

Integración de métodos no destructivos de medida de la calidad interna en melocotón

Selección de tecnologías disponibles, aplicación en laboratorio y análisis de los resultados

La demanda por parte del consumidor de frutos con sabor y textura garantizados hace que los productores, centrales de confección y comercializadores busquen herramientas

que les permitan conocer la calidad interna del producto que manipulan, para satisfacer esa demanda de forma consistente. En este artículo se presentan los resultados prelimi-

nares obtenidos con distintos equipos de estimación no destructiva de la calidad interna en comparación con los métodos tradicionales de medida.

Constantino Valero¹, Lourdes Lleó¹, Ana Herrero¹, Margarita Ruiz-Altisent¹, Christian Larrigaudiere², Diana Molina³, Wendy Schotsmans⁴, Sébastien Luro¹, Alexia Gobrecht⁴, Jean-Michel Roger⁴

¹ UPM, ² IRTA, ³ CTIFL, ⁴ CEMAGREF.

Existen en el mercado algunos dispositivos para su uso en línea de clasificación o en laboratorio, que estiman de forma independiente alguno de los parámetros de calidad interna más importantes, como el contenido en azúcares o la firmeza. Sin embargo sería deseable disponer de un instrumento que pudiera detectar de forma global la calidad interna de forma no destructiva, y que a la vez fuera aplicable indistintamente en campo, en laboratorio y en línea.

La definición de este teórico instrumento es uno de los objetivos de un proyecto de investigación denominado Isafruit (www.isafruit.org) que pretende mejorar la producción de fruta en Europa. Es una inves-

tigación conjunta en la que participan 61 instituciones investigadoras, cuarenta centros europeos, incluyendo uno de Israel y otro de EE.UU. y veintiuna empresas. Los objetivos finales son:

- Mejorar la calidad de la fruta y de los productos elaborados con ella.
- Mejorar la seguridad alimentaria de la fruta.
- Aumentar el consumo de fruta.

En lo relativo a las tecnologías de medida de calidad interna no destructivas para melocotón, han trabajado en colaboración miembros la Universidad Politécnica de Madrid a través de su grupo LPT-TAG (UPM), el Centre Technologique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL, Francia), Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (Cemagref, Francia) y del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA, Lleida).

Materiales y métodos

El planteamiento de trabajo ha sido el siguiente:

- Selección de tecnologías de medida de calidad interna, ya comercializadas o en desarrollo, con la característica común de estar implementadas en equipos portátiles o de reducidas dimensiones, y que se basen en métodos no destructivos.
- Aplicación en laboratorio a melocotones de varios cultivares, durante tres campañas sucesivas.
- Análisis de los resultados para buscar la combinación óptima de tecnologías capaces de caracterizar mejor el estado interno de los frutos, en este caso formado por la combinación de la firmeza y el contenido en azúcares.

Los métodos de medida llamados "no destructivos" se basan en estimar de forma indirecta las propiedades físicas o químicas, mediante el registro de la respuesta del fruto a una estimulación, bien sea un pequeño impacto o vibración, o su iluminación con luz visible e infrarroja. Los instrumentos no destructivos seleccionados para este trabajo han sido:



- Espectrofotómetro visible/infrarrojo (VIS/NIR) portátil Tromblon **(foto 1)**, fabricado por Cemagref. Su estructura de mochila lo hace fácilmente aplicable en campo. Existen modelos matemáticos desarrollados con este equipo capaces de estimar con gran fiabilidad el contenido en azúcares en manzana.
- Espectrofotómetro VIS/NIR portátil NIR gun **(foto 2)**, fabricado por la empresa Fantec y comercializado en Europa por SACMI. Tiene forma de "pistola" y está pensado para su uso en campo o en laboratorio, para estimar azúcares y acidez.
- Espectrofotómetro VIS/NIR portátil NIR case **(foto 3)**, fabricado y comercializado por SACMI. Posee una disposición en maleta, por lo que es muy aplicable en laboratorio de control. El fabricante ofrece modelos matemáticos para estimación de los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y de la firmeza.
- Impactador lateral de baja energía LPF **(foto 4)**, fabricado por la UPM, para estimación de la firmeza. Ha sido implementado con éxito en línea de clasificación de fruta y puede ser empleado también en laboratorio.
- Impactador iQ firmness tester **(foto 5)** fabricado por Sinclair, en su versión de sobremesa para medida de la firmeza en una escala propia.
- Sensor acústico AFS fabricado y comercializado por AWETA **(foto 6)**, que registra la respuesta acústica de un fruto al someterlo a un leve impacto, y con la información registrada calcula un índice de firmeza.

Todos los equipos no destructivos se aplicaron secuencialmente sobre los mismos melocotones, en ambas caras (más coloreada y menos coloreada), para registrar el resultado ofrecido por cada equipo en exactamente los mismos puntos de medida de cada fruto.

Durante la campaña de 2006 se ensayaron en las instalaciones del IRTA en Lleida 200 melocotones (cv Rich Lady) recolectados el 3 de julio, y medidos durante la misma jornada. Se tomaron dos medidas con cada equipo no destructivo en la zona ecuatorial de cada cara del fruto. Para evitar posibles interferencias entre aparatos por daños leves en la superficie que alguno de ellos pudiera ocasionar, se aplicaron primero los menos agresivos (ópticos) y después los basados en acústica e impacto.

Finalmente se realizaron ensayos de referencia con un penetrómetro manual (Effegi) para la firmeza por el método Magness-Taylor, y se extrajeron y exprimieron dos secciones del fruto (extraídas del centro de las respectivas caras) para determinar el contenido en sólidos solubles con un refractómetro digital (Atago) **(foto 7)**. También se empleó un espectrofotómetro-colorímetro Minolta CM-2600 **(foto 8)**, para registro del espectro visible y el color.

Los tres equipos de estimación de firmeza correlacionan favorablemente con la fuerza máxima en punción medida con penetrometría, resultando el Sinclair iQ firmness tester el más ajustado

Durante la campaña 2007 se midieron melocotones Rich Lady y también Ryan Sun, y en la temporada 2008 se emplearon 240 frutos de Rich Lady, 240 de Ryan Sun y otros 240 de O'Henry.

Resultados

Correlaciones con los métodos de referencia

En este artículo se presentan los resultados preliminares obtenidos de los datos, sumando las tres campañas de medida. La comparación directa de los equipos de medida se puede observar en el **cuadro I** de correlaciones.

En el mismo se observa que los tres equipos de estimación de firmeza correlacionan favorablemente con la fuerza máxima en punción medida con penetrometría, resultando el Sinclair iQ firmness tester el más ajustado, al menos con los datos disponibles. De cualquier forma es reseñable que no es de esperar una correlación perfecta entre ninguno de estos equipos de estimación de la textura, y el método clásico de penetrometría, ya que las propiedades físicas que miden unos y otro son totalmente diferentes.

En cuanto a los equipos de estimación del contenido en sólidos solubles, el comportamiento de todos es bueno, siendo destacable el grado de correlación que alcanza el Tromblon del Cemagref con la medida directa de °Brix del zumo.

La medida del color de la carne de los melocotones no resultaron correlacionadas directamente con los dos parámetros estudiados (firmeza y azúcares). Sin embargo, es posible encontrar en la bibliografía otros trabajos que concluyen que el seguimiento del color de la pulpa es útil para la evolución de la maduración de melocotones y nectari-

CUADRO I. Correlaciones entre los equipos de estimación no destructiva de la calidad interna (en filas) y los métodos tradicionales de medida de firmeza, azúcares y color (columnas)

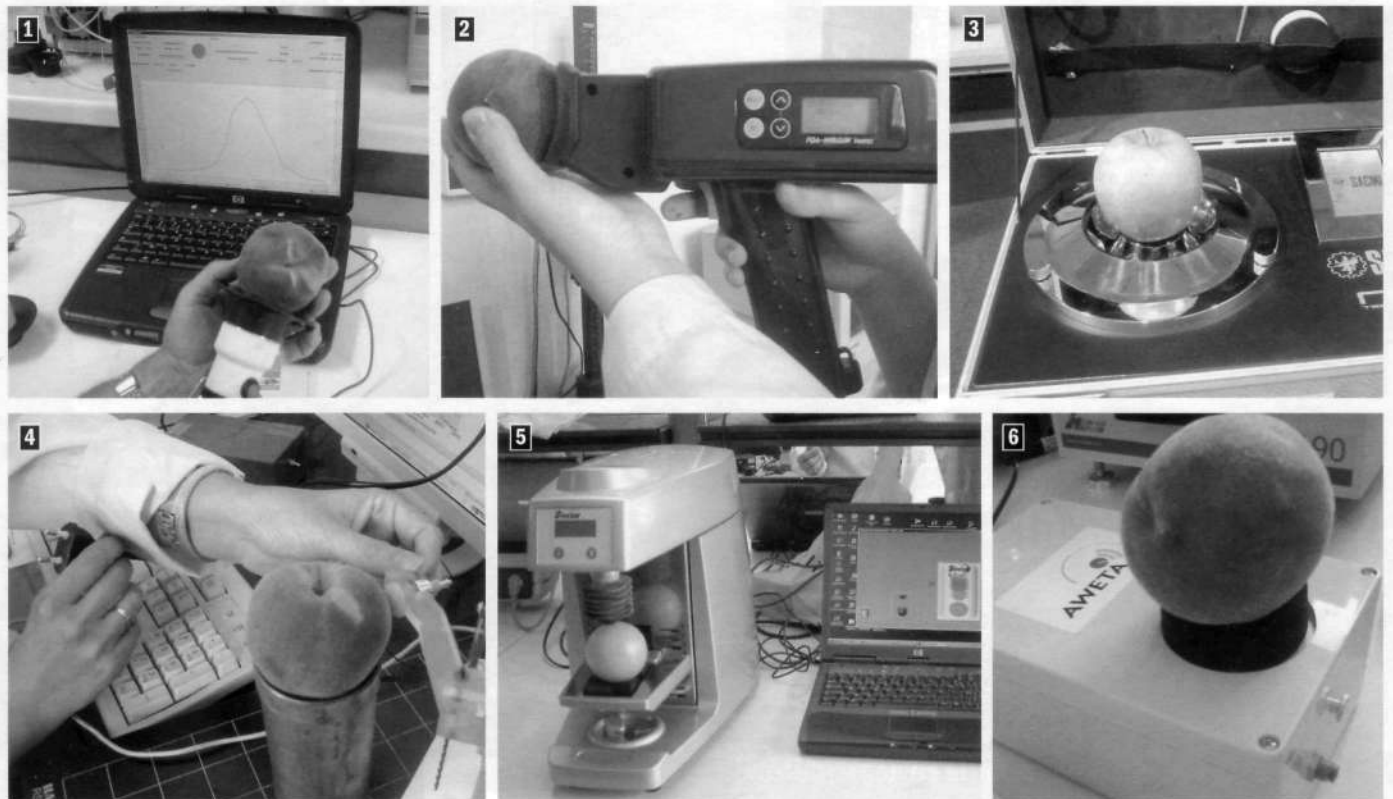
Correlaciones	Penetrometría (Fmax MgTy)	Azúcares (SS)
Firmeza AFS	0,88	-0,07
Firmeza IMP	0,82	0,05
Firm Sinclair	0,90	0,24
Azúcar NIR Gun/Case	0,01	0,90
Azúcar Tromblon	0,04	0,97

CUADRO II. Clasificación de melocotones en tres niveles de firmeza empleando equipos no destructivos por separado.

Equipo usado	Clasificación en	Variedad	Porcentaje de acierto
AFS AWETA	3 clases de firmeza (límites 18 y 35N)	RichLady	73%
Impactador LPF	3 clases de firmeza (límites 18 y 35N)	RichLady	72%
Minolta (color)	3 clases de firmeza (límites 18 y 35N)	RichLady	62%
Sinclair iQ	3 clases de firmeza (límites 18 y 35N)	RichLady	73%

nas. Además el uso de las coordenadas de color es menos recomendable que el uso directo de información extraída del espectro visible, que puede servir para cuantificar pigmentos (clorofila, carotenoides, etc.) o complementar a otras técnicas de medida.

Foto 1. Espectrofotómetro Tromblon. Foto 2. Espectrofotómetro NIR gun. Foto 3. Espectrofotómetro NIR case. Foto 4. Impactador LPF UPM. Foto 5. Sensor de firmeza Sinclair IQ. Foto 6. Sensor acústico AFS.



Clasificaciones en grupos de calidad

A nivel industrial, la aplicación de estas técnicas en muchas ocasiones se hace mediante la clasificación de los frutos en lotes de distinta calidad. Siguiendo este planteamiento se estudió la capacidad de los diferentes métodos para clasificar los melocotones en varias categorías. Se establecieron dos grupos de firmeza poniendo de valor límite 18N para separar frutos muy maduros (*ready to eat*) del resto. También se probó con el límite de firmeza 35N (*ready to buy*) para separar frutos todavía duros de los que ya son comercialmente aptos para su consumo. Algunos de los resultados se resumen en el **cuadro II**.

En éste se observa que la clasificación en tres categorías de firmeza produce similares resultados empleando cualquiera de los tres equipos diseñados para ello (72-73% de frutos correctamente clasificados) mientras que la información del color de la carne parece no ser suficiente para estimar la textura de los melocotones.

También se han elaborado modelos de clasificación en dos clases, combinando firmeza y dulzor (límite de firmeza en 35N y límite de azú-

CUADRO III. Clasificación de melocotones en varios niveles de firmeza, o de firmeza y azúcares combinados, empleando equipos no destructivos conjuntamente.

Equipo usado	Clasificación en	Variedad	Porcentaje de acierto
AFS AWETA, Sinclair iQ, Impactador LPF, Tromblon	2 clases de firmeza-dulzor (límites 35N y 10°B)	RichLady	96% (validación 90%)
AFS AWETA, Sinclair iQ, Impactador LPF, Tromblon	2 clases de firmeza-dulzor (límites 35N y 10°B)	O'Henry	93% (validación 98%)
AFS AWETA, Sinclair iQ, Impactador LPF	2 clases de firmeza (límite 18N)	RichLady	86% (validación 97%)
AFS AWETA, Sinclair iQ, Impactador LPF	3 clases de firmeza (límites 18 y 35N)	RichLady	77% (validación 95%)
AFS AWETA, Sinclair iQ, Impactador LPF	3 clases de firmeza (límites 18 y 35N)	RyanSun	93% (validación 99%)
AFS AWETA, Sinclair iQ, Impactador LPF	2 clases de firmeza (límites 18N)	O'Henry	93% (validación 88%)

cares en 10°Brix) y agregando los datos obtenidos de varios instrumentos a la vez, con objeto de comprobar si la adicción de sus tecnologías puede llevar a la creación de un nuevo equipo más completo y útil. Así se obtuvieron los resultados del **cuadro III**. Para obtener los modelos resumidos en dicho cuadro, se tomaron la mitad de los datos para la calibración, y la otra mitad para validación.

En el **cuadro III** se observan altos porcentajes de acierto, tanto para clasificación en dos niveles de firmeza como en tres. Es especialmente interesante que los modelos de clasificación en categorías que conjugan el nivel de firmeza con cierto límite de azúcares resulten especialmente acertados, con porcentajes tanto en calibración del modelo como en validación superiores siempre al 90% de melocotones bien clasificados. ●

Foto 7. Refractómetro Atago. Foto 8. Espectrofotómetro Minolta CM-2600.



CONCLUSIONES)

A la vista de los primeros resultados obtenidos del análisis de los datos, se comprueba que las tecnologías de medida disponibles hoy en día de forma comercial sí resultan útiles para la estimación no destructiva de la firmeza o los sólidos solubles en laboratorio, y presumiblemente también en campo o en línea de confección. Los ratios de correlación con las referencias son altos, así como el grado de acierto de modelos de clasificación de frutos en dos o tres categorías de calidad, empleando dichos equipos no destructivos.

Todos los equipos empleados ya han sido instalados comercialmente en líneas de clasificación de frutas, aprovechando tecnologías de medida de impacto, acústicas, de imagen (VIS) o de transmisión óptica (espectroscopía NIR). Por tanto su aplicabilidad a la detección de calidad interna ya es un hecho, y únicamente es necesaria su calibración o validación en algunos casos para mejorar su funcionamiento. Los fabricantes de dichos equipos deberían realizar un esfuerzo de integración de sus tecnologías, pues se demuestra que su uso conjunto puede llevar a resultados mejorados. Además, si se implantan equipos basados en estas técnicas, no sólo en línea, sino a lo largo de todo el proceso de producción y comercialización, el control sobre la calidad y la evolución de la maduración de las frutas producidas será mucho más completo. ●