

EL COLOR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

La importancia del color corporativo reside en que nuestro cerebro identifica instantáneamente color y marca, antes de leer la información del producto

Pilar Barreiro Elorza, Belén Diezma Iglesias
LPF_TAGRALIA, UPM_CEI-Moncloa

En este artículo se revisan los conceptos de color subjetivo dependiente de la fisiología de las células receptoras del color del ojo humano, y el color objetivo una transformación no lineal de la sensación visual humana que hace que todos los colores sean comparables. Se analiza el efecto de la reproducción del color tanto en envases con el concepto de color corporativo, como en alimentos. Se hace referencia además al empleo de colorantes y su normativa.

EL COLOR SENSACIÓN VISUAL HUMANA

El color está definido como una sensación visual humana derivada de la interacción de la radiación electromagnética visible (400-700nm) con la materia, y su posterior impacto en la retina del ojo. En tanto que sensación supone una percepción por parte de uno de los sentidos humanos, la vista; es decir, el color es subjetivo.

En todas las definiciones se hace hincapié en el carácter humano del color, al tratarse de una reconstrucción que realiza nuestro cerebro a partir de los impulsos eléctricos percibidos por las células de la retina del ojo: conos, sensible al color, y bastones sensibles a la intensidad global de luz (claro/oscuro).

De todo lo anterior se deriva una conclusión contraintuitiva: el color no es en pureza una propiedad de los objetos, varía ligeramente de unas personas a otras.

SISTEMATIZACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR

La decodificación de la percepción del color por el ser humano tuvo lugar en 1931 por parte de la CIE (consorcio internacional del color). Esta fecha se considera un hito, puesto que hasta esa fecha se consideraba que el color era tan sólo un fenómeno físico en el que la luz blanca estaba constituida por el conjunto de las radiaciones individuales, los distintos colores; concepto desarrollado por Newton en el siglo XVII.

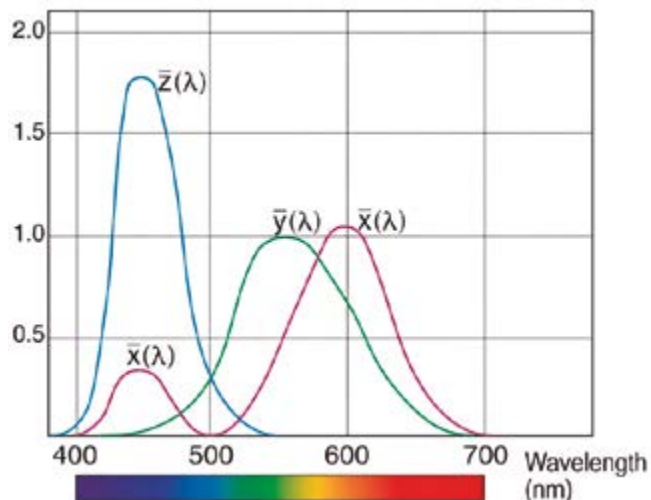


Figura 1: Sensibilidad espectral de los conos rojos ($x(\lambda)$), verdes ($y(\lambda)$) y azules ($z(\lambda)$) del ojo humano en el observador patrón. Fuente: Konica Minolta.

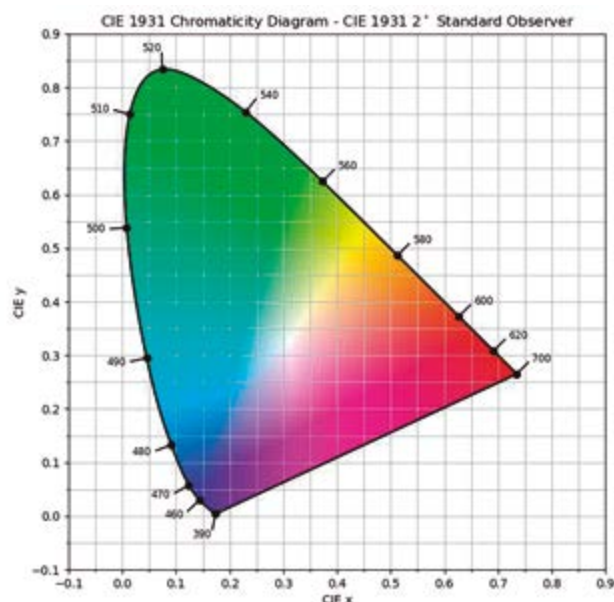


Figura 2: Diagrama cromático del observador patrón.

La Figura 1 muestra la sensibilidad relativa de observador patrón en los conos rojos, ($x(\lambda)$), verdes ($y(\lambda)$) y azules ($z(\lambda)$), colores primarios. En determinadas longitudes de onda la sensibilidad de los tres tipos de conos se solapa evitando los puntos ciegos en la percepción del color.

“El color es una reconstrucción que realiza nuestro cerebro a partir de los impulsos eléctricos percibidos por las células de la retina del ojo: conos y bastones”

La Figura 2 presenta todos los tonos (longitudes de onda dominantes) percibidos por el observador patrón empleando dos coordenadas x-y; en la figura se aprecia que somos capaces de diferenciar gran variedad de tonos verdes y amarillos, y comparativamente pocos tonos rojos y azules. La forma tan curiosa de la representación cromática se debe a que percibimos de manera diferente la saturación del color (distancia al centro) según el tono, de nuevo máximo para el verde, y mínimo para rojos y azules.

PRINCIPIOS DEL COLOR OBJETIVO, SELECCIÓN DEL ENVASADO

Ahora que sabemos que el color no es una propiedad única del objeto sino una sensación, se entiende que la industria agroalimentaria se vuelque en el manejo del color de los alimentos y de los envases, por ejemplo, jugando con el color de las redcillas empleadas en el envasado: amarilla para los limones, naranja para el fruto que lleva su nombre.

En los envases del producto procesado observamos siempre la marca de impresión del color (véase Figura 3). Esta estandarización es muy reciente y fundamental en el concepto de color corporativo, que refiere de manera exclusiva a una empresa, por ejemplo, el rojo Coca Cola. El color corporativo se consigue digitalmente mediante una fórmula magistral que combina varias tintas y es considerado secreto industrial, protegido legalmente.

La importancia del color corporativo reside en que nuestro cerebro identifica instantáneamente color y marca, antes de leer la información del producto.

La Figura 4 muestra la caracterización objetiva del color empleando las coordenadas CIE-Lab definidas en 1976. En ellas todos los tonos y las saturaciones de pigmento son comparables; el tránsito del color subjetivo al color objetivo se realiza mediante ecuaciones no lineales.

DAMERO DE COLOR Y OTROS MAPAS DE CALIBRACIÓN CROMÁTICA

Para conseguir la reconstrucción precisa del color digital, de manera que las personas percibamos un color



Figura 3: Marca de impresión empleada para verificar la calidad de la reproducción del color en los envases.

“El color no es en puridad una propiedad de los objetos, varía ligeramente de unas personas a otras”

estable, se han desarrollado distintos instrumentos. Algunos de los más empleados son las cartas de color que reproducen un rango reducido de tonos para cada producto y permiten clasificar el nivel de madurez de productos frescos, por ejemplo, plátanos.

Otra posibilidad para poder comparar imágenes digitales es incluir en la fotografía una plantilla de color, o ColorChecker (Figura 5) que contiene pastillas de color estable. La figura 5 muestra la corrección de las coordenadas de color subjetivo (x, y) conseguida al comparar dos imágenes con el damero de color.

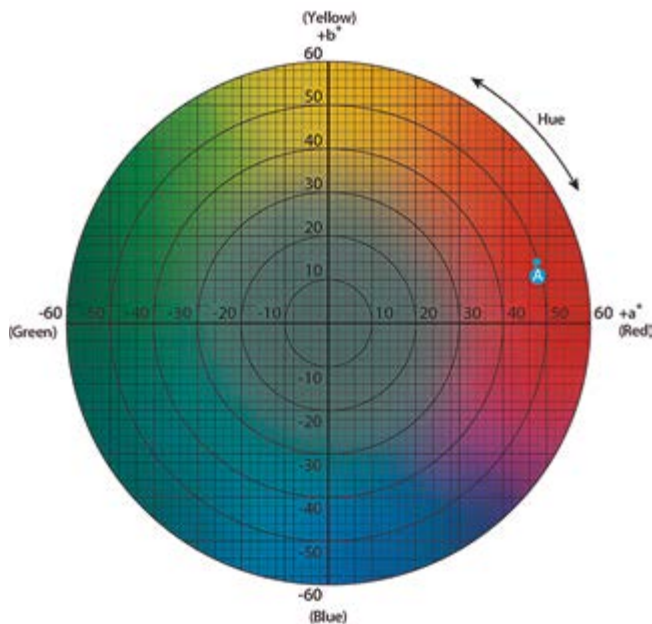


Figura 4: Espacio CIE L*a*b*. Espacio cromático que representa el color objetivo; se obtiene a partir de una transformación no lineal del plano cromático del observador patrón.

EL COLOR BASE DE LA CALIDAD: VERDAD O TRAMPANTOJO

Se define trampantojo como una técnica que intenta engañar la vista jugando con el entorno, la perspectiva, y el sombreado entre otros, con el fin de obtener una realidad intensificada o incluso una sustitución de la realidad.

En la industria agroalimentaria nos movemos en el límite del trampantojo en la medida que el consumidor asocia imagen y realidad. Estamos acostumbrados a ver reclamos publicitarios de hamburguesas, pollos asados, chocolates, y otros dulces cuya imagen se genera intensificando efectos ópticos que optimizan frescura, brillo y textura del alimento. La película muslo o pechuga de Louis De Funés de 1976 resulta completamente vanguardista a este respecto.

LA PROFESIONALIZACIÓN DE LAS TIENDAS DE BARRIO: LOS MERCADOS GOURMET

Todas las consideraciones que hemos ido desgranando hasta aquí respecto al color, han dado lugar a una nueva especialidad laboral, la luminotecnia alimentaria.

Personalmente, hemos asistido a la paulatina evolución en tiendas selectas de barrio que han contratado especialistas en iluminación. Es frecuente encontrar una iluminación intensificada en el rojo en las carnicerías; o en las pescaderías resaltando el brillo de las escamas y ojos, etc.

“En determinados sectores agroalimentarios el color constituye un atributo de calidad obligatorio”

Esta revolución cromática sería imposible si no dispusiéramos de la tecnología LED (diodos emisores de luz según sus siglas en inglés) que permiten jugar con el tono, la saturación y la cantidad global de luz (claro/oscurito).

EL COLOR UNIFORME COMO GARANTÍA DE CALIDAD: EL CASO DE LA INDUSTRIA DE BEBIDAS Y LÁCTEOS

En determinados sectores agroalimentarios, el color no solo influye en la percepción de frescura o naturalidad, sino que constituye un atributo de calidad obligatorio. Un ejemplo paradigmático es el de la industria de las bebidas refrescantes y los lácteos, donde el consumidor espera que todas las partidas tengan exactamente el mismo tono.

Para garantizar esa uniformidad se emplean colorantes alimentarios autorizados, que corrigen variaciones naturales de la materia prima. En bebidas a base de frutas, por ejemplo, la intensidad del color varía según el origen o el grado de madurez del zumo, de modo que se ajusta con colorantes estandarizados para que el consumidor reconozca siempre “su” producto. En los yogures de fresa, por ejemplo, ocurre lo mismo: la tonalidad debe ser idéntica lote tras lote, aunque las fresas utilizadas no tengan el mismo pigmento natural.

Esta obsesión por la uniformidad cromática tiene una base clara: el consumidor asocia el color constante con seguridad y fiabilidad. Una bebida de tono ligeramente diferente puede generar desconfianza, incluso si sus propiedades nutricionales son idénticas. Por ello, las marcas más consolidadas invierten grandes recursos en mantener una identidad cromática inalterable, reforzando así el vínculo entre producto y marca.

SELECCIÓN DE COLORANTES ALIMENTARIOS

La elección del colorante adecuado es crítica para conseguir la tonalidad deseada y su estabilidad durante

ARTÍCULO

“La elección del colorante adecuado es crítica para conseguir la tonalidad deseada y su estabilidad durante la vida útil del producto”

Pilar Barreiro Elorza, Belén Diezma Iglesias
LPF_TAGRALIA, UPM_CEI-Moncloa

“La industria ha mejorado mucho la estabilidad de colorantes naturales para aproximarse al rendimiento de los sintéticos”

la vida útil del producto. Existen colorantes naturales (derivados de fuentes vegetales, animales o minerales) y sintéticos (producidos químicamente). Cada uno tiene sus ventajas y limitaciones.

Los colorantes sintéticos (como la Tartrazina E-102 o el Rojo Allura E-129) aportan tonos muy intensos y consistentes, con un coste menor y mayor facilidad para mezclas de tonalidades. Por ello se han usado ampliamente en refrescos, caramelos y snacks, logrando colores brillantes uniformes sin añadir sabores indeseados. Por otro lado, la tendencia actual favorece la inclusión de colorantes naturales (curcumina, carmín de cochinilla, antocianinas, anato, etc.) por ser percibidos como más “limpios”. Estos requieren un control más estricto, ya que su tono puede variar según el lote de origen vegetal. La industria ha mejorado mucho la estabilidad de colorantes naturales para aproximarse al rendimiento de los sintéticos. Un ejemplo clásico es el anato (E-160b) en quesos: es un pigmento natural extraído de derivado de las semillas del árbol *Bixa orellana* que se usa desde hace siglos para dar el tono anaranjado a quesos tipo cheddar y asegurar que, pese a variaciones en la leche entre verano e invierno, el queso siempre presente el mismo color uniforme todo el año. Otro caso es la mantequilla y margarina, donde se adiciona caroteno para lograr un amarillo estándar independientemente de la dieta estacional de las vacas.

“Las cartas de color reproducen un rango reducido de tonos para cada producto”

Para la selección del aditivo se consideran factores como la solubilidad (hidrosoluble para bebidas vs. liposoluble para productos grasos), la estabilidad frente a pH, luz y temperatura, y la compatibilidad con el alimento. Un buen colorante alimentario debe integrarse bien en la matriz del producto, dispersarse

uniformemente y resistir las condiciones de proceso sin degradarse.

Definir la especificación de color objetivo es fundamental. Las empresas suelen establecer un estándar cromático numérico usando el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$, ampliamente utilizado en la industria alimentaria por su correlación con la percepción visual humana. Con esa “firma de color” objetivo, los formuladores eligen la combinación y concentración de colorantes que les permita alcanzarla. También se tiene en cuenta la potencia tintórea del aditivo: los proveedores suministran colorantes con especificaciones de intensidad. Por ejemplo, colorante (E-150d) en polvo puede venir especificado con un poder colorante de cierta absorbancia en una dilución estándar (ej: 0,390–0,430 unidades a 560 nm), de modo que el fabricante de bebidas sabe cuánta cantidad añadir para obtener el tono exacto que pretende.

CONTROL INSTRUMENTAL DEL COLOR

Lograr la uniformidad cromática requiere poder medir objetivamente el color y comparar con el estándar definido. A simple vista, un operario podría percibir diferencias, pero como ya se ha comentado, la apreciación humana varía; por eso la industria emplea instrumentos especializados más o menos sofisticados.

Los colorímetros son dispositivos portátiles o de mesa que realizan mediciones imitando la sensibilidad del ojo humano a través de filtros rojo, verde y azul. Proporcionan lecturas rápidas de color (p. ej., en coordenadas $L^*a^*b^*$) bajo un iluminante fijo, útiles para comparar muestras con un estándar de forma sencilla. Suelen usarse en línea de producción para controles rutinarios, dado que son económicos, fáciles de usar y suficientemente precisos para detectar desviaciones de color perceptibles. Sin embargo, los colorímetros tienen limitaciones para análisis más complejos (no detectan matices de espectro, metamerismo, etc.), por lo que su aplicación se orienta a verificar que las muestras caigan dentro de ciertas tolerancias preestablecidas de color. Un ejemplo es el colorímetro



Figura 5: Paleta de colores ColorCheker empleada para corregir desviaciones en la reproducción del color.

de índice de tomate aprobado por el USDA (United States Department of Agriculture), usado en fábricas de salsa de tomate para medir y clasificar el rojo de la pasta de tomate de manera uniforme.

Los espectrofotómetros son considerados el estándar de oro en control de calidad cromático. Miden el espectro completo de luz reflejada o transmitida por la muestra, de 400 a 700 nm, capturando su huella de color con gran detalle. Gracias a su alta precisión, los espectrofotómetros permiten tareas avanzadas como la formulación de colores, definición de estándares numéricos y tolerancias, comunicación del color a lo largo de la cadena de suministro (asegurando que proveedor de colorante y fabricante “hablen el mismo idioma” cromático) y control de calidad estricto. Estos equipos, ya sean de mesa en laboratorio o portátiles industriales, calculan directamente la diferencia de color (ΔE) entre una muestra y el estándar, alertando si un lote se desvía fuera de las especificaciones. Su sensibilidad es tal que pueden detectar variaciones imperceptibles al ojo humano. Por ejemplo, en la industria de zumos

“Para garantizar la uniformidad del color, se emplean colorantes alimentarios autorizados, que corrigen variaciones naturales de la materia prima”

cítricos, se emplean espectrofotómetros para evaluar el color del jugo: el aparato compara la muestra con estándares calibrados (en EE. UU., el USDA establece tubos patrón de color para jugo de naranja del 1 al 6) y garantiza que el producto final cumpla con el color esperado. Aunque más costosos, estos instrumentos brindan la confiabilidad necesaria para colores críticos, evitando que lotes fuera de tono lleguen al mercado.

Además de estos equipos, algunas empresas complementan el control con cabinas de luz

normalizada (donde observadores entrenados evalúan las muestras bajo distintas iluminaciones) lo que aporta cierta subjetividad deseada. Se emplean además sistemas de visión artificial en línea (cámaras calibradas que inspeccionan el color de cada producto en la cinta transportadora, rechazando aquellos que no cumplan el estándar).

CONTROL DE VARIACIONES LOTE A LOTE

Para gestionar la posible variación de color entre lotes, la industria maneja especificaciones de tolerancias (ΔE) que se definen internamente delimitando un margen aceptable de diferencia de color respecto al estándar. La métrica común es ΔE (Delta E), que cuantifica la distancia entre dos colores en el espacio CIELAB. Un $\Delta E = 0$ significa colores idénticos, y conforme aumenta el valor, mayor es la discrepancia. Por lo general, $\Delta E < 1$ indica una diferencia casi imperceptible para el ojo humano promedio; ΔE entre 1 y 2 suele considerarse excelente o apenas detectable, mientras que por encima de 3-5 la variación ya resulta claramente visible. Cada compañía establece sus umbrales de aceptación según el producto y las expectativas del consumidor. Por ejemplo, para un caramelo de marca que debe aparecer siempre igual, quizás se fije ΔE máx. 2; en cambio, en un producto menos sensible visualmente podría tolerarse ΔE hasta 3-4 sin afectar la percepción de calidad. Si la diferencia medida en un lote supera el límite, ese lote no pasa el control de calidad.

“Las empresas deben ceñirse a las listas de colorantes autorizados, así como declarar en el etiquetado la presencia de colorantes”

Los fabricantes no solo chequean el color del producto final, sino también el poder colorante de cada nuevo lote de colorante que reciben. Los proveedores entregan certificados de análisis indicando la intensidad del colorante (por ejemplo, el porcentaje de pigmento activo o valores espectrofotométricos). En planta, se pueden hacer pruebas de laboratorio: preparar una solución o mezcla estándar con el nuevo lote y medir su color; si difiere del lote anterior, se recalcula la cantidad a usar en la receta. De esta forma se compensa la variación de pureza o concentración, logrando que el efecto tintóreo en el alimento

terminado sea consistente. Esta es una práctica común con colorantes naturales, cuyos lotes pueden variar más (por ejemplo, distintos cultivos de remolacha producen extractos rojos ligeramente distintos en tonalidad). En el caso de colorantes sintéticos certificados, la variabilidad suele ser muy baja, pero aun así se mantiene el monitoreo.

“Los colorímetros son dispositivos portátiles o de mesa que realizan mediciones imitando la sensibilidad del ojo humano”

NORMATIVA

El uso de colorantes en alimentos está estrictamente regulado para garantizar seguridad y transparencia al consumidor. En la Unión Europea, el Reglamento (CE) N° 1333/2008 y sus actualizaciones (la última de octubre de 2025) establecen la lista de colorantes permitidos (identificados por su número E), las categorías de alimentos en que pueden usarse y las dosis máximas. Todos los aditivos autorizados han pasado por evaluaciones toxicológicas de la EFSA (autoridad europea de seguridad alimentaria según sus siglas en inglés) y disponen de una Ingesta Diaria Admisible (IDA) segura. Las empresas alimentarias deben por ley ceñirse a estas listas y además declarar en el etiquetado la presencia de colorantes. En Europa, ciertos colorantes artificiales requieren incluso advertencias de que pueden afectar negativamente a algún aspecto de la salud, como sucede con alguno de los colorantes azoicos autorizados (E110 amarillo anaranjado; E104 amarillo de quinoleína; E122 carmoisina; E129 rojo allura; E102 tartracina; E124 rojo cochinilla)

En definitiva, la uniformidad cromática es un requisito de calidad en la agroindustria moderna. Gracias a una cuidadosa selección de colorantes aprobados, la formulación precisa de especificaciones de color, el uso de instrumentos de medición avanzados y estrictos controles de proceso, sectores como bebidas, lácteos, repostería, confitería y alimentos procesados consiguen que sus productos ofrezcan siempre el mismo color atractivo y confiable al consumidor. Esto no solo mantiene la lealtad a la marca, sino que garantiza que la experiencia visual, inseparable de la degustación, sea consistentemente satisfactoria. ■