

Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB

Apellidos, nombre	Pau Talens Oliag (pautalens@tal.upv.es)
Departamento	Tecnología de Alimentos
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a presentar como evaluar y describir el color de un alimento a través del espacio de color CIELAB. Veremos cómo puede evaluarse la luminosidad, tonalidad y pureza de color de un objeto y como determinar diferencias de color entre un producto y un estándar. Conocida la tolerancia de color para ese producto, podremos conocer si el producto pasa o no un proceso de inspección, y por tanto si es un producto aceptado por el consumidor.

2 Introducción

El espacio de color CIELAB, también referido como espacio $CIEL^*a^*b^*$, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color en el área de alimentos^[1]. Es un espacio de color ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Investigadores y fabricantes lo usan para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias, y establecer tolerancias de color.

La tolerancia de color, podemos definirla como la máxima diferencia de color admitida de los productos de fabricación en relación a un estándar que el consumidor considera ideal. Usando las coordenadas $L^*a^*b^*$, los usuarios pueden correlacionar las diferencias de color numéricas a sus propias evaluaciones visuales. Los valores de tolerancia deberían ser definidos internamente o entre el proveedor y el consumidor y usados en control de calidad para determinar si la muestra pasa o no el proceso de inspección.

El espacio de color CIELAB (figura 1), es un sistema cartesiano formado por 3 ejes, un eje vertical (L^*) y dos ejes horizontales (a^* y b^*)^[2]. El eje vertical L^* , representa la medida de luminosidad de un color variando desde cero para un negro hasta 100 para un blanco. El eje horizontal a^* , representa una medida del contenido de rojo o de verde de un color. Si un color tiene rojo, a^* será positiva, mientras que, si un color tiene verde, a^* será negativa. El eje horizontal b^* , perpendicular al eje a^* , representa una medida del contenido de amarillo o de azul de un color. Valores positivos de b^* indican contenido de amarillo, mientras valores negativos de b^* indican contenido de azul.

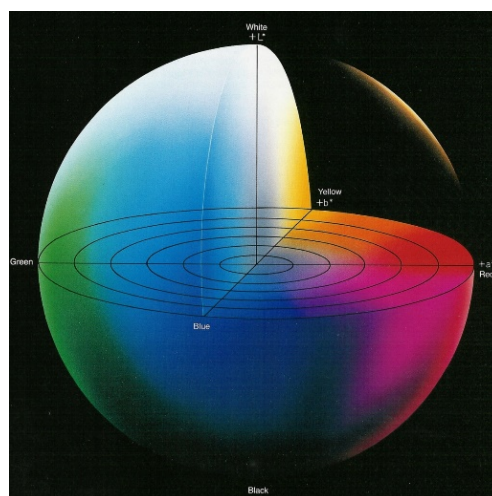


Figura 1. Espacio de color CIELAB

3 Objetivos

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos adquieran la capacidad de:

- Evaluar y describir el color de un alimento a través del espacio CIELAB.
- Determinar diferencias de color, en el espacio CIELAB, entre un producto y un estándar y evaluar tolerancias de color.

4 Desarrollo

En el punto 4.1 se van a exponer los fundamentos de cómo debe describirse el color de un alimento en el espacio CIELAB.

En el punto 4.2 se presentarán los fundamentos de cómo debe determinarse la diferencia de color, en el espacio CIELAB, entre un producto y un estándar.

En el punto 4.3 se presentará un ejemplo práctico donde se describe el color de un objeto y se evalúa si un producto pasa o no un proceso de inspección.

4.1 Fundamentos para describir el color de un alimento en el espacio CIELAB.

El color de un alimento debe describirse en base a los 3 atributos de color: luminosidad, tonalidad y pureza de color^[3]. La luminosidad es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie emite más o menos luz; el tono es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece similar a uno, o a proporciones de dos, de los colores percibidos rojo, naranja, amarillo, verde, azul y púrpura; y la pureza es el atributo de la sensación visual según la cual una superficie parece mostrar más o menos tonalidad, o lo que es lo mismo, contenido de color de una superficie evaluado en proporción a su luminosidad.

En el espacio de color CIELAB, la luminosidad viene descrita por el eje vertical L^* , la tonalidad por el contorno de la esfera y la pureza por el radio desde el centro al exterior de la esfera.

Estos atributos de color, pueden obtenerse a partir de los valores de $L^*a^*b^*$ (ecuaciones 1 a 3).

$$\text{Luminosidad} = L^* \quad (1)$$

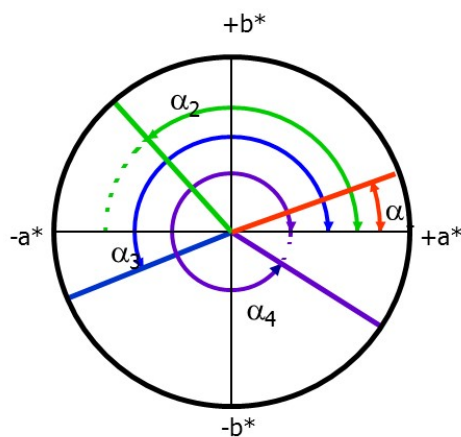
$$\text{Tonalidad} = h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$\text{Pureza} = C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

L^* es la medida de luminosidad. Como se ha mencionado en la introducción, su valor varía de 0 para un negro a 100 para un blanco. Es posible encontrar valores L^*

superiores a 100 cuando el cuerpo emite cierta fluorescencia, pero en el caso alimentario es difícil que esto ocurra. Cuanto más cercano será el valor a 100 más luminoso será el producto, y cuanto más próximo a 0, más oscuro será.

h^* es el ángulo que mide la tonalidad, indicando la orientación relativa del color respecto al origen 0° . Si el círculo a^*b^* entero se divide en 360° grados, como toda circunferencia y se define el origen 0° en la posición a^* positiva y $b^*=0$, es decir, donde se situaría un color estrictamente rojo, podemos desplazarnos en sentido contrario a las agujas de un reloj de tal forma que un color estrictamente amarillo se encontraría en el ángulo 90° , un verde estricto en 180° y un azul estricto en 270° . Así, la especificación del tono a partir de la ecuación 3 requiere la correspondiente corrección del cuadrante. La figura 2 muestra la corrección del cuadrante para el cálculo del tono.



Corrección del cuadrante:

$$\alpha_1 = h_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$$

$$\alpha_2 = h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) + 180^\circ$$

$$\alpha_3 = h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) + 180^\circ$$

$$\alpha_4 = h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) + 360^\circ$$

Figura 2. Corrección del cuadrante para el cálculo del tono en el espacio de color CIELAB

C^* es la medida de la pureza, saturación, o croma, de un color, siendo medida desde el punto central del espacio de color, es decir, el eje acromático donde $a^* = b^* = 0$, y a lo largo de una línea recta que se extiende hacia fuera de dicho punto. Un valor de cero para C^* indica un estímulo acromático, sin ninguna orientación hacia rojo, verde, azul o amarillo. Un color con un valor alto de C^* es un color altamente saturado.

4.2 Fundamentos de cómo debe determinarse la diferencia de color, en el espacio CIELAB, entre un producto y un estándar.

Generalmente, y desde el punto de vista del consumidor, carece de importancia que la identificación de un producto coloreado tenga unos determinados valores de L^* , a^* , b^* . Cuando estas coordenadas se convierten realmente importantes es cuando queremos obtener numéricamente las diferencias de color. Describir una diferencia de color numéricamente es bastante simple, todo lo necesario son unos valores tomados como referencia (el estándar) y los valores del objeto cuya diferencia de color se

desea conocer (la *muestra*). A los valores de dicha muestra se le restan los valores de referencia del estándar, resultando entonces, las diferencias entre ambos objetos. Las diferencias se expresan con el símbolo delta (Δ). Para que la interpretación de los signos + y - sea correcta, los valores de la referencia deben ser substraídos a los de la muestra.

Cuando estamos comparando el color de dos objetos, podemos mostrar la diferencia de color que hay en cada uno de los atributos, ΔL^* , Δh^* y ΔC^* (ecuaciones 4 a 6) o mostrar la diferencia global de color ΔE^* (ecuación 7) [4].

$$\Delta L^* = L^*_{muestra} - L^*_{referencia} \quad (4)$$

$$\Delta h^* = h^*_{muestra} - h^*_{referencia} \quad (5)$$

$$\Delta C^* = C^*_{muestra} - C^*_{referencia} \quad (6)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (7)$$

La figura 3 muestra de forma gráfica como puede determinarse la diferencia de color entre una muestra y una referencia.

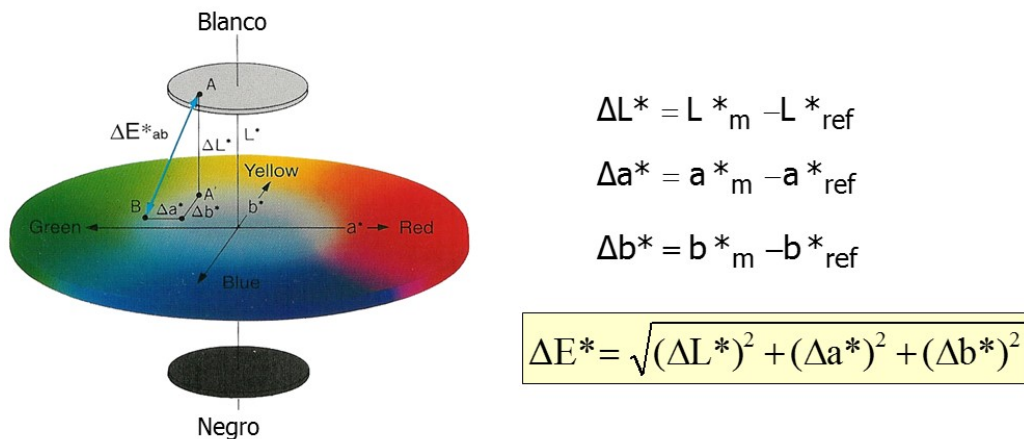


Figura 3. Estimación de la diferencia de color global en el espacio CIELAB

4.3 Ejemplo práctico.

Las normas de calidad de una industria de zumos disponen que el color del producto que fabriquen debe tener los siguientes valores de las coordenadas de color $L^*a^*b^*$, $L^* = 69.9$, $a^* = -0.61$ y $b^* = 15.0$, determinadas a partir de su espectro con una cubeta de 3mm y utilizando un iluminante D65 y un observador 10° para su evaluación. Se aceptarán los lotes que presenten estas coordenadas de color o como máximo, una diferencia de color respecto a este color de 5 unidades.

Se ha estudiado el color de 3 lotes de producción obteniéndose los valores de $L^*a^*b^*$ que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Valores de las coordenadas $L^*a^*b^*$ para los 3 lotes de producción

	L^*	a^*	b^*
Lote 1	67.0	-0.4	14
Lote 2	64.0	-1.3	14
Lote 3	68.0	1.1	15

A continuación, vamos a ver cómo describir el color de los 3 lotes de producción a través del espacio CIELAB y ver de forma práctica cómo podemos determinar si los 3 lotes de producción pasarán o no el proceso de inspección en base a las tolerancias de color establecidas en la empresa.

Lo primero que debemos hacer es a partir de las coordenadas $L^*a^*b^*$ de la tabla 1, obtener los atributos de color de los 3 lotes de producción (tabla 2). Para ello usamos las ecuaciones 1, 2 y 3. La única dificultad que podemos encontrar a la hora de realizar estos cálculos es con los valores del tono. Debemos fijarnos que tanto el lote 1 como el lote 2 presentan un valor negativo de a^* , lo que nos indica que estos dos lotes se situarán en el segundo cuadrante del espacio de color CIELAB, mientras que el lote 3 se situaría en el primer cuadrante. Por tanto, para el lote 1 y 2 debemos hacer la corrección de cuadrante correspondiente.

Tabla 2. Valores de los atributos de color para los 3 lotes de producción

	L^*	h^*	C^*
Lote 1	67.0	91.64	14.01
Lote 2	64.0	95.31	14.06
Lote 3	68.0	85.81	15.04

Si comparamos los 3 lotes de producción, observamos que el lote 3 es ligeramente más luminoso que el lote 1 y el lote 2. Los 3 lotes presentan una tonalidad amarilla, aunque el lote 2 tiene cierta tendencia hacia los verdes mientras que el lote 3 hacia los rojos. Los 3 lotes de producción tienen una pureza de color similar, siendo el lote 3 ligeramente más puro que el lote 1 y 2 que presentan la misma pureza de color.

Para saber si los lotes pasarán o no el proceso de inspección de la fábrica, debemos calcular la diferencia de color (ecuación 7) de cada uno de los lotes con respecto a los valores de referencia establecidos por las normas de calidad de la empresa ($L^* = 69.9$, $a^* = -0.61$ y $b^* = 15.0$). Dado que la tolerancia de color, según establece la

fábrica, es de 5 unidades, si la diferencia de color entre las coordenadas $L^*a^*b^*$ de los distintos lotes y de la referencia es inferior a 5 unidades, aceptaremos el lote de producción, mientras que, si el valor es superior a 5 unidades, el lote deberá ser rechazado.

Si aplicamos la ecuación 7 a cada uno de los lotes, observamos que la diferencia de color para el lote 1 es de 3.1 unidades, para el lote 2 de 6 unidades y para el lote 3 de 2.6 unidades, siendo por tanto aceptados el lote 1 y lote 3, pero sin embargo rechazado el lote 2. Si analizamos en detalle los cambios en los 3 atributos de color para el lote 2 (ecuaciones 4, 5 y 6), observamos que, de los 3 atributos de color, la luminosidad es el atributo que más cambia con respecto al estándar.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto la forma de describir el color de un producto a través del espacio de color CIELAB, así como la forma de determinar diferencias de color entre una muestra y una referencia. Conocer esta diferencia de color es muy útil ya que si se tiene establecida cual es la tolerancia de color para un producto dado, podremos conocer si el producto pasa o no un proceso de inspección, y por tanto si es un producto aceptado por el consumidor.

6 Bibliografía

- [1] Chiralt Boix, Amparo; Martínez Navarrete, Nuria; González Martínez, Chelo; Talens Oliag, Pau; Moraga Ballesteros, Gemma (2007). Propiedades físicas de los alimentos. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia.
- [2] Manual of Minolta (1998). Precise color communication. Color control from preception to instrumentation.
- [3] Gilabert, Eduardo J. (2007). Medida de la luz y el color. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia.
- [4] Hutchings, John B. (1999). Food color and appearance. Editorial: Gaithersburg, Maryland: Aspen