

ARTÍCULO ORIGINAL

Análisis colorimétricos de galletas utilizando el Sistema Internacional CIELAB

Laura Carballo-Reyes¹, María Araceli Corro-Vázquez, Iriana Hernández-Martínez¹, Verónica López-Hernández¹, Vanessa Melchor-Hernández²

¹P.E. Química área industrial. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

²P.E. Office of bilingual teaching and learning, Universidad Politécnica, Campus Santa Rosa Jauregui, Querétaro, México.

Recepción 06 de julio de 2023. Aceptación 18 de julio de 2023

PALABRAS CLAVE

Galletas, color, colorimetría, CIELAB.

Resumen

Las industrias galleteras en México actualmente son un factor económico de gran importancia, la aceptación comercial de una galleta está basada en sus características sensoriales, siendo el color uno de los parámetros básicos que aseguran un espacio en el mercado. Este color puede cambiar de acuerdo a los ingredientes utilizados durante su elaboración, el tipo de procesamiento, entre otros factores. Sin embargo, actualmente no se cuenta con un estándar en los valores de color; por lo que, las industrias fabrican sus productos de acuerdo a su experiencia. Esto genera que no exista una metodología confiable para determinar el color de una galleta y su impacto sobre la aceptación comercial. Es por ello, que el objetivo de esta investigación fue evaluar el color de 7 galletas comerciales denominadas O, A, M, G, AN, AV e IN, tomando en consideración como factor el tamaño de partícula utilizando el espacio de color CIELAB (L^* , a^* y b^*), los datos fueron analizados considerando una $p \leq 0.05$. Los análisis demostraron que el tamaño de partícula afecta el parámetro de luminosidad, por lo que se recomienda como mejor método el utilizar las galletas molidas, ya que de esta forma se obtienen resultados confiables.

KEYWORDS

Biscuits, color, colorimetry, CIELAB.

Abstract

Nowadays, the biscuit industries in Mexico are an important economic factor. The commercial acceptance of a biscuit is based on its sensory characteristics, color being one of the basic parameters that guarantee a space in the market. This color can change according to the ingredients used during the biscuit's preparation or the type of processing, among other factors. However, there is currently no standard for color values; therefore, the industries manufacture their products according to their experience. This means that a reliable methodology to determine the color of a biscuit and its impact on commercial acceptance does not exist. For that reason, the aim of this research was to evaluate the color of 7 commercial biscuits called O, A, M, G, AN, AV, and IN. Taking into account the particle size as a factor using the CIELAB color space ($L^* a^* b^*$), the data were analyzed considering a p-value of ≤ 0.05 . The tests showed that the particle size affects the luminosity parameter, and therefore, the best method to obtain reliable results is to use ground biscuits.

Introducción

El mercado global de la industria galletera se valuó en Estado Unidos en 117,054.72 millones de dólares en 2023, y se estima que alcanzará una tasa de crecimiento anual compuesto de 4.97 % durante el período 2023-2028 (Mondorintelligence, 2023). La revista Forbes informó en el 2018 que los mexicanos registran el nivel más alto de consumo de artículos de uso masivo en el mundo, y sus compras se dirigen principalmente a refrescos, galletas y los conocidos "snacks" (Forbes, 2018). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-247-SSA1-2008), se le conoce como galleta al producto elaborado fundamentalmente, por una mezcla de harina de trigo u otros cereales, grasas, aceites comestibles o sus mezclas y agua, con o sin relleno, adicionada o no de azúcares, de otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos, sometida a proceso de amasado o batido, y otros procesos como fermentación, modelado, troquelado y posterior tratamiento térmico, dando lugar a un producto de presentación muy variada, caracterizado por su bajo contenido en agua.

Las características fisicoquímicas de las galletas están determinadas por el tipo de ingredientes utilizados (Rodríguez, 2016). Uno de sus principales ingredientes es la harina de trigo. El cual, es un cereal ampliamente preferido en la industria de la panificación y se usa con mayor frecuencia en la preparación de galletas debido a sus cualidades reológicas distintivas, que tienen un buen impacto en la calidad de horneado (Pokharel *et al.*, 2023). Esto se debe a que la harina de trigo posee componentes que favorecen la formación de masas (proteína-gluten) que mezcladas con agua producen una masa consistente. Esta se caracteriza por la elasticidad, retención de gases y mantenimiento de la forma lo que facilita la elaboración del pan. Las propiedades funcionales del pan están influenciadas por las proteínas y el almidón (Quezada, 2019).

De igual forma, las grasas vegetales en las masas se encargan de actuar como un aglutinante y dar una mejor textura, de esta forma las galletas resultan más suaves. El agua o disolución azucarada, interacciona con la proteína de la harina para crear el gluten el cual forma una red cohesiva y extensible (Jerez, 2016; Zoulias *et al.*, 2022).

Existen diferentes parámetros fisicoquímicos que impactan sobre la aceptabilidad de un alimento dentro del mercado. El

color es a menudo el primer atributo sensorial que utilizan los consumidores para juzgar la aceptabilidad de un alimento o bebida y pueden reaccionar negativamente a un producto si su color no cumple con las expectativas (Rakshit, & Srivastav, 2022; Patrignani, 2019; Tepper, 1993).

El color es una propiedad de la materia directamente relacionada con el espectro de la luz y que, por lo tanto, puede medirse físicamente en términos de energía radiante o intensidad, y por su longitud de onda (Hart, 1991).

Es el resultado conjunto de sus características físicas y de los compuestos pigmentantes que la componen.

El color de los alimentos, y en general de materiales sólidos y semisólidos de diversa naturaleza, se representa tradicionalmente usando el espacio de color CIELAB (o CIE 1976 $L^*a^*b^*$), un estándar internacional para medición de color adoptado por la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) en 1976, ha definido espacios de color, incluyendo CIE XYZ, CIE L^*C^*h , y CIE $L^*a^*b^*$, para comunicar y expresar el color objetivamente.

El sistema CIE transforma el espectro de reflexión o transmisión del objeto en un espacio de color tridimensional utilizando la distribución de potencia espectral del iluminante y las funciones de coincidencia de color de los observadores estándar. Este sistema especifica un color mediante tres parámetros L^* , a^* y b^* , que se pueden visualizar en un espacio 3D. L^* se define como la luminosidad de transparente o blanco a negro como el eje vertical o y, a^* varía de verde a rojo como el eje x y b^* de amarillo a azul como el eje z (Brühl & Unbehend, 2021).

Los carotenoides juegan un papel importante en el color de las galletas comerciales, generalmente estos son agregados como parte de los microingredientes de la formulación (Salehi, 2020). Estos son compuestos responsables de la coloración de gran número de alimentos vegetales y animales. Los carotenoides son pigmentos tetraterpénicos, que exhiben colores amarillo, naranja, rojo y púrpura. Están presentes en todos los tejidos vegetales, como componentes de cromoplastos, que pueden ser considerados como cloroplastos degenerados (Maoka, 2020; Britton *et al.*, 2017; Melendez, 2014).

Debido a que el color de una galleta es un parámetro fundamental en su aceptación y a que este está influenciado por múltiples factores, es necesario que en la industria se

cuenta con un método confiable para determinar su aceptabilidad. Es por ello que el objetivo de esta investigación fue establecer el método de colorimetría adecuado a partir de la comparación de los resultados obtenidos en muestras de galletas aplicando el sistema internacional CIELAB para determinar su factibilidad de uso en una planta galletera.

Materiales y métodos

El presente trabajo fue realizado durante el periodo enero-abril 2023 dentro del laboratorio de control de calidad de una planta galletera que por fines de confidencialidad se denomina: “X”. La metodología consistió en los siguientes pasos:

Diseño factorial y análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza completo (ANOVA), considerando como factores el tipo de galleta y el tamaño de la partícula, en este último siendo los valores de L, A y B obtenidos en la medición con el colorímetro. Cada muestra se trabajó por triplicado, manejando como galleta 1, 2, 3 en el análisis estadístico aplicando una comparación de medias a través de la prueba de Tukey con un valor de $p \leq 0.05$. El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico Minitab v.19.

Recolección de muestras

Para la obtención de las muestras dentro de la planta galletera “X”, se realizó cada hora y media el recorrido en las 2 líneas de producción, revisando que la muestra sea correcta, que tenga las características adecuadas, de esta forma obteniendo así las primeras muestras de cada lote diario para trabajar con ellas.

Preparación y análisis de la muestra con colorimetría

La preparación de la muestra se realizó posteriormente a haber obtenido su humedad de acuerdo al método AACC 44-19, aplicando la norma a 135 °C durante 2.5 h (AACC 44-19). La muestra seca se analizó colorimétricamente utilizando un colorímetro (Minolta CR 400, Konica Minolta, Japan), el cual fue calibrado utilizando una placa de calibración blanca (Candal & Erbas, 2019).

El análisis fue realizado a 7 tipos de galletas diferentes las cuales fueron: Galletas ovaladas (O), galletas de animalitos (A), galletas marías (M), galletas con chispas de chocolate (G), galletas de nuez (AN), galletas de vainilla (AV) y galletas integrales (IN). Estas se analizaron enteras y trituradas. Para las muestras trituradas, estas se molieron utilizando un mortero con pistilo hasta obtener partículas pequeñas y homogéneas, para así colocarlas en el soporte sobre el vidrio lo más compacto posible, evitando con esto la interferencia por el paso de luz.

El colorímetro se colocó sobre la muestra, esperando así que realizara las mediciones y nos arrojara los resultados de L*, A*, B* en la pantalla. Para la muestra entera, se colocaron las muestras sobre el soporte de plástico oscuro, en el cual se colocaban tres muestras enteras y colocándose el colorímetro sobre estas se realizó la medición sobre la superficie. Cada tratamiento fue realizado por triplicado considerando valores de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

Con los valores promedios se calculan las deltas de cada factor, para así poder calcular delta E, la cual nos indica la diferencia total del color de acuerdo con la ecuación (Francis & Clydesdale, 1975; Jerish Joyner & Yadav, 2015):

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

Resultados

El análisis de varianza respecto a los valores de L*a*b, arrojó una significancia estadística para el tamaño de partícula en la luminosidad, obteniendo un valor p de 0.0001 y una R² ajustada de 94.24. Mientras que para el valor de a se obtuvo una valor estadísticamente significativo para el tipo de galleta con un valor p de 0.0001. Finalmente, para el valor de b ninguno de los factores considerados (Tipo de galleta y tamaño de partícula) resultó estadísticamente significativo. Debido a los resultados obtenido en el análisis de varianza procedió a realizarse una prueba de Tukey entre los tratamientos por tipo de galleta y tamaño de partícula para las diferentes variables, donde se obtuvo lo siguiente: La prueba de Tukey en la variable de luminosidad (L) demostró que el tamaño de partícula es estadísticamente significativo para las galletas ovaladas, las galletas marías y las galletas integrales. Para la variable a, la prueba de Tukey resultó en una diferencia significativa para las galletas ovaladas y las galletas de chispas de chocolate. Mientras que para la variable b, la prueba de Tukey resultó en una diferencia significativa para las galletas ovaladas y marías, de acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 1). Con los valores L*a*b se realizó el cálculo de delta E (Tabla 2).

Tabla 1. Tabla de promedios de datos en el sistema CIELAB

Tipo de galleta		L	A	B
OV	Entera	68.95 ± 2.10 ^c	7.45 ± 1.84 ^{ab}	27.01 ± 2.52 ^{abcd}
	Molida	77.98 ± 1.50 ^a	2.71 ± 0.79 ^d	24.19 ± 2.78 ^{bcde}
A	Entera	67.35 ± 1.55 ^c	6.06 ± 0.48 ^{bc}	24.36 ± 0.31 ^{bcde}
	Molida	67.34 ± 1.74 ^c	5.84 ± 0.82 ^{bc}	22.40 ± 0.56 ^{de}
M	Entera	73.01 ± 1.02 ^b	4.78 ± 0.88 ^{cd}	28.77 ± 1.61 ^{ab}
	Molida	79.38 ± 0.48 ^a	2.66 ± 0.56 ^d	25.44 ± 1.26 ^{abcd}
G	Entera	47.28 ± 0.38 ^g	7.04 ± 0.63 ^{bc}	13.83 ± 0.55 ^f
	Molida	47.68 ± 2.12 ^g	9.49 ± 0.09 ^a	14.51 ± 2.40 ^f
AN	Entera	62.08 ± 0.96 ^{de}	6.56 ± 1.28 ^{bc}	27.66 ± 1.39 ^{abc}
	Molida	66.01 ± 1.29 ^{ce}	7.25 ± 0.02 ^{ab}	28.01 ± 0.35 ^{ab}
AV	Entera	65.18 ± 1.04 ^{cd}	6.80 ± 0.20 ^{bc}	29.54 ± 2.04 ^a
	Molida	67.68 ± 0.30 ^c	6.36 ± 0.15 ^{bc}	27.94 ± 1.26 ^{ab}
IN	Entera	58.43 ± 1.30 ^e	7.59 ± 0.06 ^{ab}	22.78 ± 1.58 ^{cde}
	Molida	53.75 ± 1.02 ^f	7.18 ± 0.88 ^{ab}	19.92 ± 1.95 ^e

*Los valores se muestran como el promedio de 3 experimentos individuales ± desviación estándar. Para la prueba de Tukey letras diferentes representan una diferencia estadística significativa, utilizando un valor $p \leq 0.05$.

Tabla 2. Cálculo de los valores delta y ΔE

Tipo de galleta	DELTA L	DELTA A	DELTA B	Delta E
OV	-9.0233	4.7400	2.8167	10.5746
A	0.0067	0.2200	1.9600	1.9723
M	-6.3667	2.1233	3.3367	7.4951
G	-0.4033	-2.4500	-0.6767	2.8136
AN	-3.9333	-0.6833	-0.3500	4.0076
AV	-2.5000	0.4433	1.6000	3.0011
IN	4.6800	0.4067	2.8567	5.4980

Los valores de ΔE se graficaron y se muestran en la figura 1. Donde de acuerdo con la norma ISO 12347-2, cualquier valor por arriba de un ΔE de 5, representa un cambio en el color, el cual puede ser detectable.

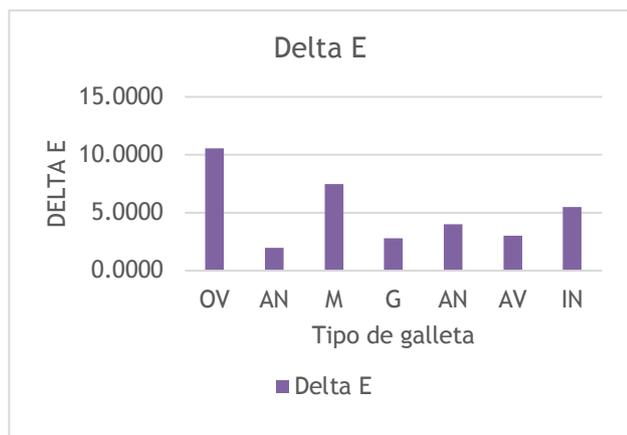


Figura 1. Gráfica de valores ΔE

Discusión

El análisis de datos demostró que el factor de CIELAB mayormente afectado por el tamaño de partícula es la luminosidad (Valor L), lo que de acuerdo a la escala nos podría indicar se está dando un paso de luz. Analizando el tipo de muestra se puede sugerir que la irregularidad de las superficies de las galletas afecta este parámetro, ya que la mayor diferencia encontrada fue en las galletas integrales, ya que este tipo de galleta es muy irregular. Esparza (2009), menciona que la luminosidad también puede estar afectada por la cantidad de polifenoles presentes en una muestra, dado que estos pueden actuar como potentes antioxidantes y así afectar la coloración. De acuerdo a Hernández (2011), la harina de trigo integral contiene una gran cantidad de compuestos polifenólicos, por lo que podríamos relacionar la variabilidad en el parámetro de luminosidad a la composición de la galleta. Sin embargo, Esparza (2009), en el Análisis de Componentes Principales (PCA) manifestó la existencia de una estrecha correlación entre los parámetros CIELAB y las concentraciones de polifenoles, pero no logró relacionar con los parámetros de color.

Mientras que, en las otras muestras, OV y M, al observar las características físicas podemos ver que este tipo de galletas tiene un color más claro, por lo que tienden a ser más luminosas y dar más paso a la luz.

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. De acuerdo con la norma ISO 12347-2, la cual es la encargada de los estándares de impresión, si ΔE^* se aproxima a 2.3 siendo en todo caso inferior a 3, estaríamos hablando del JND o "just noticeable difference" que se puede entender como la diferencia apenas perceptible que se produce entre dos niveles de intensidad de un estímulo sensorial. O lo que es lo mismo, una diferencia de color muy difícilmente apreciable. Valores superiores a 5 se proponen como inaceptables en la mayoría de los procesos ya que indican que la diferencia de color es especialmente evidente. De igual forma Krapfenbauer *et al.*, (2006) mencionan que valores de ΔE^* superiores a 3.5 generan una no aceptación en consumidores regulares.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, la medición con el sistema internacional CIELAB hoy en día es una de las técnicas más comunes para determinar el color en alimentos, ya que es fácil y rápida, aunque actualmente muchas empresas no cuentan con parámetros establecidos para sus productos con respecto al color, este es un factor que es muy importante para su aceptación comercial.

En esta experimentación se muestrearon galletas en línea de producción dentro de la planta Galletera, buscando el método de colorimetría adecuado para la medición de color, comparando la galleta entera contra la galleta molida.

Aplicando el diseño factorial se puede apreciar que las galletas de animalitos puede ser medida con galleta entera o molida y sus resultados no se verán afectados, esto debido al tamaño de las partículas, así como la consistencia y la forma que estas presentan.

Con base en la norma ISO 12347-2, se pudo analizar que hay valores por encima de Delta E de 5, los tipos de galletas que podemos apreciar por encima de este valor son la galleta OV, las M, y la IN, lo que nos quiere decir que existe una diferencia en el color que puede ser visible fácilmente. Esto nos indica que este tipo de galletas es mejor analizarlas de forma molida, para disminuir la interferencia por la composición y rugosidad de la superficie presentada.

Finalmente se puede concluir que es mejor realizar el análisis colorimétrico a las muestras molidas, ya que de esta forma se considera un margen de error menor en comparación con la galleta entera.

Contribución de los autores

LCR, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

MCV, diseño del trabajo

IHM, análisis estadístico y redacción.

VMH, diseño y redacción.

VLH, diseño del trabajo y redacción.

Financiamiento

"No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo".

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna

Referencias

1. Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Pigmentos, Cuarta. México: Pearson Educación de México.
2. Britton G, Liaaen-Jensen S, Pfander H (2017) Carotenoids: a colourful history. Carote Nature.
3. Brühl, L., & Unbehend, G. (2021). Precise color communication by determination of the color of vegetable oils and fats in the CIELAB 1976 (L* a* b*) color space. European Journal of Lipid Science and Technology, 123(7), 2000329.
4. Candal, C., & Erbas, M. (2019). The effects of different

- processes on enzyme resistant starch content and glycemic index value of wheat flour and using this flour in biscuit production. *Journal of food science and technology*, 56, 4110-4120.
5. Cardona, F. (2020). Departamento de Tecnología de Alimentos. Alteraciones no microbianas en alimentos: el pardeamiento y el enranciamiento. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
 6. Carrillo, M. (Junio de 2018). *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias: CIBA*,. Vida útil de los alimentos. México, San Luis Potosí: Dialnet
 7. Esparza, I. (2010). *CyTA - Journal of Food*. Significance of CIELAB parameters in the routine analysis of red wines.
 8. Forbes (24 de mayo de 2018). Mexicanos, de los mayores consumidores de botanas en el mundo. <https://www.forbes.com.mx/mexicanos-de-los-mayores-consumidores-de-botanas-en-el-mundo/>
 9. Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1975). *Food colorimetry: theory and applications*. AVI Publishing Co. Inc..
 10. González, D. (Octubre de 2019). *Revistas científicas Lasallistas*. Evaluación del comportamiento de sustitutos de grasa y edulcorantes en la formulación de gal. México: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingeniería.
 11. Hart, L. (1991). *Análisis moderno de los alimentos*. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Acribia, Zaragoza y 1991.
 12. Hernández, L., Afonso, D., Rodríguez, E. M., & Díaz, C. (2011). Phenolic compounds in wheat grain cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 408-415.
 13. I. Esparza, C. Santamaría, I. Calvo & J. M. Fernández (2009) Significance of CIELAB parameters in the routine analysis of red wines Relevancia de los parámetros CIELAB en el análisis de rutina de vinos tintos, *CyTA - Journal of Food*, 7:3, 189-199, DOI: 10.1080/19476330903068001
 14. Jerish Joyner, J., & Yadav, B. K. (2015). Optimization of continuous hydrothermal treatment for improving the dehulling of black gram (*Vigna mungo* L). *Journal of food science and technology*, 52(12), 7817-7827.
 15. Krapfenbauer, G., Kinner, M., Gössinger, M., Schönlechner, R., & Berghofer, E. (2006). Effect of thermal treatment on the quality of cloudy apple juice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(15), 5453-5460.
 16. Macdougall, D. (2010). *Colour Measurement. Colour measurement of food: principles and practice*, 312-342. Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9780857090195.2.312>
 17. Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of natural medicines*, 74(1), 1-16.
 18. Mathias, 2018. (septiembre de 2018). *Revistas Electrónicas UACH en Texto Completo*. "El color en los alimentos un criterio de calidad medible. Color in food as a measurable quality criterion". Recuperado de: <http://revistas.uach.cl/>
 19. Melendez, A. (Junio de 2014). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. Venezuela, Caracas: Scielo.
 20. Mordorintelligence. 2021. Available online: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/biscuits-market> (Accesado el 01 Julio 2023).
 21. Montoya, J. (01 de abril de 2012). *Vitae*. Determinación del índice de blancura en harina de trigo comercial. Colombia, Medellín: Universidad de Antioquía.
 22. NMX-F-006-1983: "ALIMENTOS - GALLETAS"
 23. NOM-247-SSA1-2008: Productos y Servicios. Cereales y sus Productos. Cereales, Harinas de Cereales, Sémolas o Semolinas. Alimentos a Base de: Cereales, Semillas Comestibles, de Harinas, Sémolas o Semolinas o sus Mezclas. Productos de Panificación. Disposiciones y Especifica.
 24. Patrignani, M. (Noviembre de 2019). Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos. Incorporación de productos regionales en la formulación de galletitas saludables. Buenos Aires: CIDCA.
 25. Pokharel, A., Dangal, A., Karki, S., Lamichhane, S., Timsina, P., & Bohara, A. (2023). Study on the effect of different treatments on soy flour, and quality and sensory evaluation of prepared biscuits incorporated with oats and soy flour. *Legume Science*, e181.
 26. Quezada, L. (31 de Agosto de 2019). *Revista de la asociación colombiana de Ciencia y Tecnología en alimentos*. Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (*Colocasia esculenta*) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces. Ecuador: *Revista alimento hoy*.
 27. Rakshit, M., & Srivastav, P. P. (2022). Sensory evaluation and storage stability of fat reduced shortdough biscuit using hydrolysable tannin encapsulated double emulsion as fat replacer. *LWT*, 154, 112816.
 28. Rodríguez, A. (Octubre de 2016). Trabajo de titulación especial". "Elaboración de Galletas a base de semillas de Chía (*Silvia hispánica*, L) utilizando Leche de Soya (*Glycine Max*) con aporte de fibra Polidextrosa.". Guayaquil, Ecuador : Universidad de Guayaquil.
 29. Rodríguez, F. J. (Febrero de 2021). *Food Control. CIELAB - Spectral image MATCHING: An app for merging colorimetric and spectral images for grapes and derivatives*. Irlanda, Dublin: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108038>
 30. Salehi, F. (2020). Recent applications of powdered fruits and vegetables as novel ingredients in biscuits: A review. *Nutrire*, 45, 1-10.
 31. Tepper, B. J. (1993). Effects of a slight color variation on consumer acceptance of orange juice. *Journal of Sensory Studies*, 8(2), 145-154.
 32. Villanueva Flores, R., (2019). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, (32),231-246. [fecha de Consulta 29 de Marzo de 2023]. ISSN: 1025-9929. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337432679010>
 33. Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(14), 1637-1644.