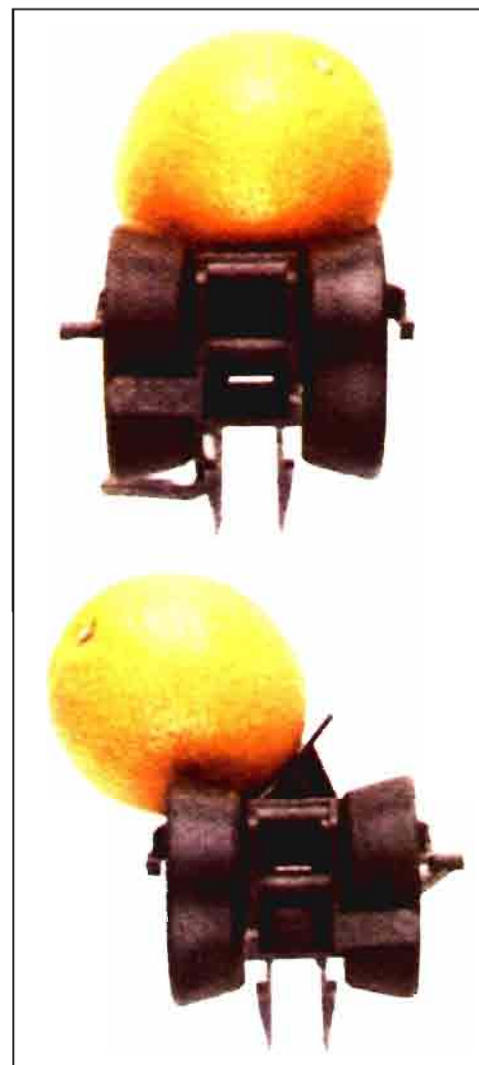


Figura 3. Proceso de eyección de una fruta (Documentación Ito).

rámetros de calidad interna del fruto. Se supone que la luz penetra los primeros milímetros en el interior de la pulpa.

**Transmitancia.** La fuente emite luz que atraviesa el fruto, y es recogida mediante un receptor, analizando el espectro óptico de salida. Este sistema permite conocer las características internas del fruto en su totalidad, frente a la medición por reflectancia donde sólo medimos una pequeña parte del fruto y solapando la señal de la luz reflejada por la superficie y la reflejada por la carne del fruto cercana a la epidermis.

Actualmente, los equipos desarrollados se basan en las técnicas de espectroscopia NIR (Near Infra Red) mediante la utilización de luz halógena o láser. En función de estas técnicas existen diferentes equipos comerciales:

**Luz halógena:** Utilizan los métodos de reflectancia o transmitancia. Actualmente existen diferentes equipos en el mercado:

- F5 (Fruit Quality System). Desarrollado por la empresa japonesa Fantec, y fabricado y comercializado en Europa por la casa italiana

Sacmi, utiliza la técnica de medida de transmitancia en espectroscopía NIR. La fruta se individualiza en cazoletas y pasa a través de una campana cerrada donde es iluminada en la dirección ecuatorial mediante luz halógena (figura 5). El receptor se ubica en la parte inferior de la cazoleta, que se encuentra perforada. Este sistema permite, según el fabricante, detectar los siguientes parámetros: contenido en azúcar (medido en grados Brix), acidez (porcentaje), pardeamiento interno (brown core), vitrescencia (water core) y "grado de madurez". La velocidad de trabajo se sitúa entre 4 y 5 frutos por segundo.

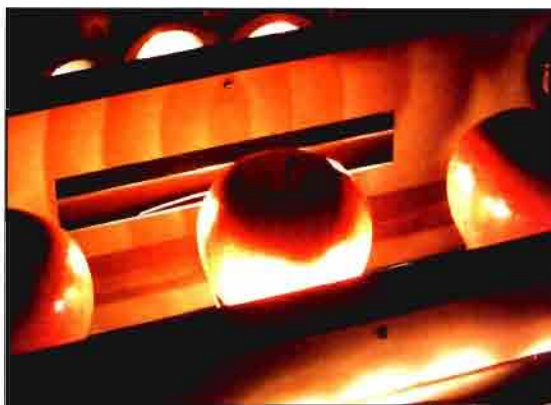


Figura 5. Sistema F5 para la medida de calidad interna mediante espectroscopía NIR con luz halógena por transmitancia (Documentación Fantec)

Como inconveniente requiere la orientación de la fruta para su medida. Este hecho ya ha sido solventado en manzana mediante el desarrollo de un orientador mecánico que orienta los frutos de forma que el eje de los mismos quede perpendicular a la base de la cazoleta. La máquina forma una unidad por sí misma, por lo que habría que intercalarla o introducirla dentro de las líneas de confección de las centrales hortofrutícolas, ya que no se puede instalar sobre las actuales cadenas de calibración.

- IQA (Internal Quality Analyser). Este sistema ha sido desarrollado por Aweta, y se basa en la técnica de medida de transmitancia en espectroscopía NIR. La fruta se individualiza en cazoletas y pasa a través del sistema de medida donde se pueden detectar los siguientes parámetros: contenido en azúcar ( $^{\circ}$ Brix), contenido en ácidos, pardeamiento interno, vitrescencia y "sabor". Actualmente está desarrollado para manzana y puede trabajar con melocotón y kiwi. Es capaz de trabajar a una velocidad de 10 frutos por segundo.

- TasteMark. Desarrollado en Nueva Zelanda por Compac, se basa en la técnica de medida de reflectancia en espectroscopía NIR. Su diseño está basado en una fuente de luz y un sensor ubicados en un cilindro de 45 cm de altura y 20 cm de diámetro, colocado sobre la cadena de calibración, en el que se encuentra el sistema de medida por reflectancia. El equipo es capaz de medir el contenido en azúcares (grados Brix) con una precisión de 0,5 $^{\circ}$  Brix. Este equipo obtuvo el primer premio a la innovación tecnológica en la pasada feria SIFEL celebrada en Francia el pasado mes de marzo. Dado el diseño de la máquina, es adaptable a las cadenas de calibración de las centrales hortofrutícolas, permitiendo medidas a altas velocidades de trabajo.

**Espectroscopía láser.** Se basa en la medida por transmitancia en base a espectroscopía NIR. Es la técnica más novedosa disponible comercialmente. La tecnología láser presenta la ventaja de que el rango de longitudes de onda es totalmente controlado y la intensi-

dad de luz por unidad de superficie es mayor que la de las lámparas halógenas, lo que permite obtener un espectro mucho más definido.

- SMM láser NIR sensor. Desarrollado por la compañía japonesa Sumitomo Metal Mining, el equipo está formado por un emisor láser y un receptor que miden el espectro NIR por transmitancia. Actualmente la máquina comercial está desarrollada para melones (aunque ha sido probado con éxito en pera, manzana, cítricos, melocotón y kaki), y su concepción se basa en una cadena con tazas individuales perforadas sobre las que se colocan los frutos, con la ventaja de que no necesitan una orientación específica. El láser entra de forma lateral y la señal es recogida en el fondo de cada taza. Permite medir contenido en azúcares ( $^{\circ}$ Brix) y "madurez". Para el caso de melón, la velocidad de trabajo es de 2-3 frutos/segundo, ampliándose hasta 5 frutos/segundo para otras frutas. Actualmente se comercializa una máquina completa para melón, y se está desarrollando la aplicación a otras frutas de forma que el sensor se pueda adaptar a las características de las cadenas de calibración ya existentes en las centrales hortofrutícolas.

#### Equipos acústicos y mecánicos para medida de la firmeza

- La firma Aweta ha adaptado su equipo de laboratorio de medida de firmeza para su uso en línea, con lo que ya oferta comercialmente el sistema AFS (Acoustic Firmness Sensor). El sensor está basado en la respuesta acústica de la fruta a un pequeño impacto y está adaptado para la medida de firmeza en manzanas y tomates, a velocidades de 10 frutos/segundo.

- El LPF-lateral (desarrollado por el Labora-

torio de Propiedades Físicas de la UPM) consiste en la aplicación de un pequeño impacto o "toque" y medida de la respuesta mecánica del fruto por medio de un acelerómetro. Actualmente se encuentra en fase de desarrollo, existiendo un prototipo instalado en una cadena de calibración experimental.

#### ¿Qué aptitud adoptar ante estos nuevos equipos?

La posibilidad de conocer los diferentes parámetros de calidad de los frutos de forma individual es claramente un avance en la comercialización de la fruta que permitirá aportar al distribuidor y al consumidor una información realmente útil para la decisión de compra. Del mismo modo, las cadenas comercializadoras podrán exigir a los productores estándares de calidad específicos, lo cual, dado el elevado precio de estos sensores, producirá una clara segregación entre empresas productoras de primera y segunda fila.

Hay que tener en cuenta que algunos de estos equipos han sido desarrollados en para Japón, donde el precio de la fruta es elevadísimo, y las capacidades de trabajo de las empresas son ridículas en comparación con el modo de trabajo español, con capacidades de trabajo de hasta 40 toneladas/hora. Por tanto, la introducción de estos equipos en nuestros mercados debe ser lenta, comenzando con líneas de escandallo que permitan llevar a cabo la certificación del correcto funcionamiento del equipo y su adaptación a las características de nuestra fruta.

Otro problema adicional, que se convierte en un punto clave de competencia, es la necesidad de calibración de estos equipos.

Los equipos basados en iluminación halógena requieren una calibración muy laboriosa para cada variedad de fruta, por lo que las empresas productoras son reticentes a su implantación, prefiriendo equipos que no necesiten apenas calibración como parece ser el caso de los equipos láser.

Por último, hay que subrayar que la mayoría de estos equipos, aunque disponibles comercialmente, se encuentran en su primera fase de trabajo, por lo que se requiere una certificación progresiva de su funcionamiento para las diferentes frutas y situaciones. Este factor debe ser tratado con gran rigurosidad, ya que lo que puede ser una ventaja comercial y competitiva extraordinaria se puede volver en contra de las empresas productoras en el caso de que los equipos no midan correctamente lo que en teoría están midiendo. ■



Sensor SMM láser montado en una pequeña línea de clasificación (Documentación Sumitomo).