

AU06 - Análisis de algunas características externas de los alimentos mediante análisis de imágenes utilizando Food-ColorInspector

Albert, F.¹; Aleixos, N.¹; Cubero, S.²; Bataller, C.²; Munera-Picazo, S.²; Blasco, J.²

¹Instituto Labhuman. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n, 46022, Valencia (España). Email: {fraalgi1, naleixos}@dig.upv.es

²Centro de Agroingeniería. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Cra. Moncada-Náquera km 5, 46113, Moncada, Valencia (España). Email: {blasco_josiva, cubero_ser, bataller_car, munera_san}@gva.es

Resumen

Food-ColorInspector es una aplicación de software especialmente desarrollada para evaluar el color y algunas características externas de alimentos mediante análisis de imágenes. Permite al usuario seleccionar diferentes áreas de color en la imagen y asignarlas a regiones de interés predefinidas. Los algoritmos desarrollados utilizan las zonas seleccionadas (conjunto de entrenamiento) para crear un mapa de colores de la imagen que permite segmentarla clasificando cada uno de los píxeles en las diferentes clases predefinidas. Se utilizan las coordenadas RGB (rojo, verde, azul) de los píxeles de las zonas seleccionadas como variables independientes y la clase a la que pertenecen como variable dependiente, para la creación de un clasificador basado en el teorema de Bayes. Con esta información, la aplicación crea un modelo capaz de segmentar la imagen clasificando cada pixel en la imagen en una de las clases predefinidas. Este modelo se guarda en un mapa de color que contiene cada posible combinación de RGB en una imagen y la clase a la que es asignado. A partir de la imagen segmentada, se proporcionan estadísticas básicas del color en diferentes espacios de color (RGB, CIELAB y HSI) y las principales características geométricas de cada región encontrada. El mapa de color generado con las imágenes de entrenamiento se puede utilizar para procesar conjuntos de imágenes de forma automática, proporcionando información de cada imagen y del conjunto de todas ellas en una hoja de cálculo. Entre otras aplicaciones, se puede usar, por ejemplo, para estimar el pardeamiento de un producto independientemente de la textura de la superficie, lo que es difícil de realizar usando el colorímetro tradicional. Se puede también utilizar para detectar, medir y caracterizar daños externos, manchas o estados de madurez o diferenciar entre diferentes partes de la composición de los alimentos. La aplicación se puede descargar desde la página web <http://www.cofilab.com> así como una colección de imágenes de prueba

Palabras clave: Segmentación de imágenes, análisis de color, calidad de alimentos.

Analysis of some external features of food by image analysis using Food-ColorInspector

Abstract

Food-ColorInspector is a software application specially developed to evaluate the colour and some external characteristics of foods by image analysis. It allows the user to select different areas in the image and assign them to one of the predefined classes representing different regions of interest. The algorithms developed use the selected areas (training set) to create a colour map that allows segmenting the image by classifying each pixel in different predefined classes. The RGB (red, green, blue) pixel coordinates in the selected areas are used as independent variables and the class to which they belong as a dependent variable, for creating a classifier based on Bayes' theorem. Using this information, the application creates a model capable of segmenting the image by classifying any pixel in the image in one of the predefined classes. This model is saved in a colour map that contains every possible combination of RGB in an image and the class to which it is assigned. From the segmented image, basic statistics of the colour in different colour spaces (RGB, CIELAB and HSI) and the main geometric characteristics of each found region are provided. The colour map generated with the training images can be later used to process sets of images automatically, providing information for each individual image and the whole set in a spreadsheet. Among other applications, it can be used, for example, to

estimate the browning of a product regardless of the surface texture, which is difficult to achieve using a traditional colorimeter. It can also be used to detect, measure and characterize external damages, stains or maturity stages or differentiate between different regions corresponding to different food composition. The application can be free downloaded from the website <http://www.cofilab.com> well as a collection of testing images

Keywords: Image segmentation, colour analysis, food quality

Introducción

La inspección no destructiva de la calidad externa de los productos agroalimentarios se basa, principalmente, en algunos aspectos visuales como el color, el tamaño, la forma o la textura, que el productor asocia con posibilidades de comercialización del producto y el consumidor con decisiones de compra. Durante la poscosecha, estos controles de calidad suelen consistir en una inspección visual que requiere una gran atención de operarios entrenados.

Para el caso de algunas frutas, como los cítricos, existen sistemas de inspección electrónicos basados en visión artificial capaces de clasificar la fruta a grandes velocidades en función de las decisiones que toma un sistema informático a partir del procesamiento de imágenes de las frutas (Cubero *et al.*, 2011, Lorente *et al.*, 2012). En otros casos, estos controles de calidad se realizan en laboratorios empleando equipos que en ocasiones tienen un elevado precio y no siempre permiten un análisis completo o detallado. Uno de los mayores problemas que se presentan para realizar una adecuada inspección es la enorme variabilidad externa que presentan los productos agroalimentarios. Incluso en productos de la misma variedad se pueden dar grandes diferencias de color, forma o tamaño lo que dificulta la creación de herramientas capaces de medir estas propiedades (Blasco *et al.*, 2007). Este es el caso cuando la propiedad a medir es el color, ya sea para determinar el estado de madurez, comprobar la evolución de determinados tratamientos, estudiar algunos daños o investigar desordenes como el pardeamiento enzimático (Quevedo *et al.*, 2009; Amodio *et al.*, 2011; Ebrahimi *et al.*, 2013).

Para el caso de la medida del color se suelen emplear colorímetros. Sin embargo, estos equipos tienen una serie de limitaciones como un área de medida reducida y dificultad para medir de una forma precisa el color en aquellas zonas donde este no es homogéneo, ya que proporcionan un único dato que integra el color de toda la superficie medida. Una alternativa a estos equipos es el uso de cámaras capaces de capturar imágenes de las muestras que se desean medir (Vidal *et al.*, 2013). La gran ventaja de las cámaras frente a los colorímetros es la capacidad de capturar imágenes de áreas relativamente grandes y poder diferenciar colores en zonas variegadas. Pero el uso de estas cámaras no está exento de problemas que se deben tener en cuenta ya que el color medido depende del dispositivo, por lo que es importante adquirir siempre imágenes de referencias certificadas de color (Mendoza *et al.*, 2006). Por otra parte, las cámaras, y equipos informáticos en general, capturan las imágenes en coordenadas de color RGB (rojo, verde, azul) que no es un espacio de color perceptual, lo que quiere decir que las diferencias numéricas de color no se corresponden con las diferencias que percibe el ojo humano (Rajashekara *et al.*, 2010). Aunque el color de las imágenes se puede convertir para trabajar en espacios de color perceptuales, como por ejemplo el CIELAB (León *et al.*, 2006), esta conversión no está disponible en la mayoría de los

programas de tratamiento de imágenes y, aquellos que sí lo permiten, lo hacen sin dar a conocer las ecuaciones usadas para ello.

Food-ColorInspector es una herramienta software de libre acceso (<http://www.cofilab.com>) que permite el análisis del color y algunas propiedades externas en imágenes, especialmente de alimentos. Entre sus principales características está la de creación fácil y rápida de modelos de segmentación de imágenes en color a partir de una selección manual de las regiones de interés. A partir de la imagen segmentada se ofrece información del color de cada región y de cada objeto encontrado en diferentes espacios de color, así como otras características como el área, tamaño, etc. El modelo creado se puede guardar ser utilizado posteriormente para aplicarse en otras imágenes similares o incluso a lotes de imágenes contenidos en directorios de forma automática. Este trabajo muestra los fundamentos en los que se basa la aplicación y sus principales características.

Material y Métodos

Entrenamiento y obtención de las estadísticas de color

En un primer paso, el usuario define las clases en las que va a dividir el problema, que se corresponden con las regiones de interés de la imagen. Por ejemplo, para el caso de las frutas se pueden predefinir regiones correspondientes a diferentes colores de la piel, defectos o pedúnculo. La aplicación permite crear un modelo supervisado de clasificación de píxeles en esas clases predefinidas a partir de un conjunto representativo de imágenes de entrenamiento, lo que permite la segmentación de imágenes en color. Una vez cargada una imagen de entrenamiento, el usuario puede seleccionar pequeñas ventanas en las diferentes regiones de interés que se pretenden segmentar. Estas regiones de interés deben tener colores diferenciados que cubran la máxima variabilidad posible de color en la imagen. Cada vez que el usuario hace una selección de entrenamiento, las coordenadas de color RGB (rojo, verde, azul) de cada pixel en la ventana se almacenan junto a la clase asignada. Este proceso se repite tantas veces como se considere necesario hasta cubrir todas las posibles regiones de interés. Asimismo, para completar el entrenamiento se pueden utilizar diferentes imágenes antes de generar el modelo. La Figura 1 muestra la interfaz de usuario de Food-ColorInspector.

Una vez finalizado el entrenamiento, todas las coordenadas RGB seleccionadas se utilizan como variables independientes X para generar un modelo basado en Análisis discriminante bayesiano, donde la clase a la que pertenece cada vector de coordenadas RGB es la variable dependiente Y . El objetivo del modelo es predecir a que clase debe pertenecer cualquier posible valor de RGB. Para clasificar los píxeles se ha utilizado el teorema de Bayes, que expresa la probabilidad de que ocurra un suceso A, a partir de la certeza de un suceso B. En este caso, dado un vector de coordenadas de color RGB, se pretende conocer la probabilidad de que pertenezca a una de las clases predeterminadas.

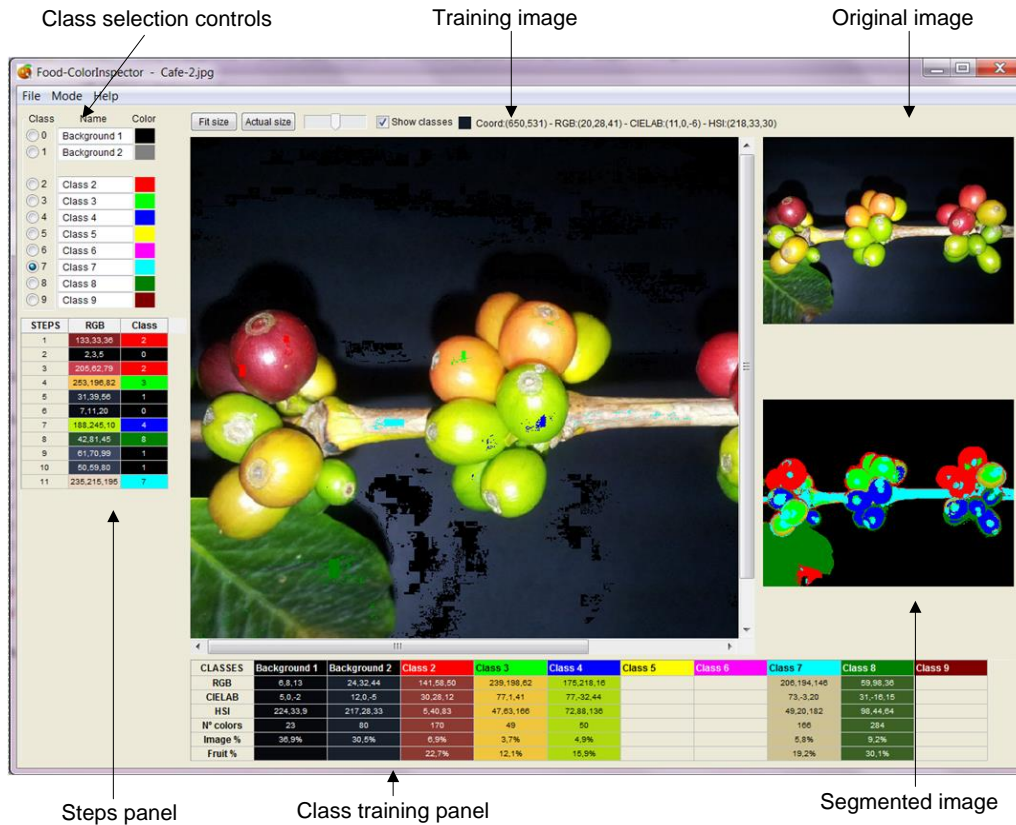


Figura 1. Interfaz de usuario de la aplicación Food-ColorInspector en modo entrenamiento

La aplicación muestra durante el proceso de entrenamiento información sobre el área y el color de las diferentes clases seleccionadas en diferentes espacios de color que incluyen el RGB, el HSI y el CIELAB. De esta forma es posible, por ejemplo, conocer el color medio y el área de distintas zonas de la piel de una fruta (zonas con colores diferentes), de los defectos que contiene o de algunas características como hojas, pedúnculo, etc. O el área que ha sufrido un pardeamiento enzimático y el color de la zona pardeada. Además, se muestra una vista previa interactiva de la segmentación resultante después de cada paso del proceso de entrenamiento, que incluye información sobre los colores y áreas de las diferentes regiones segmentadas. Dispone también de herramientas que permiten la asignación muy precisa de las diferentes regiones de interés a diferentes clases durante el proceso de entrenamiento, por ejemplo, mediante la selección de las regiones en un zoom de la imagen original, de una imagen de contornos obtenidos utilizando un filtro Sobel, o de una imagen que mezcla una transparencia de la imagen segmentada previamente con la original, lo que permite comprobar de forma muy precisa el resultado del entrenamiento se está realizando. Una vez completado el proceso de entrenamiento y obtenido el modelo de clasificación, este se almacena para que se pueda utilizar posteriormente con cualquier otra imagen.

CLASES	Background 1	Background 2	Piel roja	Piel amarilla	Piel verde
RGB	197,99,11	250,243,138	156,26,16	177,143,17	148,148,7
CIELAB	53,35,61	94,-12,52	34,51,43	61,2,64	59,-14,63
HSI	28,89,40	57,34,82	4,76,26	48,85,44	60,93,40
Nº colours	313	59	92	147	87
Image %	21,2%	0,8%	16,3%	15,8%	5,3%
Fruit %			20,9%	20,2%	6,8%

Figura 2. Detalle de la información de color y área para cada clase segmentada

Análisis de objetos y extracción de características

Una vez segmentada la imagen, es importante disponer de una descripción precisa y útil de los objetos encontrados, para ello la aplicación dispone de un modo de análisis de objetos. El primer paso es extraer los contornos de las regiones en la imagen segmentada, que se realiza aplicando un código de cadena (Freeman, 1961) sobre regiones 8-conecadas. A partir de los contornos extraídos se calculan algunas características de los objetos como el color promedio (en diferentes espacios de color), área (suma de píxeles pertenecientes al objeto), perímetro (recuento de píxeles del contorno), longitud, anchura, ejes de inercia, elongación, compacidad y redondez. Todas estas características se muestran en una tabla junto con el número del objeto. La Figura 3 muestra la interfaz del modo de análisis de objetos y extracción de características.

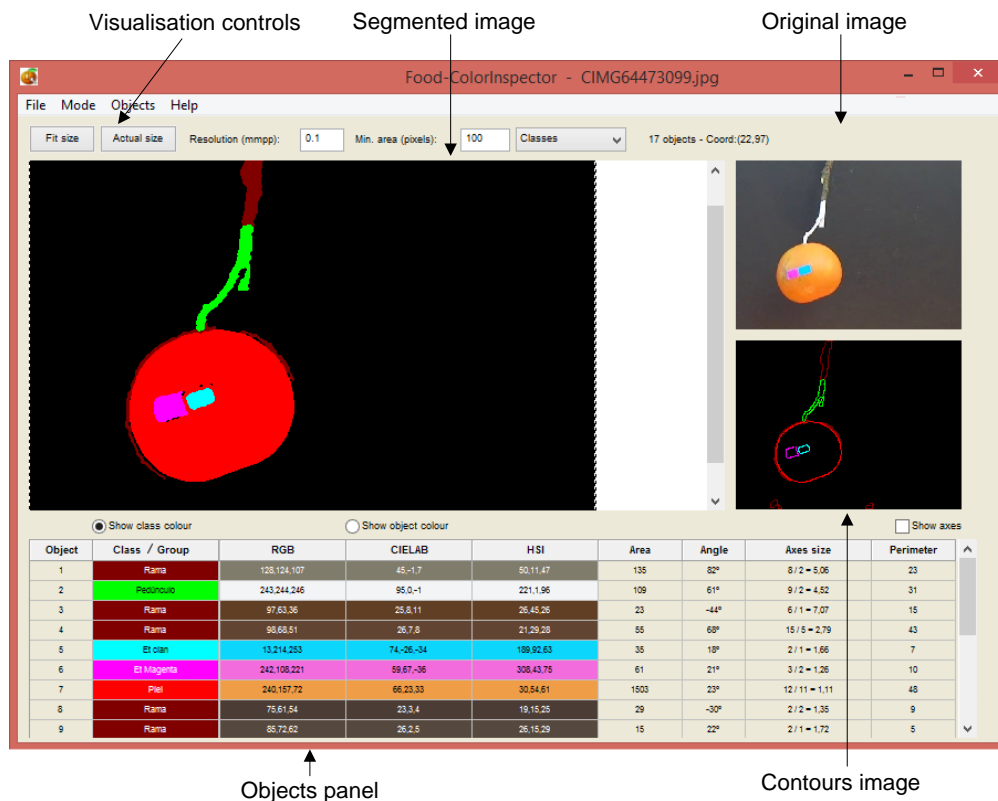


Figura 3. Interfaz de usuario de la aplicación Food-ColorInspector en modo de análisis de objetos

Para mejorar el rendimiento del modelo de segmentación, aquellos objetos que deben pertenecer a la misma región pero que tienen colores diferentes (por ejemplo distintas

zonas de piel sana de una fruta bicolor) se deben asignar a diferentes clases durante el proceso de entrenamiento. Sin embargo, durante el proceso de extracción de características se pueden agrupar diferentes clases como pertenecientes al mismo tipo de región de interés, lo que permite calcular el área de una fruta como la unión de todas las clases que pertenecen a la piel u obtener el área de cada una de las zonas de diferentes colores por separado (Figura 4). Para eliminar el ruido introducido por objetos muy pequeños, evitar falsas detecciones y facilitar la detección y clasificación de los objetos, se pueden aplicar filtros para excluir del análisis los objetos que no cumplen determinadas características como un tamaño reducido o excesivo, una determinada área, elongación o redondez.

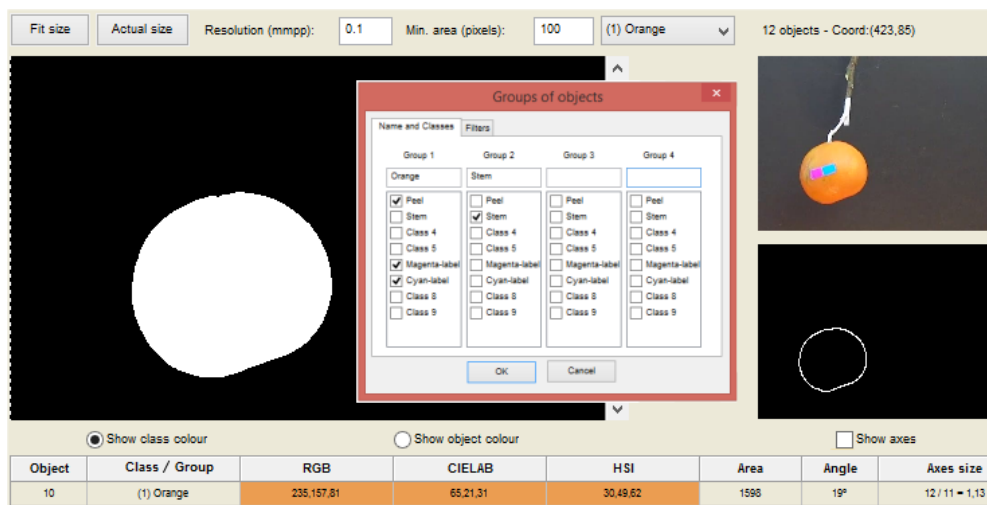


Figura 4. Objeto encontrado tras agrupar las clases consideradas como piel

Resultados y Discusión

Se ha desarrollado una herramienta para el análisis de imágenes capaz de proporcionar una inspección precisa y flexible de algunas propiedades externas de alimentos. La aplicación desarrollada ofrece una descripción detallada del color de los objetos y regiones de interés encontradas en las imágenes en tres espacios de color diferentes, además de proporcionar importante información sobre la forma y tamaño de los objetos. Al permitir agrupar diferentes clases como pertenecientes al mismo tipo de región se aumenta el rendimiento del clasificador al permitir discriminar mejor zonas con colores diferentes.

El modelo de segmentación creado a partir de la información de color se puede almacenar para su uso posterior con otras imágenes. De hecho, una característica importante es que, una vez creado el modelo de segmentación, se puede procesar un directorio entero de imágenes y obtener el resultado del análisis en una hoja de cálculo que incluye la información pormenorizada de cada objeto encontrado en cada imagen. Toda la información extraída de los objetos se puede exportar para su posterior análisis en un archivo compatible con otras aplicaciones estadísticas y hojas de cálculo más conocidas. La aplicación completa está disponible para su descarga libre en <http://www.cofilab.com>, junto con algunas bases de datos de imágenes caracterizadas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado con fondos INIA a través de los proyectos de investigación RTA2012-00062-C04-01 y RTA2012-00062-C04-03, con fondos Europeos FEDER y con el acuerdo de colaboración UPV-IVIA (Ref.: UPV-2013000005). Carlos Bataller agradece la beca de formación número 8 del IVIA cofinanciada con fondos FSE de la Unión Europea. Sandra Munera agradece al INIA la beca FPI-INIA número 43 (CPR2014-0082) cofinanciada con fondos FSE de la Unión Europea y

Bibliografía

- Amodio, M.L., Colelli, G., Cabezas-Serrano, A.B., Peri, G., 2011. Post-cutting quality changes of fresh-cut artichokes treated with different anti-browning agents as evaluated by image analysis. *Postharvest Biol Tec* 62, 213-220.
- Blasco, J., Aleixos, N., Moltó, E., 2007. Computer vision detection of peel defects in citrus by means of a region oriented segmentation algorithm. *J Food Eng*, 81, 535–543.
- Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., Blasco, J., 2011 Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Food Bioprocess Tech*, 4, 487-504.
- Ebrahimi, M. A., Mohtasebi, S. S., Rafiee, S., Hosseinpour, S., 2013. Using online image processing technique for measurement the browning in banana during drying (a new and automatic method). *Agric Eng Int: CIGR Journal Open* 15, 220-227.
- Freeman, H., 1961. On the encoding of arbitrary geometric configurations. *IRE Transactions of Electronic Computers*, EC 10, 260-268.
- León, K., Domingo, M., Pedreschi, F., León, J., 2006. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. *Food Res Int* 39, 1084 –1091.
- Lorente, D., Aleixos, N., Gómez-Sanchis, J., Cubero, S., García-Navarrete, O.L., Blasco, J. 2012. Recent advances and applications of hyperspectral imaging for fruit and vegetable quality assessment. *Food Bioprocess Tech* 5, 1121-1142.
- Mendoza, F., Dejmek, P., Aguilera, J.M., 2006. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biol Tec* 41, 285–295.
- Quevedo, R., Jaramillo, M., Díaz, O., Pedreschi, F., Aguilera, J.M., 2009. Quantification of enzymatic browning in apple slices applying the fractal texture Fourier image. *J Food Eng* 95, 285–290.
- Rajashekara, U., Wangb, Z., Simoncelli, E.P., 2010. Perceptual Quality Assessment Of Color Images Using Adaptive Signal Representation. In *Proc. SPIE, Conf. On Human Vision And Electronic Imaging XV*, Vol.7527 San Jose, CA, USA.
- Vidal, A., Talens, P., Prats-Montalbán, J.M., Cubero, S., Albert, F., Blasco, J., 2013. In-line estimation of the standard colour index of citrus fruits using a computer vision system developed for a mobile platform. *Food Bioprocess Tech* 6, 3412-3419.