

La medida de color en alimentos translucidos

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

1 Resumen de las ideas clave

Cuando la luz incide sobre un alimento opaco, la porción de luz que no es absorbida es reflejada por el producto con mayor o menor intensidad dependiendo de la naturaleza del alimento y de la estructura de la superficie. El color de estos productos puede medirse a través de medidas por reflexión. En los productos transparentes, donde la luz es absorbida o transmitida, su determinación puede realizarse a través de medidas por transmisión. En el caso de productos translucidos, es decir aquellos alimentos que no son del todo opacos ni del todo transparentes, la luz es absorbida, reflejada, transmitida y dispersada, y por tanto la determinación del color presenta serias dificultades. Si la medida se realiza de forma convencional es muy probable que no se encuentre una buena relación sensorial/instrumental. En este artículo vamos a ver la forma de medir el color en alimentos translucidos

2 Introducción

Cuando la radiación emitida por una fuente de luz, o la distribución espectral de un iluminante, incide sobre un alimento, se producen diversos fenómenos ópticos, como son la reflexión, refracción, absorción, dispersión o transmisión ^[1]. Estos fenómenos ópticos ocurren en la superficie donde incide la radiación, dentro del propio producto y a través de todo su espesor, con diferente intensidad, dependiendo de los diferentes valores que toma el índice de refracción en cada una de las fases constituyentes y de la heterogeneidad del alimento que genera discontinuidades en el mismo que varían en función del tamaño y número de partículas.

La figura 1 muestra un esquema de los fenómenos ópticos que tienen lugar cuando un haz de luz incide sobre un material.

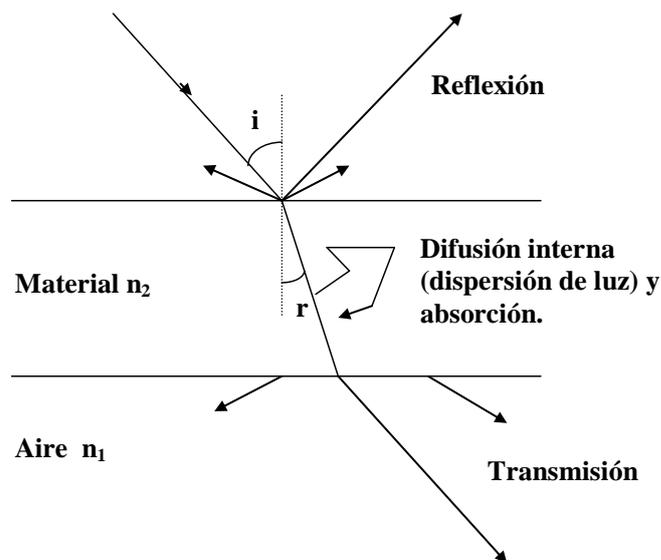


Figura 1. Fenómenos ópticos que tienen lugar cuando un haz de luz incide sobre un material.

Estos fenómenos ópticos son difíciles de separar, pero selectivos en mayor o menor grado, según la naturaleza del medio y la posición del observador. Generalmente, el haz de luz incidente en la superficie se refleja en una cierta intensidad de forma especular o difusa, en función de la rugosidad de la superficie, y sufre un fenómeno de refracción hacia el interior del material. En función de los compuestos absorbentes presentes en el medio se dan fenómenos de absorción y/o de dispersión interna dentro del material. La heterogeneidad de los materiales, con una o más fases dispersas de diferente tamaño de partícula, junto a las diferencias en el índice de refracción entre dichas fases, hace que se den fenómenos de dispersión de luz en el interior del material. Finalmente, y en materiales con suficiente homogeneidad en el índice de refracción, se da también la transmisión de cierta intensidad de la luz a través de todo el espesor del producto en forma regular o difusa.

En base al fenómeno óptico que predomina, podemos clasificar a los alimentos en alimentos *transparentes*, donde predomina la transmisión especular, alimentos *opacos*, donde predomina la reflexión y en alimentos *translúcidos*, donde dependiendo de sus características predomina la reflexión o la transmisión difusa ^[2,3].

En los alimentos transparentes, el color viene definido a través del espectro de transmisión del producto. En el caso de alimentos opacos, el color viene definido a través del espectro de reflexión del producto. Ambos espectros pueden obtenerse fácilmente utilizando instrumentos convencionales como son espectrofotómetros para el caso de alimentos transparentes y espectrocolorímetros para el caso de alimentos opacos.

Los problemas instrumentales que se presentan en la definición y medida del color de alimentos translúcidos se superan aplicando la teoría de Kubelka-Munk ^[4,5].

3 Objetivo

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos adquieran la capacidad de definir y medir correctamente el color de alimentos que presentan cierta translucidez.

4 Desarrollo

Para comenzar, en el punto 4.1 se van a exponer los fundamentos de la teoría de Kubelka-Munk.

Posteriormente, en el punto 4.2 se presentará un ejemplo real donde se aplica la teoría de Kubelka-Munk a un alimento translucido.

4.1 Fundamentos de la teoría de Kubelka-Munk

La teoría de Kubelka-Munk de dispersión múltiple se basa en que la luz que incide en un producto translucido puede ser absorbida o dispersada en función del coeficiente de absorción (K) y el coeficiente de dispersión (S) del material. Si las medidas de los espectros de reflexión de las muestras se realizan sobre un fondo blanco y sobre un fondo negro puede determinarse la relación K/S a través de la ecuación 1. En esta ecuación R_{∞} es la reflectancia de una lámina infinita de muestra (espesor suficiente para que no afecte el fondo a la medida), calculada a través de las ecuaciones 2 a 4, donde R es la reflectancia de la muestra determinada sobre un fondo blanco de reflectancia conocida R_g y R_0 es la reflectancia de la muestra determinada sobre un

fondo negro ideal. La transmitancia interna (T_i) del producto puede evaluarse a través de la ecuación 5.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_\infty)^2}{2R_\infty} \quad (1)$$

$$R_\infty = a - b \quad (2)$$

$$a = \frac{1}{2} \left(R + \frac{R_0 - R + R_g}{R_0 R_g} \right) \quad (3)$$

$$b = (a^2 - 1)^{1/2} \quad (4)$$

$$T_i = \sqrt{(a - R_0)^2 - b^2} \quad (5)$$

La teoría de Kubelka-Munk aporta por tanto unos parámetros que permiten explicar el comportamiento de los productos translucidos mejor que con las medidas convencionales de color. Generalmente valores de K/S altos se relacionan con estructuras abiertas y materiales transparentes, mientras que valores de K/S bajos se relacionan con estructuras cerradas y materiales menos transparentes. Por otro lado, a partir del valor de R_∞ se pueden calcular las coordenadas de color XYZ, así como las coordenadas $CieL^*a^*b^*$, que nos permiten describir el color del producto. Estas coordenadas no estarán directamente relacionadas con la percepción sensorial del producto, pero nos servirán para controlar y describir el color del producto.

4.2 Aplicación de la teoría de Kubelka-Munk a un alimento translucido.

Una empresa de repostería utiliza rodajas de kiwi de aproximadamente 1 cm de espesor para elaborar un pastel. Se plantea usar, en lugar de rodajas frescas, rodajas congeladas-descongeladas. Con idea de ver cómo afecta el tratamiento de congelación-descongelación a las mismas, se han medido las propiedades ópticas de rodajas de 1 cm de espesor de kiwi fresco y kiwi congelado-descongelado.

Dado que las rodajas de kiwi presentan cierta translucidez, se han medido los espectros de reflexión de las mismas sobre un fondo blanco y un fondo negro. La tabla 1 muestra los valores promedio de las medidas de reflectancia de las rodajas de kiwi (R) determinadas sobre un fondo blanco de reflectancia conocida (R_g) y la reflectancia de las rodajas (R_0) determinadas sobre un fondo negro ideal.

A partir de los datos de la tabla 1 y las ecuaciones 2 a 4, se determina la relación K/S para cada una de las rodajas de kiwi, así como la reflectancia de una lámina infinita de muestra (R_∞), es decir una rodaja de kiwi suponiendo que tiene el espesor suficiente para que no le afecte el fondo de medida. La tabla 2 presenta estos resultados. Si

presentamos gráficamente la relación K/S y R_{∞} (Figura 2 y 3, respectivamente), observamos que la congelación-descongelación de la rodaja de kiwi modifica el aspecto de la misma, provocando que la muestra se haga más transparente, y aunque no cambie su tonalidad, se vuelva más oscura y pierda pureza de color.

Tabla 1. Valores promedio de las medidas de reflectancia de un fondo blanco ideal (R_g) y de las rodajas de kiwi determinadas sobre un fondo blanco (R) y sobre un fondo negro (R_0).

λ (nm)	R_g	Fresco		Congelado-descongelado	
		R	R_0	R	R_0
400	0.517	0.100	0.092	0.037	0.037
410	0.792	0.090	0.083	0.033	0.034
420	0.934	0.082	0.076	0.032	0.033
430	0.962	0.078	0.072	0.034	0.035
440	0.965	0.081	0.074	0.037	0.037
450	0.965	0.087	0.080	0.039	0.039
460	0.964	0.093	0.085	0.041	0.040
470	0.959	0.095	0.087	0.043	0.042
480	0.953	0.095	0.087	0.045	0.042
490	0.949	0.102	0.093	0.047	0.044
500	0.941	0.126	0.116	0.057	0.048
510	0.931	0.159	0.146	0.074	0.055
520	0.922	0.187	0.170	0.092	0.062
530	0.912	0.203	0.183	0.099	0.063
540	0.902	0.210	0.189	0.100	0.063
550	0.892	0.211	0.190	0.107	0.064
560	0.882	0.208	0.187	0.113	0.065
570	0.874	0.202	0.182	0.114	0.064
580	0.867	0.194	0.175	0.115	0.064
590	0.861	0.188	0.170	0.111	0.062
600	0.856	0.183	0.166	0.103	0.058
610	0.854	0.176	0.160	0.096	0.056
620	0.852	0.170	0.155	0.096	0.055
630	0.851	0.166	0.151	0.098	0.055
640	0.851	0.156	0.142	0.089	0.052
650	0.852	0.138	0.126	0.077	0.047
660	0.853	0.117	0.111	0.057	0.043
670	0.854	0.098	0.090	0.052	0.044
680	0.858	0.118	0.108	0.078	0.053
690	0.861	0.172	0.154	0.116	0.062
700	0.863	0.219	0.192	0.143	0.066

Tabla 2. Valores de R_{∞} y K/S para las rodajas frescas y congeladas descongeladas.

λ (nm)	Fresco				Congelado-Descongelado			
	a	b	Rinfinito	K/S	a	b	Rinfinito	K/S
400	5.401	5.307	0.093	4.401	13.376	13.338	0.037	12.376
410	6.013	5.930	0.084	5.013	14.871	14.838	0.034	13.871
420	6.617	6.541	0.076	5.617	15.232	15.199	0.033	14.232
430	6.956	6.884	0.072	5.956	14.329	14.294	0.035	13.329
440	6.771	6.697	0.074	5.771	13.461	13.424	0.037	12.461
450	6.264	6.183	0.080	5.264	12.969	12.930	0.039	11.969
460	5.895	5.810	0.085	4.895	12.614	12.574	0.040	11.614
470	5.767	5.680	0.087	4.767	12.027	11.986	0.042	11.027
480	5.749	5.662	0.088	4.749	11.837	11.795	0.042	10.837
490	5.354	5.260	0.094	4.354	11.454	11.411	0.044	10.454
500	4.320	4.203	0.117	3.320	10.279	10.230	0.049	9.279
510	3.461	3.313	0.148	2.461	8.895	8.839	0.056	7.895
520	2.977	2.804	0.173	1.977	7.867	7.803	0.064	6.867
530	2.772	2.585	0.187	1.772	7.644	7.578	0.066	6.644
540	2.692	2.499	0.193	1.692	7.670	7.604	0.065	6.670
550	2.673	2.478	0.194	1.673	7.479	7.412	0.067	6.479
560	2.708	2.517	0.191	1.708	7.357	7.289	0.068	6.357
570	2.788	2.602	0.186	1.788	7.387	7.319	0.068	6.387
580	2.887	2.708	0.179	1.887	7.460	7.392	0.067	6.460
590	2.969	2.795	0.173	1.969	7.710	7.645	0.065	6.710
600	3.046	2.877	0.169	2.046	8.178	8.116	0.061	7.178
610	3.155	2.992	0.163	2.155	8.580	8.522	0.058	7.580
620	3.260	3.103	0.157	2.260	8.640	8.582	0.058	7.640
630	3.338	3.185	0.153	2.338	8.684	8.627	0.058	7.684
640	3.546	3.402	0.144	2.546	9.256	9.201	0.054	8.256
650	3.972	3.844	0.128	2.972	10.299	10.250	0.049	9.299
660	4.545	4.434	0.111	3.545	11.582	11.539	0.043	10.582
670	5.527	5.436	0.091	4.527	11.313	11.269	0.044	10.313
680	4.647	4.538	0.109	3.647	9.155	9.100	0.055	8.155
690	3.275	3.119	0.156	2.275	7.631	7.565	0.066	6.631
700	2.634	2.437	0.197	1.634	7.022	6.950	0.072	6.022

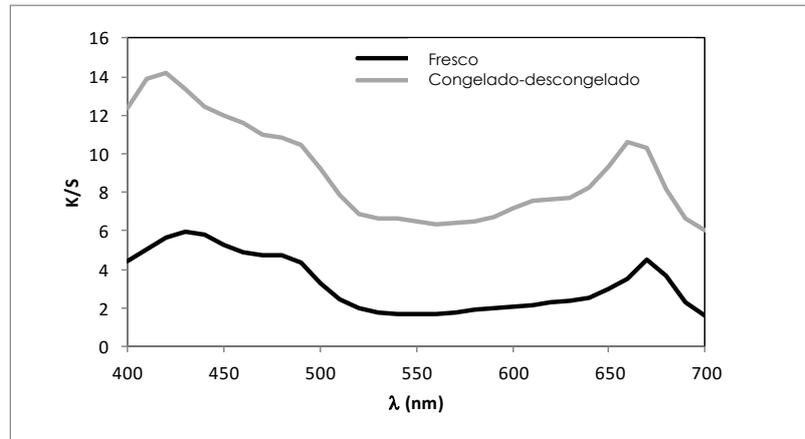


Figura 2. Curvas de distribución del coeficiente de Kubelka-Munk (K/S) para las rodajas de kiwi fresca y congelada-descongelada.

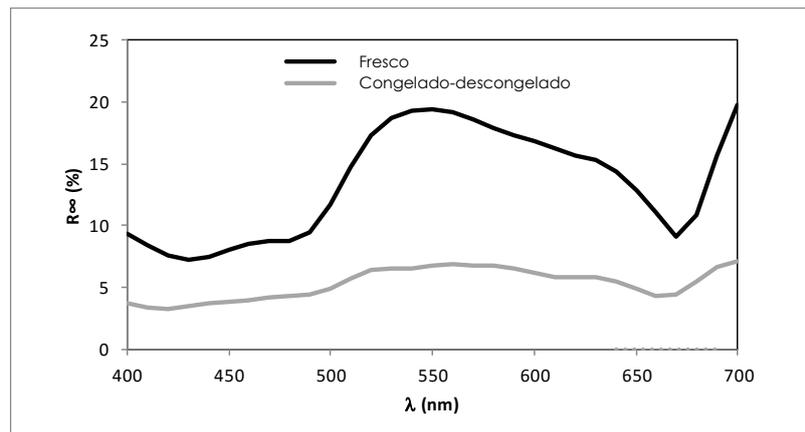


Figura 3. Espectros de reflexión para una lámina infinita de kiwi fresco y congelado-descongelado.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto la forma de determinar y medir instrumentalmente el color de un alimento translucido.

6 Bibliografía

- [1] Gilabert, Eduardo J. (2007). Medida de la luz y el color. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2007.
- [2] Berger-Schunn, A. 1994. Color measurement: a primer for the beginner, a reminder for the expert. Wiley Interscience. Nueva York.
- [3] Kuehni, R.G. 1996. Color: an introduction to practice and principles. Editorial: Wiley Interscience. Nueva York.
- [4] Judd, D.B.; Wyszecki, G. 1975. Color in business, science and industry. Wiley Interscience. Nueva York.
- [5] Hutchings, J.B. 1999. Food colour and appearance. 2nd edition. Aspen publishers, Inc.