

Estudio de fisiopatías de cerezas en cvs. Sweet Heart y Burlat mediante espectrometría visible e infrarrojo cercano

J. Alonso, O. G. Bodelón

ICTAN-CSIC. José Antonio Novais 10, 28040 Madrid

Palabras claves: *Prunus avium*, visión artificial, color, clasificación, *Prunus avium* L

Resumen

En el presente estudio se ha analizado mediante espectrometría visible e infrarrojo cercano poblaciones de cerezas cvs. Sweet Heart y Burlat afectadas por fisiopatías en su epidermis denominadas “mancha” y “gota” respectivamente. Estas fisiopatías, producidas en condiciones meteorológicas adversas, siguen desarrollándose durante la post-recolección. Los actuales sistemas de clasificación de cerezas por visión artificial tienen dificultades en su detección provocando la mezcla de cerezas sanas y afectadas. El objetivo planteado fue analizar con diferentes espectrómetros las diferencias en longitudes de onda y parámetros de color en un rango entre 300 y 1700 nm entre frutos sanos y frutos afectados. En cv. Sweet Heart, una excelente diferenciación de los frutos afectados y no afectados por la “mancha” fue obtenida con el espectrofotómetro CM-3500 d Konica-Minolta en el rango visible, entre 360 y 740 nm. A partir de 580 nm y hasta los 700 nm se observó un incremento del porcentaje de reflectancia en todos los frutos, si bien dicho incremento es significativamente superior en los frutos sin mancha que en los frutos con ella. Del mismo modo, también conseguimos una diferenciación de los frutos afectados utilizando el espectrómetro óptico BLACK-Comet en un rango entre 410 y 1000 nm. Proponemos como valor de cálculo y diferenciación de presencia o ausencia de “mancha” la diferencia en las reflectancias entre 630 y 600 nm ($Ref_{630}-Ref_{600}$). En el cv. Burlat se observaron espectros significativamente diferentes entre los frutos sanos y afectados por la “gota”. Así, en los frutos sanos observamos una línea base constante entre 360-580 nm, con un posterior incremento de la reflectancia hasta los 700 nm. En los frutos afectados por “gota” este incremento es más leve, iniciándose previamente, a longitudes de onda entre 460-520 nm. La tonalidad de los frutos fue un parámetro útil a la hora de diferenciar eficientemente el área afectada por la “gota” en la variedad ‘Burlat’. La espectrometría NIR entre 900 y 1700 nm no fue resolutive para diferenciar los frutos afectados por mancha o gota en ambos cultivares.

INTRODUCCIÓN

Para cumplir con los requisitos de calidad de clientes y consumidores la visión artificial se está implementando para la inspección automatizada y clasificación de la fruta con el fin de aumentar el rendimiento del producto y mejorar los objetivos de la agroindustria. La visión artificial se está utilizando para tareas de clasificación por tamaño y coloración, detección de defectos y clasificación varietal (Brosnan and Sun, 2004). Durante la última década, los sistemas de rodillos divergentes implementados para la calibración de cerezas en líneas de procesados están siendo sustituidos por cámaras de visión CCD que pueden trabajar en los espectros visibles e infrarrojo cercano. Estas cámaras en las líneas de procesado se encuentran en campanas de iluminación obteniendo imágenes nítidas de los frutos, permitiendo clasificarlos por la forma, color y diámetro del fruto (Moreda et al., 2012). Este cambio se ha

producido ante la necesidad del sector de una selección por color y tamaño de los frutos a la par que la tecnología de visión y procesado de datos ha permitido incrementar la velocidad de clasificación de frutos por minutos. Las cámaras de visión permiten detectar defectos internos y externos de los frutos pudiendo realizar una selección objetiva de los mismos. En cerezas, estos sistemas de visión permiten detectar con alta fiabilidad los daños por rajado. Sin embargo, se han mostrado menos eficaces para el rechazo de determinadas fisiopatías en la epidermis de los frutos denominadas “mancha” y “gota” que se producen en los cultivares ‘Sweet Heart’ y ‘Burlat’ respectivamente.

En el presente trabajo tratamos de analizar los rangos del espectro visible e infrarrojo cercano que pudieran ayudar a detectar estas fisiopatías con el fin de eliminar los frutos afectados de la cadena de procesado

MATERIALES Y MÉTODOS

Para analizar la “mancha” de las cerezas en la variedad ‘Sweet Heart’ durante la campaña 2014 se seleccionaron dos lotes de frutos de este cultivar (2 kg por población) con similar desarrollo de coloración en el área no afectada por la alteración, tras las precipitaciones del mes de junio. Para el estudio de la “gota” en el cultivar ‘Burlat’ se seleccionaron tres lotes procedentes de un mismo productor de la Agrupación de Cooperativas Valle del Jerte. Un primer lote fue utilizado para analizar el efecto de las diferentes coloraciones de los frutos en los rangos de longitudes de ondas utilizados. Los otros dos lotes (cerezas sanas y afectadas por gota) fueron utilizados para valorar el efecto de la fisiopatía en las lecturas del espectro visible e infrarrojo cercano.

El rango visible fue analizado con dos equipos: un espectrómetro óptico BLACK-Comet (StellarNet) con rejillas cóncavas de 40 mm de diámetro con corrección de aberraciones para mejorar la imagen espectral en aplicaciones de espectroscopía en un rango de longitud de onda entre 190 y 900 nm. El segundo equipo utilizado fue un espectrofotómetro CM-3500 d Konica-Minolta controlado por el software SpectraMagic NX para la toma de datos, utilizando como condiciones de observador 10° y de primario D65, realizando lecturas espectrales entre 360 y 740 nm cada 10 nm. Para analizar el rango infrarrojo utilizamos un espectrómetro DWARF-Star Miniature (StellarNet) en un rango de longitud de onda entre 900 a 1700 nm, equipado con detector InGaAs con una resolución de 1,25 nm, 412 píxeles y refrigerado a -10°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una excelente separación de los frutos con mancha y sin mancha fue obtenida en el rango visible, 360-740 nm, del espectrofotómetro CM-3500 d Konica-Minolta y BLACK-Comet (StellarNet) (Fig. 1). Entre 360 y 570 nm no se observaron diferencias entre los frutos con y sin mancha. Este rango de longitudes de onda, dentro del espectro visible pertenece a las regiones de los colores violeta, azul y verde. A partir de 580 nm y hasta los 700 nm se observó un incremento del porcentaje de reflectancia en todos los frutos, si bien dicho incremento es superior en los frutos sin mancha que en los frutos con mancha. A partir de los 700 nm y hasta los 740 nm, la reflectancia se mantiene en valores máximos de forma constante.

Por lo tanto, con dicho equipo podemos encontrar la máxima diferencia entre frutos con mancha y sin mancha en las diferencias de reflectancia entre 630 y 600 nm (Fig.2). Cabe preguntarse qué ocurriría con frutos con una coloración menos intensa, es decir más anaranjada y parecida a la mancha. Probablemente su reflectancia fuera menor a estas longitudes de onda pudiendo ser rechazada por la máquina. No obstante, en los frutos con manchas, como ‘Sweet Heart’, el área afectada no está extendida en la totalidad del fruto, pudiendo diferenciar áreas de coloración normal frente a áreas de coloración anaranjada producida por la mancha,

dándonos espectros o valores de reflectancia a 700 nm muy diferenciados. Utilizando este criterio en la clasificación de los frutos sería factible separar con mayor precisión frutos en un estadio de menor madurez de frutos afectados por la mancha.

Cerezas 'Burlat' con diferente grado de coloración fueron analizadas con el espectrofotómetro CM-3500 d Konica-Minolta, entre 360 y 740 nm, con el espectrómetro óptico BLACK-Comet VIS, entre 200 y 1190 nm y en el rango infrarrojo con el DWARF-Star Miniature, entre 900 a 1700 nm (Figs. 3, 4). Los espectros visibles tienen bajos valores de reflectancia entre 360 y 550 nm. A partir de los 550 nm, los frutos con coloración más clara presentan un incremento de la reflectancia hasta los 700 nm, obteniendo valores superiores a los frutos más oscuros. Por otro lado, los frutos con coloración más oscura mantienen una línea base estable a 620 nm. Con el espectrómetro óptico BLACK-Comet VIS observamos la misma tendencia con un máximo de reflectancia a los 800 nm y un segundo pico a los 970 nm. La espectrometría NIR fue tanto o más resolutiva que la espectrometría visible para diferenciar la diferente coloración de los frutos. En los espectros se diferencian tres picos a longitudes de onda de 1115, 1290 y 1500 nm, observando por lo general un descenso del valor del espectro al incrementar el desarrollo de la coloración del fruto, obteniendo a 1290 nm la mejor distribución en función del desarrollo de la coloración.

Al analizar la mancha, en el espectro visible observamos un comportamiento diferente entre cerezas sanas y afectadas. En los frutos sanos encontramos una línea base constante entre 360-580 nm, incrementándose posteriormente los espectros hasta los 700 nm. En los frutos afectados, este incremento es más leve, pero iniciándose previamente a longitudes de onda entre 460-520 nm. Los valores máximos obtenidos a 700 nm, son por lo general inferiores en los frutos afectados. Utilizando el espectrofotómetro CM-3500 d Konica-Minolta también obtenemos las coordenadas $L^*a^*b^*$ (D65) las cuales transformamos en un espacio $L^*C^*h^*$ donde C^* (Chroma) = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ indica la saturación del color, y h (Hue) = $\arctan(b^*/a^*)$ indica el tono. El valor de h lo expresamos en grados que van de 0 a 360° multiplicando el valor resultante por $180/\pi$. Este parámetro fue muy resolutivo en diferenciar los frutos afectados por la mancha de los frutos sanos pudiendo ser utilizado para mejorar los sistemas de clasificación (Fig. 5). No obstante, se requeriría de estudios poblacionales de mayor envergadura para poder confirmar este supuesto. Los espectros NIR no fueron resolutivos en diferenciar los frutos sanos y afectados por esta fisiopatía.

REFERENCIAS:

- Brosnan, T., and Sun, D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision - A review. *Journal of Food Engineering* 61, 3-16.
- Moreda, G. P., Muñoz, M. A., Ruiz-Altisent, M., and Perdigones, A. (2012). Shape determination of horticultural produce using two-dimensional computer vision – A review. *Journal of Food Engineering* 108, 245-261.

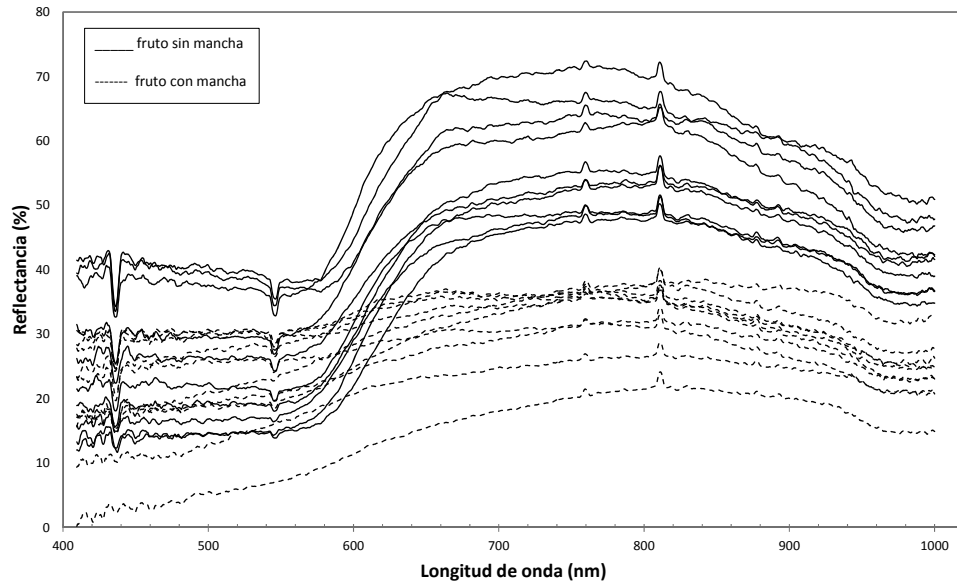


Figura 1: Espectro de cerezas cv. Sweet Heart con y sin “mancha” utilizando el espectrómetro óptico BLACK-Comet VIS entre 400 y 1000 nm

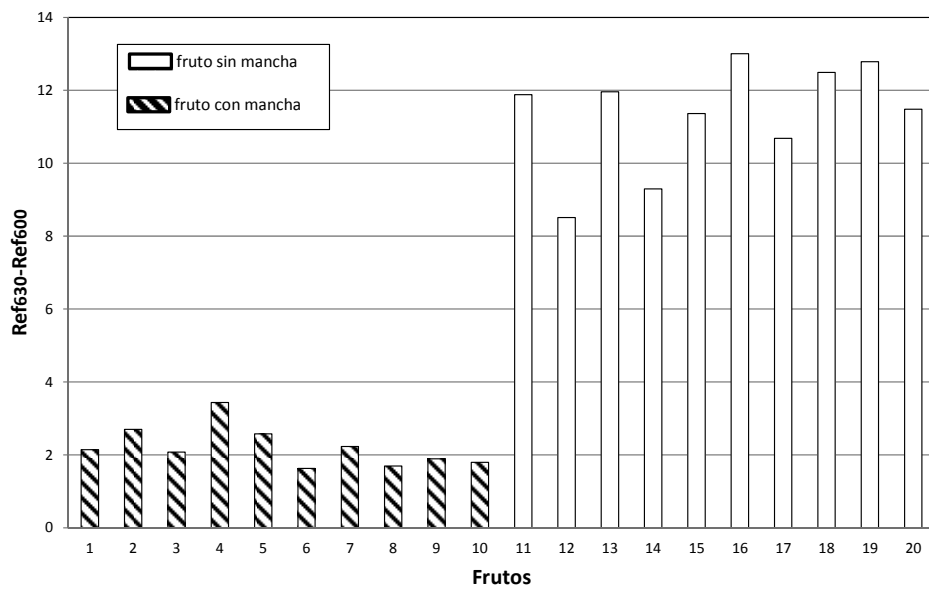


Figura 2: Valores de las diferencias de reflectancia entre 630 y 600 nm de poblaciones de frutos cv. Sweet Heart con y sin mancha utilizando el espectrómetro óptico BLACK-Comet VIS

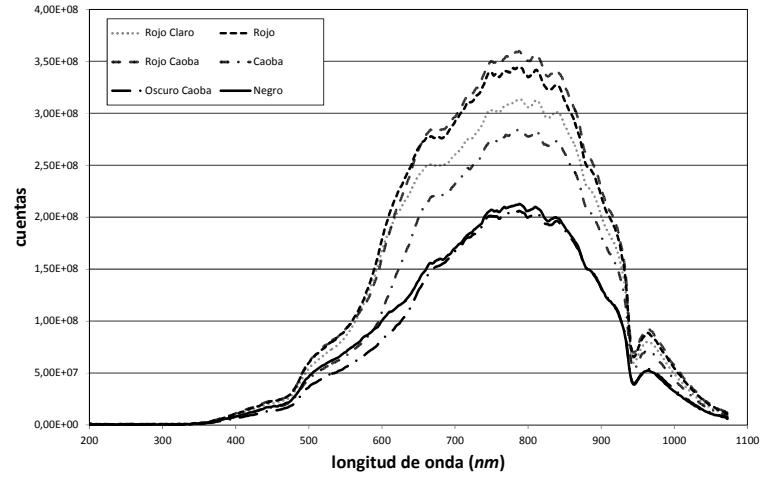


Figura 3: Espectros visibles obtenidos con el espectrómetro óptico BLACK-Comet VIS entre 200 y 1100 nm de frutos de cerezas cv. Burlat con diferentes grados de coloración según en la escala Ctifi.

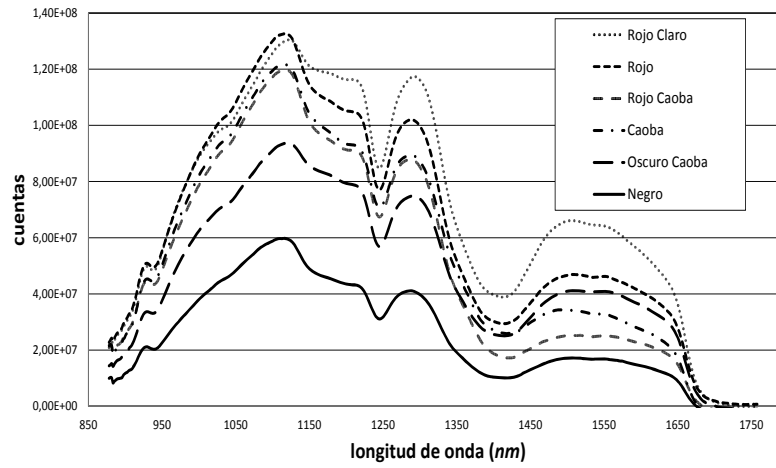


Figura 4: Espectros NIR obtenidos con el espectrómetro DWARF-Star Miniature, entre 900 y 1700 nm de frutos de cerezas cv. Burlat con diferentes grados de coloración según en la escala Ctifi.

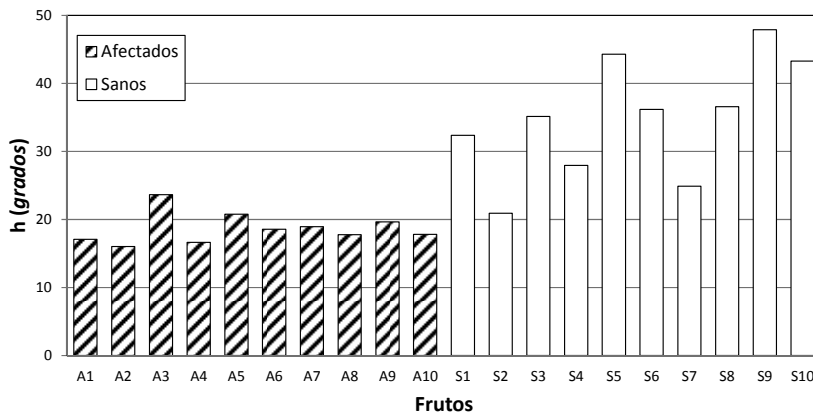


Figura 5: Valores de la tonalidad h (grados) de frutos cv. Burlat sanos y afectados por la “gota” utilizando el espectrofotómetro CM-3500 d Konica-Minolta.