

SEGUIMIENTO DE LA MADURACIÓN DE VARIEDADES DE UVA MEDIANTE COLORIMETRÍA Y ANÁLISIS DE IMAGEN DE SEMILLAS

Francisco José Rodríguez-Pulido¹, María Lourdes González-Miret¹,
Luis Gómez-Robledo² Francisco José Heredia¹

¹ Lab. Color y Calidad de Alimentos (Dpto. Nutrición y Bromatología),
Universidad de Sevilla, Sevilla.

² Dpto. de Óptica, Universidad de Granada, Granada.
www.color.us.es, rpulido@us.es

Resumen:

El seguimiento de la maduración de la uva se realiza mediante análisis fisicoquímico y organoléptico del mosto, siendo el momento de la vendimia un aspecto que repercute directamente en la calidad de un vino. La visión artificial proporciona una alternativa automatizable y de bajo coste al análisis convencional, pudiendo así, caracterizar de manera efectiva la variedad de uva y el estado de maduración a partir de las características de una imagen. Se han podido discriminar con éxito variedades de uva blanca y tinta y se ha podido predecir el grado de madurez de la uva mediante análisis de imagen de las semillas.

Palabras clave: Análisis de imagen, Color, Semilla de uva.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los parámetros fisicoquímicos es una herramienta esencial para estimar la madurez de la uva, permitiendo establecer los criterios básicos de calidad y tomar decisiones en la bodega. Estos parámetros fisicoquímicos, medidos durante la maduración, son peso y calibre medio de la baya, pH, acidez total y azúcares, siendo estos dos últimos fundamentales para la determinación de la madurez tecnológica. Tanto la baya como la semilla cambian de aspecto durante todo este periodo de maduración [1].

La visión artificial incluye la captura, el procesado y el análisis de imágenes, facilitando la evaluación de las características de alimentos de manera rápida, objetiva y no destructiva [2, 3]. El color es una de las características más importantes de una imagen debido a su correspondencia con la visión humana, pero además, a partir de una imagen se puede obtener información de la morfología y la apariencia. Basándose en discontinuidades de la matriz de píxeles que componen la imagen, se pueden medir características tales como tamaño, área o heterogeneidad de los objetos reconocidos [4-5].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se han utilizado tres variedades de uva, cultivadas en el Condado de Huelva en 2009: Syrah y Tempranillo (tintas); y Zalema (blanca), esta última cultivada en dos tipos de suelo, arena y barro. Se muestreó dos veces por semana, desde mediados de julio hasta el momento de vendimia (entre el 20 de julio y el 3 de septiembre). Se analizó la madurez tecnológica de la uva con el índice glucoacídico.

La adquisición de imágenes se realizó con una cámara Nikon D-80 previamente calibrada, acoplada a una cámara de iluminación controlada DigiEye[®] de VeriVide (Leicester, Reino Unido). Se utilizó una fuente de iluminación estándar D65 [6].

Del análisis de imagen de las semillas se obtuvieron parámetros de morfología y apariencia (largo, ancho, relación de aspecto, redondez, perímetro, área y heterogeneidad), así como las coordenadas colorimétricas CIELAB mediante el software original DigiFood[®] [7].

RESULTADOS

Clasificación varietal según morfología

En un análisis de la varianza preliminar, se han encontrado diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la morfología de las semillas de distintas variedades de uva. Sin embargo, entre la variedad blanca Zalema no se obtuvo esa diferencia para los dos tipos de suelo [Tabla 1].

Tabla 1. Parámetros morfológicos de las semillas según variedad. (Media \pm Desv.Est.)

	Syrah	Tempranillo	Zalema arena	Zalema barro
Largo	71.6 \pm 0.3 ^a	73.5 \pm 0.4 ^a	61.3 \pm 0.3 ^b	61.1 \pm 0.3 ^b
Ancho	41.6 \pm 0.3 ^a	43.6 \pm 0.3 ^b	38.8 \pm 0.3 ^c	38.4 \pm 0.3 ^c
Relación de aspecto ¹	1.80 \pm 0.01 ^a	1.72 \pm 0.01 ^b	1.64 \pm 0.01 ^c	1.64 \pm 0.01 ^c
Redondez ²	1.31 \pm 0.02 ^a	1.26 \pm 0.03 ^b	1.24 \pm 0.03 ^b	1.24 \pm 0.02 ^b
Perímetro	182.3 \pm 0.9 ^a	188.5 \pm 1.1 ^b	160.1 \pm 0.8 ^c	159.1 \pm 0.8 ^c
Área	2034 \pm 21 ^a	2240 \pm 25 ^c	1653 \pm 19 ^c	1632 \pm 19 ^c
Heterogeneidad ³	17.5% \pm 0.6% ^a	13.9% \pm 0.7% ^b	15.4% \pm 0.5% ^{ab}	14.7% \pm 0.5% ^{ab}

¹Relación de aspecto: Cociente entre los ejes mayor y menor de la semilla

$$^2\text{Redondez} = \frac{(\text{perímetro})^2}{4 \times \pi \times \text{área}} \quad (\text{Ec. 1})$$

³Heterogeneidad: Fracción de píxeles que difieren más de un 10% de la media

Se ha aplicado el análisis discriminante a la clasificación de las muestras en función de las características de apariencia de la semilla. Agrupando las semillas según procedencia de uvas tintas o blancas la clasificación es del 100%. La clasificación entre las dos variedades tintas es del 100% para Syrah y del 87.5% para Tempranillo. Dentro de la variedad blanca, Zalema, no es posible la correcta discriminación entre los dos tipos de suelo mediante parámetros morfológicos. La clasificación para Zalema arena es del 71.43% mientras que para Zalema barro es solo del 57.14%.

En general, los parámetros *relación de aspecto*, *redondez* y *ancho* obtienen más peso en las ecuaciones, por lo que son los que más influyen en la clasificación. Otros como *pardeamiento*, *heterogeneidad* y los parámetros colorimétricos resultan no significativos entre variedades debido a una mayor evolución a lo largo del tiempo.

Evolución de la apariencia de las semillas durante el proceso de maduración

Los parámetros morfológicos no mostraron cambios significativos durante la maduración de la uva, lo que permite la discriminación por variedades, como se ha visto. Solamente en medidas de heterogeneidad se observó un aumento en la primera etapa de maduración y una disminución al final. Esto se debe a que el color cambia de verde pálido a tonos marrones oscuros de manera heterogénea por zonas. Para estudiar el pardeamiento se superpusieron los histogramas de L* de cada imagen de semillas en los estadios inicial y final [Figura 1], con el fin de encontrar un valor de corte en la clasificación de las muestras.

Los histogramas se sitúan claramente por encima y por debajo de L* = 50, por lo que se tomó este valor como umbral de pardeamiento de la semilla. Se calculó entonces el “grado de pardeamiento” según la ecuación:

$$\text{grado de pardeamiento} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de píxeles con } L^* < 50}{\text{n}^\circ \text{ de píxeles totales}} \quad (\text{Ec. 2})$$

La evolución a lo largo de la maduración se muestra en la Figura 2.

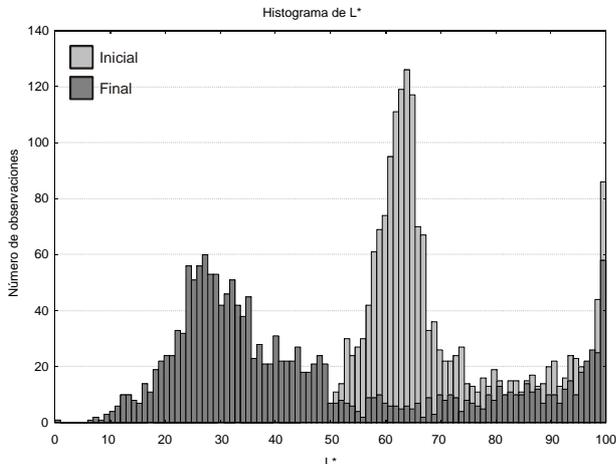


Figura 1. Histograma de L^* para las muestras iniciales y finales de semillas.

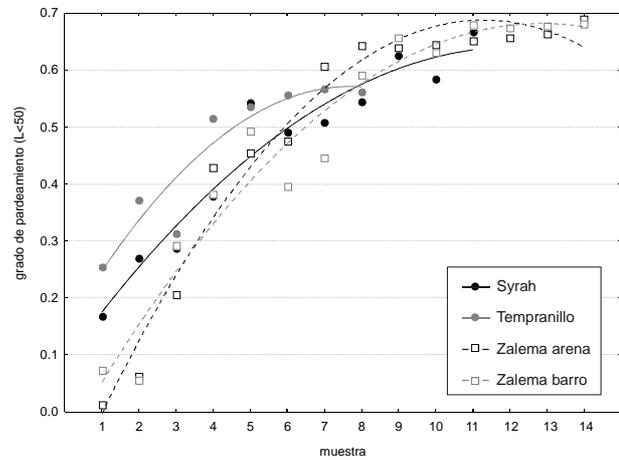


Figura 2. Evolución del grado de pardeamiento de las semillas a lo largo de la maduración.

Los parámetros de color muestran cómo los valores de L^* y b^* disminuyen a lo largo del tiempo mientras que a^* aumenta hasta estabilizarse en los últimos estadios de maduración, lo que supone un descenso del tono h_{ab} . Al representar los valores colorimétricos L^* , C^*_{ab} y h_{ab} frente a la madurez tecnológica del mosto, se obtuvieron buenas correlaciones polinómicas de segundo grado en algunos casos, especialmente para L^* [Tabla 2].

Tabla 2. Coeficientes de determinación (R^2) para un ajuste polinómico de segundo grado para L^* , C^*_{ab} y h_{ab} vs. madurez tecnológica del mosto

	Syrah	Tempran.	Z. arena	Z. barro
L^*	0.92	0.92	0.95	0.95
C^*_{ab}	0.38	0.79	0.97	0.89
h_{ab}	0.65	0.95	0.95	0.76

Se ha representado la dispersión a^*b^* de los píxeles de cada imagen como una nube de puntos en el diagrama de color. Se puede apreciar cómo evoluciona la heterogeneidad cromática respecto el tiempo de maduración, dando una idea de la heterogeneidad de color de la muestra.

En la Figura 3 se puede evaluar cómo se reduce la dispersión a^*b^* (heterogeneidad cromática) a lo largo del tiempo. En los estados iniciales, las semillas presentan tonos verdes pálidos mezclados con marrones claros, que evolucionan hasta el momento de vendimia, produciéndose una evidente convergencia cromática hacia colores pardos oscuros.

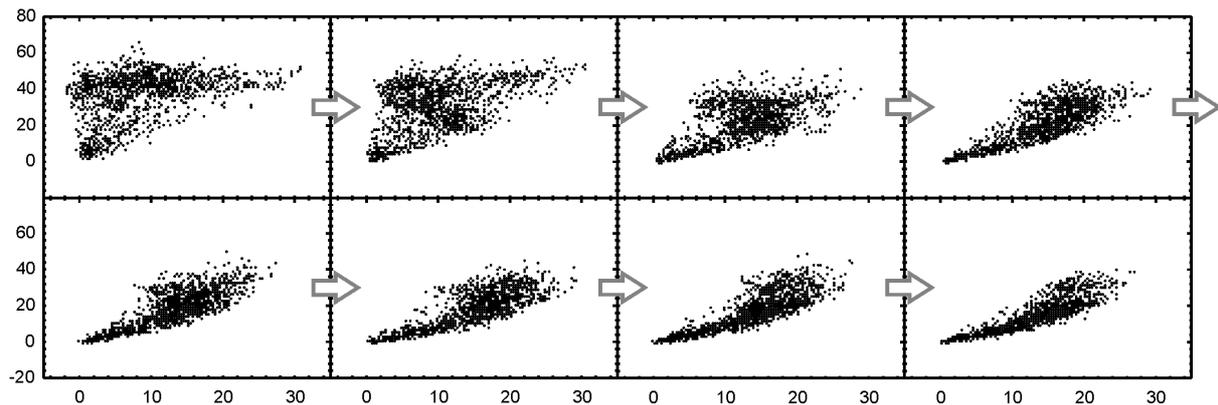


Figura 3. Evolución de la dispersión a^*b^* de las semillas de Zalema a lo largo de la maduración

CONCLUSIONES

La visión artificial es un método eficaz para la caracterización y clasificación de semillas de uva. En el estudio de la madurez tecnológica de la uva con medidas colorimétricas de las semillas, se encontró una alta correlación ($R^2 > 0.92$) en las cuatro variedades considerando la claridad L^* . Al representar los diagramas de dispersión a^*b^* se aprecia un descenso general del tono y el croma durante la maduración, así como una clara reducción de la heterogeneidad cromática.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la concesión del proyecto AGL2008-05569-C02-02 y la concesión de la beca BES-2009-025429.

REFERENCIAS

- [1] R. Ristic, P. G. Iland: "Relationship between seed and berry development of *Vitis Vinifera* L. cv Siraz: Developmental changes in seed morphology and phenolic composition", *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 11, 1, 43-58 (2005).
- [2] T. Brosnan, D.-W. Sun: "Improving quality inspection of food products by computer vision – a review", *Journal of Food Engineering.*, 61, 1, 3-16 (2004).
- [3] Bin Lv, Bin Li, Sha Chen, Juan Chen, Bo Zhu: "Comparison of color techniques to measure the color of parboiled rice", *Journal of Cereal Science.*, 50, 2, 262-265 (2009).
- [4] C. Zheng, D.-W. Sun, L. Zheng: "Recent developments and applications of image features for food quality evaluation and inspection - a review", *Trends in Food Science & Technology.*, 17, 12, 642-655 (2006).
- [5] Savakar, Dayanand G., Basavaraj S.: "Recognition and Classification of Food Grains, Fruits and Flowers Using Machine Vision", *International Journal of Food Engineering.*, 5, 4, Art 14 (2009).
- [6] Commission Internationale de l'Eclairage (CIE): "CIE Standard Illuminants for Colorimetry", ISO 11664-2:2007 (2007).
- [7] Heredia F.J., González-Miret M.L., Álvarez C., Ramírez A., DigiFood®. Registro N° SE-01298 (2006).