

EL COLOR EN LOS ALIMENTOS: DETERMINACIÓN DE COLOR EN MIELES

Julieta Delmoro, Daniela Muñoz, Victoria Nadal, Adriana Clementz, Valeria Pranzetti*

RESUMEN: El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Es un atributo de apariencia de los productos y su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. En el caso de la miel, el color depende de varios factores y tiene extrema importancia desde el punto de vista comercial, ya que determina su precio. Por el momento, el método estandarizado internacionalmente para medición de color en miel es el basado en la comparación óptica, utilizando comparadores Pfund o Lovibond. La disponibilidad de los colorímetros Pfund es escasa; los equipos se construyen por pedidos especiales que no siempre son satisfechos. Los exportadores de miel han incorporado por su mayor disponibilidad, versatilidad y practicidad, el colorímetro Hanna. El presente trabajo compara determinaciones de color realizadas con ambos instrumentos, con el propósito de evaluar la correspondencia de los resultados obtenidos. Las determinaciones efectuadas mantienen una relación lineal cuyo coeficiente de determinación ($r^2=0.961$) indica que ambos métodos arrojan resultados similares.

Palabras clave: color - miel comparador Pfund - colorímetro Hanna

ABSTRACT: *The color in food: how to determine the color of honey*

Color is a human perception of the light reflected by an object. It is an appearance attribute of the product and its observation allows detecting certain anomalies and faults. For honey, the color depends on several factors and has extreme importance in its marketing, since it determines the price. By now, the international standardized method for measuring color in honey is based on optical comparison, using Pfund or Lovibond comparator. The availability of the Pfund colorimeter is scanty; the equipments are bought by special requests that are not always satisfied. Actually, honey traders prefer the Hanna colorimeter for its versatility and practical use. This paper compares color determinations made with both instruments. The aim of this work is to evaluate the correlation of both instruments. Linear correlation was found with a determination coefficient of ($r^2=0.961$) that indicates they have similar results.

Key words: color - honey - Pfund comparator - Hanna colorimeter

* Los autores son alumnos de Ingeniería en Tecnología de los Alimentos de UCEL y se desempeñaron en el Proyecto ALI 118: Propiedades sensoriales físicoquímicas y palinológicas de mieles monoflorales de la provincia de Santa Fe, dirigido por la Ing. Ma Cristina Ciappini y financiado por UCEL. E-mail: laboratorio@ucel.edu.ar



Julietta Delmoro, Daniela Muñoz, Victoria Nadal, Adriana Clementz, Valeria Pranzetti

Introducción

Los hombres las prefieren rubias... las amas de casa, castaños.

Las teorías del color nacen en la Grecia Clásica. Para Platón, el color era un fuego interior que originaba rayos visuales que se dirigían desde el ojo hacia el objeto. Para Epicuro, en cambio, la visión de los colores era provocada por el ingreso en el ojo de emanaciones compuestas de diminutos corpúsculos coloreados, procedentes del objeto. Aristóteles propuso considerar el color como una propiedad de la luz, que era contaminada por los objetos, confiriéndole negrura a la luz blanca. Pintores del renacimiento como el mismo Leonardo Da Vinci, establecieron reglas empíricas para las mezclas de colores, mientras que Descartes y de Dominis publicaron algunas obras referentes a la luz y al color. Newton (1642-1727) fue el primero en exponer conclusiones con bases científicas sobre las propiedades del color y su carácter tridimensional. Goethe (1749-1832), polemizando con Newton y rechazando su teoría de la descomposición de la luz, manifestó que el color era un factor individual y subjetivo. Siglos más tarde se aceptaría la dualidad psicofísica del color y de las sensaciones luminosas.

El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura. Se lo define entonces como una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. Se considera un concepto psicofísico, relacionado al mismo tiempo con la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía radiante espectral de una fuente luminosa (Heredía, 2009). Wyszecki y Stiles (1982) dan una definición precisa del color percibido: “es el aspecto de la percepción visual por el cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de visión del mismo tamaño, forma y estructura, causada por diferencias en la composición espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador”. No es por lo tanto una propiedad intrínseca del objeto que transmite o refleja la radiación luminosa, pues basta con cambiar la fuente para modificar el estímulo producido. Depende de la distribución espectral de la radiación incidente, de la capacidad del objeto para transformarla y de la fisiología del observador.

Es un atributo de apariencia de los productos; su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos (Abdullah y col. 2004). Diversas industrias miden el color de sus productos: la industria del papel, la textil, de colorantes y pinturas, construcción, automóviles, medicamentos y alimentos. En la industria alimentaria, el color es un parámetro en base al cual se realizan clasificaciones de productos, se evalúan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, como la capacidad de retención de agua en las carnes (CRA), cenizas en harinas, curado, oxidación o degradación de un producto, desverdización de cítricos (ICC), conservación en atmósferas controladas, tostación del café y clasificación de huevos de gallina en blancos o castaños, para satisfacción del ama de casa.

En el caso de la miel, el color depende de varios factores, fundamentalmente está relacionado con el origen botánico y la composición del néctar, con el proceso de obtención y con la temperatura y tiempo de almacenamiento (Salas y col., 1993). Tiene extrema importancia desde el punto de vista comercial, ya que determina su precio. A nivel internacional las mieles son transadas según su color, que tiene además un valor diferente en cada mercado. Así, los norteamericanos prefieren las mieles claras, de tonos blanco agua, extra blanco y blanco (entre 0 y 34 mm Pfund), que presentan además un flavor menos intenso; mientras



que en Europa se privilegian las mieles más oscuras, con sabores más potentes, en tonos ámbar extra claro, ámbar claro, ámbar y ámbar oscuro (entre 34 y 114 mm Pfund). Por esto, la correcta medición del color permite a los exportadores determinar el mercado de comercialización más ventajoso para su producto.

Hay dos procedimientos fundamentales para medir el color: sensorial e instrumental. En el primer grupo, la medición sensorial estricta consiste en hacer uso de un panel de evaluadores entrenados, siguiendo la Norma IRAM 20022: 2004, utilizando referencias, que pueden ser el Atlas RHS, las Guías Pantone, el Sistema Munsell u otros. El sistema visual humano tiene una gran habilidad para discriminar entre colores pero una pobre memoria visual, por lo que la valoración del color ayudada por patrones como los mencionados, mejora las valoraciones visuales (Heredia, 2009). También se encuadran entre las evaluaciones sensoriales, la aplicación de un sistema visual que compara el producto en estudio con un prisma coloreado estándar. Los equipos utilizados para medir color en miel bajo este método son los colorímetros Pfund, propuesto por Sechrist (1925), y Lovibond Comparator 2000, método adoptado por AOAC (1990) pero que no permite detectar pequeñas diferencias. El método instrumental consiste en el uso de técnicas en las cuales se mide la reflectancia o transmitancia de la muestra. Se utilizan instrumentos conocidos como espectrofotómetros o colorímetros triestímulos. Tienen la desventaja de que la superficie del material cuyo color se va a medir, debe ser homogénea y de que se mide sobre un área muy pequeña (2 cm^2), lo que hace poco representativo al resultado (Mendoza y Aguilera, 2004). En el caso de la miel, este método presenta algunas anomalías debido a la naturaleza traslúcida de esta (Lomas y col., 1997).

Otra forma de medición de color en miel fue la propuesta por Townsend (1971), que expresa los resultados como valores de densidad óptica. Sin embargo el método no se ha estandarizado y no ha sido implementado en forma práctica. Por su parte, Barbier y Valin (1957) utilizaron una escala basada en soluciones de diferentes concentraciones de $I_2 - KI$, que son muy inestables.

Muchos autores recomiendan medir el color en los alimentos mediante el método propuesto por la Comisión Internacional de la Vigne et du Vin (OIV, 1979) para el análisis cromático de los productos derivados de las uvas, que son una simplificación de $CIEY_{xy}$, basado en la consideración del espectro cromático completo con el observador estándar CIE 1931 y el iluminante estándar CIE C. Para el caso de la miel en particular, Terrab y col. (2002) caracterizaron cromáticamente muestras provenientes de Marruecos, mediante reflectancia difusa y colorimetría triestímulo. Utilizaron espacios cromáticos uniformes (CIELAB) y no uniformes (CIEXYZ), que permiten visualizar y representar colores en dos y tres dimensiones (Trussel y col., 2005). Al estudiar mediante análisis discriminante los resultados obtenidos para mieles de citrus, eucalipto, menta y brezo, encontraron que el parámetro b^* mostraba el mayor poder de discriminación (81%), seguido por el parámetro a^* , relacionado con la segunda variable canónica. Las coordenadas CIELAB permitieron una mejor clasificación de las muestras (93% de la varianza), donde la Luminosidad L y el Cromo C mostraron pequeñas variaciones para las mieles de distinto origen floral.

Recientemente, comenzaron a utilizarse técnicas de visión computacional, utilizando videocolorímetros como Lumican 1300 o imágenes fotográficas (*computer vision systems* o CVS), como el Sistema Digi Eye (Song y Luo, 2000), que incluye una cámara digital, un monitor, una impresora o un software gráfico y un espacio iluminado, que asegure consistencia en el color y la iluminación, para la captura de la imagen (Yam y Papadakis,



Julieta Delmoro, Daniela Muñoz, Victoria Nadal, Adriana Clementz, Valeria Pranzetti

2004). Mediante la cámara digital, la luz reflejada por el objeto se detecta mediante tres sensores por píxel. El modelo más difundido es el RGB, en el cual cada sensor captura la intensidad de la luz reflejada en los componentes rojo (R=*red*), verde (G=*green*) y azul (B=*blue*). La tendencia actual es analizar digitalmente la imagen y transformar las coordenadas RGB mediante modelos matemáticos en las correspondiente coordenadas de los espacios cromáticos CIELa* b* y CIELuv, para su posterior análisis. Entre los diferentes modelos, las redes neuronales y el modelo cuadrático presentan el menor error (próximo al 1%); por su parte, los modelos gamma y directo resultan más rápidos para el cálculo (León y col., 2006). El método de digitalización de imágenes permite medir y analizar el color de las superficies de los alimentos. No permite aún reemplazar los sofisticados sistemas de medición instrumentales espectrofotométricos, pero es una alternativa viable por lo versátil, económico y sencillo (Yam y Papadakis, 2004).

Por el momento, el método estandarizado para medición de color en miel es el basado en la comparación óptica, utilizando un colorímetro Pfund o un Lovibond (Bogdanov y col., 2004), normalizados internacionalmente. El comparador Lovibond es más fácil de usar que el Pfund, pero la miel generalmente es comercializada de acuerdo a este último. Los otros métodos mencionados no han sido validados internacionalmente. La disponibilidad de los colorímetros Pfund, diseñados inicialmente para la industria petroquímica es escasa; los equipos se construyen por pedidos especiales que no siempre son satisfechos. Los exportadores de miel han incorporado por su mayor disponibilidad, versatilidad y practicidad, el colorímetro Hanna, que apareció en el mercado en 2004. El presente trabajo compara determinaciones de color realizadas con un colorímetro Pfund y un colorímetro Hanna, con el propósito de evaluar la correspondencia de los resultados obtenidos, a los efectos de considerar la viabilidad del colorímetro Hanna para medir el color de la miel.

Materiales y métodos

Se utilizaron 70 muestras de miel, provenientes de la región fitogeográfica pampeana. Las mieles cristalizadas se fundieron a 56°C en baño termostatzado Dalvo BNK/I/2, hasta completa disolución de los cristales y eliminación del aire disuelto.

La determinación de color se realizó de acuerdo a IRAM 15941-2: 2007, utilizando un colorímetro Pfund Kohler y mediante un espectrofotómetro Hanna modelo C221 Honey Color Instrument, siguiendo las instrucciones del manual del equipo.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la correlación entre las mediciones de color efectuadas con el comparador Pfund y con el colorímetro Hanna. Los datos se adecuan a una correlación lineal, con un coeficiente de determinación igual a 0.961, indicando que ambos instrumentos permiten obtener resultados similares.



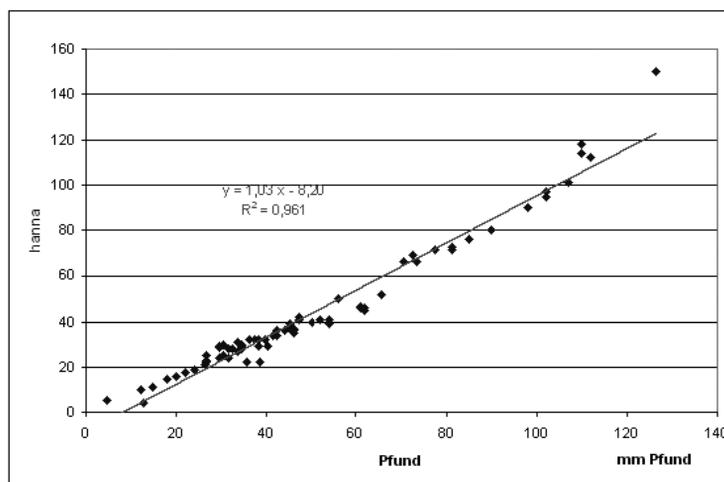


Figura 1 – Correlación de valores de color en mieles determinados mediante colorímetro Hanna y comparador Pfund

Estos resultados coinciden con los encontrados por Gaggiotti y col. (2009), quienes compararon mediciones de color realizadas sobre 534 mieles del centro de la provincia de Santa Fe, empleando cuatro colorímetros diferentes: Pfund, Lovibond Comparator 2000, Hanna C221 Honey Color Analyzer y Lovibond Honey Color Pod. Concluyeron que todos los instrumentos mostraron valores considerados como buenos, de acuerdo al coeficiente de concordancia obtenido, que fue igual a 0.86 entre los colorímetros Hanna y Pfund e igual a 0.89, entre los colorímetros Hanna y Lovibond Comparator 2000. Este coeficiente se calcula de a pares e indica que la concordancia es muy buena si se supera el valor de 0,90. Gómez Pajuelo (2004) también arribó a resultados similares y concluyó que las mediciones obtenidas con colorímetros Hanna y comparadores Pfund eran correlacionables con un nivel de confianza del 99%. El trabajo de referencia se realizó solo con 10 muestras en un rango de colores entre 9 y 140 mm Pfund.

La escala de colores Pfund se divide en rangos de color, que permiten clasificar las mieles mediante las siguientes denominaciones:

Tabla 1 – Rangos de color utilizados para clasificar las mieles por color

Escala internacional ¹	mmPFUND	Ecuación de la recta de ajuste		
		Pendiente	Ordenada	r ²
Blanco agua	0-8mm	0.44	2.59	0.31
Extra blanco	8mm-17mm	0.44	2.59	0.31
Blanco	17mm-34mm	0.99	-3.67	0.83
Ámbar Extra Claro	34mm-48mm	0.95	-6.14	0.67
Ámbar Claro	48mm-83mm	1.18	-22.60	0.91
Ámbar	83mm-114mm	1.49	-55.39	0.92
Ámbar Oscuro	más de 114mm	-	-	-

¹USDA Standard Grades of Extracted Honey

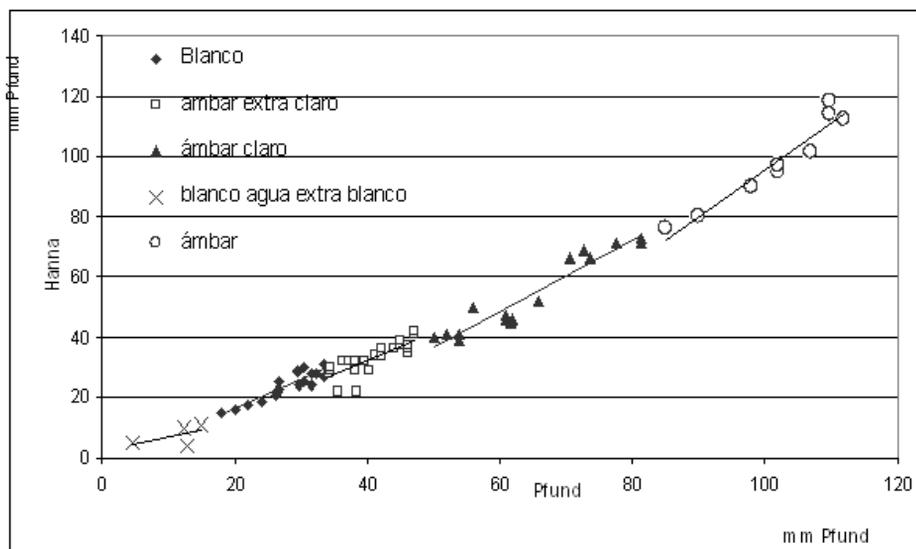


Julieta Delmoro, Daniela Muñoz, Victoria Nadal, Adriana Clementz, Valeria Pranzetti

Si se correlaciona los datos de acuerdo a estos rangos de color (Figura 2), se obtienen los coeficientes de las rectas de ajuste que se indican en la Tabla 1, para cada caso. Se puede observar que la pendiente de la recta de correlación se va incrementando a medida que las mieles se tornan más oscuras, indicando que para las mieles muy claras, los resultados obtenidos mediante el comparador Pfund son más altos que los determinados con el colorímetro Hanna; mientras que se invierte la relación para las mieles más oscuras.

No se obtuvo la ecuación de la recta para Ámbar Oscuro debido a que el comparador Pfund tiene un rango más estrecho de medición (hasta 126 mm Pfund) que el colorímetro Hanna, que puede discriminar mieles con valores de hasta 150 mm Pfund. Las principales diferencias entre las mediciones se obtienen en los extremos de la escala; cabe considerar que probablemente la cantidad de datos analizados en este trabajo, no son suficientes para ratificar este comportamiento en los extremos.

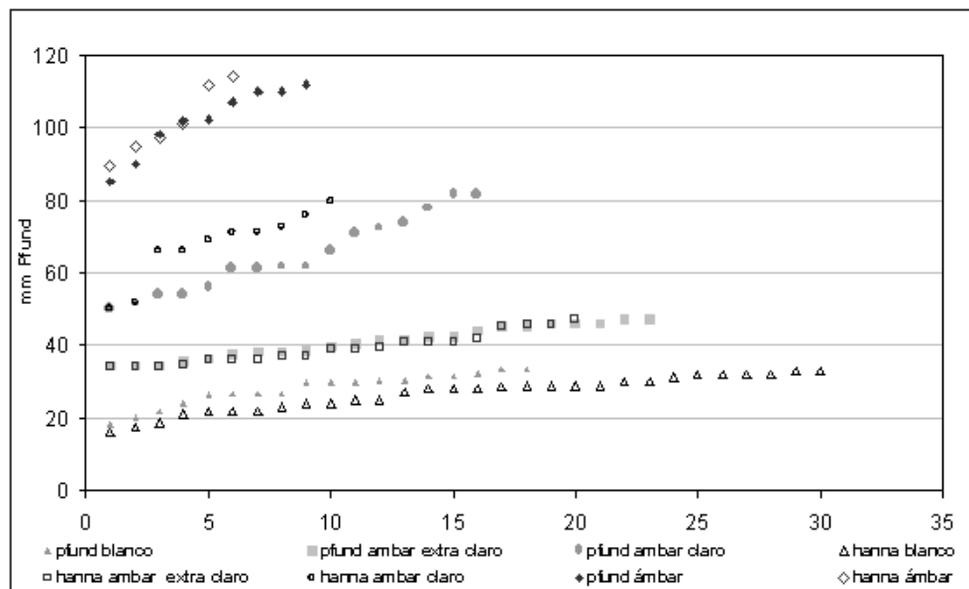
Figura 2 – Correlación de resultados de color medidos en comparador Pfund y colorímetro Hanna, por rangos de color



Como consecuencia de este comportamiento en las mediciones, algunas mieles se clasificarán en rangos de color diferentes, según sean medidas con el comparador Pfund o con el colorímetro Hanna. En la Figura 3 se observa que utilizando el colorímetro Hanna mayor cantidad de muestras se clasifican dentro de la zona de color Blanco, invirtiéndose este comportamiento a medida que aumenta la intensidad del color.



Figura 3 – clasificación de mieles por rangos de color, de acuerdo a mediciones en comparador Pfund y Colorímetro Hanna



Esta dificultad parece perder importancia en la práctica, ya que actualmente ha caído en desuso la clasificación por rangos y las mieles directamente se comercializan por su color expresado en mm.

Se concluye que es factible obtener mediciones confiables con el colorímetro Hanna e implementar su uso, en virtud de las ventajas prácticas que ofrece, frente al colorímetro Pfund. Sin embargo será necesario prestar especial atención al rango de mieles Blanco Agua, Extra Blanco y Ámbar Oscuro, donde la correspondencia entre ambas mediciones se aleja de la linealidad.

Agradecimientos

Las autoras agradecen especialmente al Ing. Enzo Tosi, quien facilitó el uso del colorímetro Pfund, perteneciente al Centro de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Alimentos (CIDTA) de la Universidad Tecnológica Nacional, FRRO.

Recibido: 01/04/10 Aceptado: 10/05/10

BIBLIOGRAFIA

Abdullah, M.Z.; Guan, L.C.; Lim, K.C. & Karim, A.A. (2004). The applications of computer vision and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering* 61: 125-135.

AOAC (1990) *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, 15th Edition, Washington, sec. 985.25.

Barbier E.C.; Valin J. (1957) *Determination de la couleur des miels*. *Annales des Falsifications et des Fraudes* 50 : 400-411.

Bogdanov S.; Ruoff K.; Persano Oddo L, *Physico Chemical methods for characterisation of unifloral honeys: a*

Julieta Delmoro, Daniela Muñoz, Victoria Nadal, Adriana Clementz, Valeria Pranzetti

- review *Apidologie* 35 (2004) S4-S17.
- CIE (1986) *Colorimetry*. 2nd Ed. CIE 15.2: Viena.
- Gaggiotti, M.C.; Cuatrín, A.L.; Wanzenried, R.A. y Sabbag, N.G. (2009) Comparación de cuatro instrumentos para medir color en Miel, Libro de resúmenes XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 7 al 9 de octubre, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Gomez Pajuelo, A. (2004) Medida digital del color de la miel y su equivalencia en mm Pfund, Actas Feria Apícola de Castilla, Guadalajara España, en [http:// www.feriaapicola.com](http://www.feriaapicola.com), (consultado diciembre 2008).
- Heredia F.J. Apunte del Curso El color: fundamentos y Aplicaciones, dictado en UNS, Bahía Blanca, noviembre 2009.
- León K., Mery D., Pedreschi F., Leon J. (2004) Color measurement in L*a*b* b units from RGB digital image, *Food Research International* 39(10): 1084-1091
- Lomas A.M., Echávarri J.F., Negueruela A.I., Ayala F. (1997) Aplicación de la teoría de Kubelka-Munk a la miel. IV Congreso Nacional de Color, Jarandilla de la Vera, Universidad de Extremadura, Extremadura.
- Mendoza, F & Aguilera, J.M. (2004). Application of image analysis for classification of ripening bananas. *Journal of Food Science* 69: 471-477.
- Norma IRAM 20022: 2004. Análisis Sensorial. Directivas generales y metodología para la evaluación del color de los alimentos. Buenos Aires, Editado por Instituto Argentino de Normalización.
- Norma IRAM 15941-2: 2007. Miel. Determinación del color. Parte 2: Método Pfund. Buenos Aires, Editado por Instituto Argentino de Normalización.
- OIV (1979) *Recopilación de los Métodos Internacionales de Análisis de Vinos*. Madrid: Ministerio de Agricultura.
- Salas J.P., Echavarrí J.F., Negueruela A. (1993) Influencia de la temperatura en la medida del color de la miel. *Optica Pura y Aplicada* 26: 549-557.
- SEchrist E.L. (1925) The color grading of Honey U.S. Department of Agricultura, Circular 364: 1-7.
- Song T.; Luo R., Testing color-difference formulae on complex images using a CRT monitor, Proc. 8th IS&T/SID Color Imaging Conference, IS&T, Springfield, VA, pp 44-48.
- Terrab A., Diez M.J., Heredia F.J. (2002) Chromatic Characterisation of Moroccan Honeys by Diffuse Reflectance and Tristimulus Colorimetry – Non Uniform and Uniform Colour Spaces, *Food Sci. Tech. Int.* 8(4): 189-195.
- Towsend G.F. (1971) La densidad óptica como medio para la clasificación de la miel según su color, *Apiacta* 1: 11-18.
- Trusell, H.J., Saber, E, Vrhel, M. (2005): Color Image Processing. *IEEE Signal Processing Magazine*, 22(1):14-22.
- USDA Agricultural Marketing Service 1985 United States Standars for Grades of Extracted Honey. May 23. USDA, Washington.
- Wyszecki G. & stiles W.S. (1982) *Color Science. Concepts and Methods Quantitative Data and Formulae*. 2nd Edition. John Wileny & Son, New Yprk, pp 117-248.
- Yam, K.L. & Papadakis, S. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering* 61: 137-142.