

# Caracterización del colorante natural rojo gardenia para la elaboración de cerezas candeadas

Juan González Pacheco<sup>12</sup>; Mariela Maldonado<sup>12</sup>; Ariel Márquez<sup>2</sup>; Emanuel Condori<sup>2</sup>; Paula Giorlando<sup>2</sup>; Adrián Boscarío<sup>2</sup>; Clarisa Marty<sup>2</sup>; Carla Zaragoza<sup>2</sup>; Vanina Enríquez Téllez<sup>2</sup>

**Resumen:** El propósito de este trabajo es el de caracterizar y evaluar el colorante natural rojo de gardenia para su uso en el reemplazo de eritrosina, en la elaboración de cerezas en conserva. Con soluciones de colorantes artificiales y naturales a 238 ppm, se realizaron escalas de pH (1 – 14) a distintas temperaturas (0 – 160 °C), además de ser almacenadas en condiciones de oscuridad y luz natural. Para medición de absorbancia, se utilizó espectrofotómetro UV-VIS Perkin Elmer Lambda 35, estableciendo estabilidad del color al variar pH y temperatura. La acidificación de las soluciones se llevó a cabo con ácido clorhídrico grado alimentario 0,1 N y alcalinización con hidróxido de sodio 0,1 N. Se midieron los parámetros L\*, a\* y b\* del espacio de color CIELAB con colorímetro Konica Minolta CR-400, iluminante D65, tanto a las muestras de pigmentos, como para cerezas coloreadas con eritrosina y rojo de gardenia. Una diferencia significativa se observó en los valores de absorbancia ( $p < 0,05$ ), al variar pH, temperatura, así como condiciones de luz y oscuridad. Esto puede indicar que las condiciones de medio influyen en la estabilidad del colorante. Así mismo, se encontró una disminución en las señales de absorbancia ( $p < 0,05$ ), para muestras sometidas a la luz, en contraste con aquellas al resguardo de esta, posiblemente por degradación por radiación solar. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en los valores de a\*, para eritrosina y rojo de gardenia. Esto podría indicar que el reemplazo de eritrosina por rojo de gardenia es posible tecnológicamente.

---

<sup>1</sup> CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Química, UTN FRM, Mendoza, Argentina

**Palabras claves:** colorantes naturales, pH – temperatura, rojo de gardenia, eritrosina, cerezas.

## **Introducción:**

Una de las sustancias de crecimiento exponencial en el mercado de elaboración de alimentos son los aditivos alimentarios. Esto es debido al consumo excesivo de alimentos procesados y su demanda por la población en crecimiento (M. B. Maldonado, 2021). Durante el procesamiento de los alimentos, estos pierden coloración. De manera que, para lograr una restitución total, parcial o dar un color nuevo y más atractivo a la vista del consumidor, se utilizan los colorantes alimentarios (Ghidouche et al., 2013).

Los colorantes se clasifican según su origen, en naturales y sintéticos, estos últimos se siguen utilizando a raíz de tres particularidades: estabilidad química, costos de producción baratos y tinción fuerte (Downham & Collins, 2000; Oreopoulou et al., 2009). Sin embargo, a pesar de su versatilidad en la industria alimentaria, varios estudios han mostrado una relación entre el consumo de pigmentos artificiales, entre ellos la eritrosina en el caso de cerezas al marrasquino (M. Maldonado et al., 2016), y varias alteraciones a la salud, tales como hiperactividad (Bateman et al., 2004; McCann et al., 2007; Oplatowska-Stachowiak & Elliott, 2015), defectos en el ADN, carcinogenicidad, irregularidades en la actividad de la glándula tiroidea, neurotoxicidad (Chequer et al., 2012; Jennings et al., 1990; Khan et al., 2020; Mittal et al., 2006), reacciones alérgicas dermatológicas (Panachiyil et al., 2019), la interacción con proteínas (Basu & Suresh Kumar, 2015; Shahabadi et al., 2017; Wang et al., 2019), problemas hepatorenales (Axon et al., 2012), las deficiencias en la memoria y el aprendizaje, como otras alteraciones en el comportamiento (Suglia et al., 2013). En consecuencia, se intentó estudiar la tinción de cerezas con azul brillante (M. Maldonado et al., 2016), el cual, a pesar de ser artificial, presenta una IDA (ingesta diaria admisible) inferior a la de eritrosina, sin mencionar su estabilidad a la luz.

Puesto que, para la elaboración de cerezas tipo marrasquino, existen pocos precedentes, los autores proponen una caracterización del colorante rojo de gardenia para su utilización en la elaboración de cerezas candeadas.

El colorante E8 – E50, rojo de gardenia, comercialmente se encuentra como un polvo soluble en agua, insoluble en etanol anhidro, de color rojo oscuro o rojo – violeta (Giménez et al., 2013). Asimismo, colorea adecuadamente proteínas como hidratos de carbono, es resistente

hacia agentes reductores y oxidantes, además tiene buena resistencia a condiciones de luz y calor.

Por lo tanto, el siguiente estudio se centra en la evaluación de eritrosina y rojo de gardenia, bajo diferentes condiciones (pH, temperatura, almacenamiento en luz y oscuridad), además del análisis del espacio de color de los diferentes pigmentos, así establecer la mayor efectividad y estabilidad de estos.

## **Materiales y Métodos:**

### **Estabilidad de colorantes a pH, temperatura y luz – oscuridad.**

Se estudió la solubilización y estabilidad de soluciones de colorantes en agua a 238 ppm, en un rango de temperaturas constantes comprendido entre 0 – 160 °C. Se utilizó:

- (1) Eritrosina (E127) como testigo.
- (2) Colorante rojo de gardenia.

Se estudió el comportamiento de las soluciones de rojo de gardenia y eritrosina en el rango de pH de 1 – 14, con el fin de evaluar estabilidad frente a la acidez o alcalinidad del medio. Soluciones de ácido clorhídrico grado alimentario 0,1 N, así como hidróxido de sodio 0,1 N (APHA, 2017), fueron empleados para acidular o alcalinizar las diferentes muestras.

De la misma manera, diversas muestras de colorantes fueron sometidas a distintas condiciones de temperaturas. Las muestras fueron sumergidas y almacenadas en baños de hielo, para temperaturas de 0 °C, mientras que para el rango comprendido de 2 – 8 °C, fueron almacenadas en refrigeradores. Se empleó un baño termostático Cole – Parmer con agitador Technicon, para el caso de 8 – 99,9 °C. En tanto, para temperaturas de 100 a 160 °C, se utilizaron baños de aceite para producir estas condiciones del medio.

Más adelante, durante el transcurso de 10 días, las diversas muestras se colocaron en condiciones de almacenamiento de luz natural y oscuridad. Mediante espectrofotómetro UV – VIS, modelo Perkin Elmer Lambda 35, se midió la absorbancia de las diferentes muestras, a una longitud de onda de 530 nm, al cambiar pH, temperatura, así como condiciones de luz y oscuridad.

Los ensayos anteriormente descritos, a diferentes escalas de pH, temperatura, así como medición de absorbancia, fueron llevados a cabo por triplicado.

## Espacio de Color

Los parámetros  $L^*$  (luminosidad del estímulo de color),  $a^*$  (medida del contenido de rojo o de verde del estímulo de color) y  $b^*$  (medida del contenido de amarillo o de azul del estímulo de color) del espacio de color CIELAB, se midieron por triplicado, con colorímetro Konica Minolta CR-400, iluminante D65, en aproximadamente 5 kilogramos de cerezas calibradas, descarozadas, y posteriormente desulfitadas durante 24 h, a través de inmersiones en baños de agua, previo al proceso de candeado. Se adoptó un método de impregnaciones múltiples denominado “Método Lento o Francés” usado por M. Maldonado & González Pacheco, (2020) con el fin de candeear la fruta; el mismo se basó en sumergir a la matriz alimentaria en soluciones hipertónicas de concentración inicial relativamente baja, y luego incrementarlas gradualmente, dejándolas en reposo por un período de 24 h entre cada concentración, hasta alcanzar la deseada.

Con respecto al proceso de candeado, se añadió en proporción adecuada jarabe, con el objetivo de cubrir las cerezas completamente (1:1,5 sólido-líquido). La formulación que se utilizó para edulcorar las mismas fue sacarosa 50 % - xilitol 50 %, debido que su mezcla en estas proporciones no precipitó ni formó cristales, durante el transcurso de 6 meses de almacenamiento (Fig. 1). Por otro lado, para prevenir la formación de arrugas en la matriz, se inició el proceso con una concentración inicial de solución edulcorante de 25 Bx (primera impregnación), el cual fue previamente hervido y luego enfriado hasta 50°C aproximadamente. Después de 24 horas de la primera impregnación a 25 Bx, las cerezas fueron sumergidas en almíbar de 35 Bx (segunda impregnación), en las mismas condiciones que el día anterior. Se utilizó eritrosina, así como colorante rojo de gardenia, ambos al 0,0238 % (m/V) para la tinción de los frutos, durante la segunda impregnación. Se mantuvo el experimento en agitación y temperatura constante de 50 °C, mediante agitador de calentamiento magnético termostático PIOWAY 78 HW-1.

Figura 1. Formulación sacarosa 50 % – xilitol 50% utilizada en el candeado de cerezas.

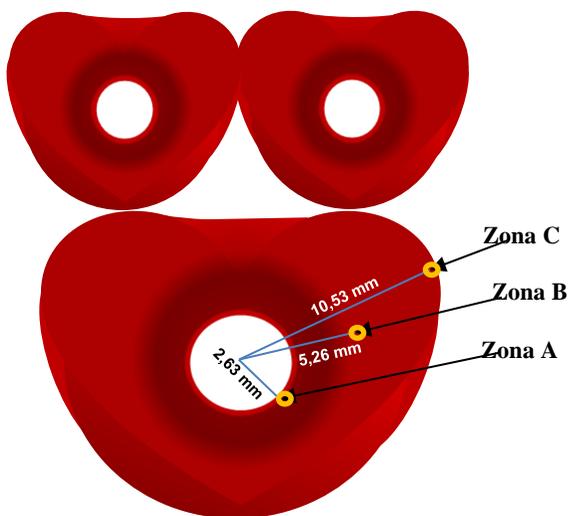


Adicionalmente, se adicionaron a la solución edulcorante 0,9 ml de ácido cítrico al 10 % (m/V) y/o 0,3 ml de NaHCO<sub>3</sub> al 10 % (m/V), para mantener un pH entre 4,2 y 4,8, con el propósito de generar una leve precipitación del pigmento en el interior del tejido celular de la cereza.

### Muestreo

Se realizó un muestreo de cerezas con diferente frecuencia, la misma consistió en la siguiente: al inicio del experimento, a los 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180 y 300 minutos. A medida que avanzaba el fenómeno de coloración, se extrajeron 2 cerezas al azar de diversas partes del recipiente. Luego, mediante el uso de una cuchilla se cortaron a la mitad, con el fin de disponer la sección transversal de las mismas y proceder con la medición de los parámetros del espacio de color CIELAB; de esta manera detectar los cambios de color durante la difusión de los pigmentos. Las mediciones se realizaron por triplicado en cada tiempo de muestreo, separadas en zonas medidas con calibre, denominadas A (a 2,63 mm aproximadamente de donde comienza la pulpa, próxima al centro de la cereza descarozada), B (en la pulpa propiamente dicha, a 5,26 mm aproximadamente del centro de la cereza), y C (en las cercanías de la periferia de la cereza, próximas a la piel, a 10,53 mm aproximadamente del centro de la cereza).

Figura 2. Esquema de la sección transversal de la cereza. Señalización de las zonas de muestreo para medición de color.



## Análisis estadístico

Los análisis se efectuaron mediante el software estadístico IBM® SPSS® (V22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Se realizó análisis de varianza (ANOVA), conjuntamente con un test de comparaciones múltiples (“diferencia significativa honesta” de Tukey), para evaluar las diferencias en los valores de absorbancia para condiciones de almacenamiento (luz y oscuridad), pH, temperatura, así como diferencias de color entre zonas internas de la cereza, utilizando un nivel de significancia de 0,05. Los diferentes análisis se realizaron por triplicado y los resultados se presentaron como media  $\pm$  desviación o error estándar ( $n = 3$ ).

## Resultados:

Figura 3. Escala de pH para eritrosina (imagen superior) y rojo de gardenia (imagen inferior) en el rango de 3 – 4 a una temperatura de 25 °C.

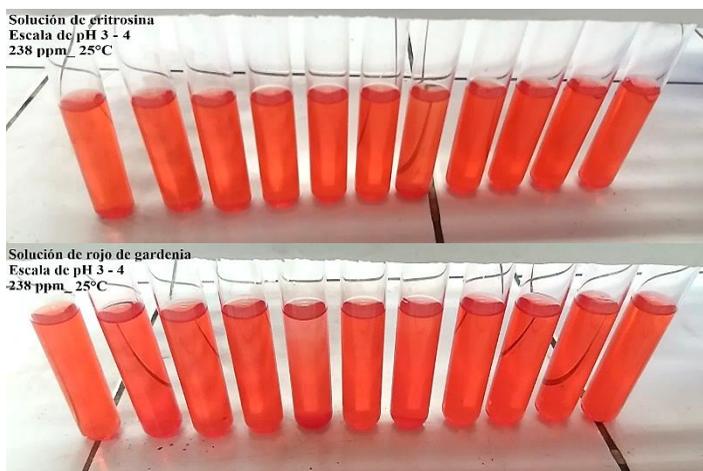


Tabla 1. Espacio de color para colorantes eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm y 0 °C.

Espacio de color CIELAB<sup>‡</sup>

pH	Eritrosina			Rojo de Gardenia		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	66,9 ± 2,6 <sup>a</sup>	-2,9 ± 1,0 <sup>a</sup>	1,7 ± 0,7 <sup>b</sup>	62,1 ± 3,9 <sup>ab</sup>	-2,9 ± 0,9 <sup>a</sup>	1,6 ± 1,7 <sup>b</sup>
2	66,5 ± 2,9 <sup>a</sup>	-1,0 ± 0,8 <sup>ab</sup>	2,8 ± 2,2 <sup>b</sup>	61,2 ± 4,1 <sup>ab</sup>	-0,4 ± 1,6 <sup>a</sup>	3,1 ± 2,5 <sup>b</sup>
3	43,0 ± 1,4 <sup>b</sup>	48,1 ± 0,4 <sup>de</sup>	51,9 ± 1,1 <sup>d</sup>	38,3 ± 1,9 <sup>e</sup>	49,6 ± 0,9 <sup>e</sup>	49,0 ± 1,5 <sup>d</sup>
4	45,3 ± 1,8 <sup>b</sup>	45,9 ± 0,2 <sup>d</sup>	42,3 ± 1,3 <sup>c</sup>	37,7 ± 2,1 <sup>e</sup>	51,2 ± 0,9 <sup>e</sup>	49,5 ± 1,5 <sup>d</sup>
5	44,1 ± 2,5 <sup>b</sup>	50,4 ± 0,8 <sup>e</sup>	53,5 ± 1,7 <sup>d</sup>	39,9 ± 3,4 <sup>e</sup>	49,4 ± 0,9 <sup>e</sup>	48,9 ± 1,9 <sup>d</sup>
6	44,3 ± 1,9 <sup>b</sup>	49,4 ± 0,6 <sup>e</sup>	53,7 ± 1,3 <sup>d</sup>	39,9 ± 3,3 <sup>e</sup>	49,1 ± 0,9 <sup>e</sup>	50,3 ± 2,3 <sup>d</sup>
7	44,7 ± 2,3 <sup>b</sup>	49,3 ± 0,7 <sup>e</sup>	54,2 ± 1,6 <sup>d</sup>	41,0 ± 3,2 <sup>e</sup>	49,2 ± 0,8 <sup>e</sup>	51,2 ± 2,0 <sup>d</sup>
8	46,2 ± 3,6 <sup>b</sup>	49,7 ± 0,9 <sup>e</sup>	54,6 ± 2,3 <sup>d</sup>	41,5 ± 3,1 <sup>e</sup>	49,2 ± 0,5 <sup>e</sup>	51,0 ± 1,3 <sup>d</sup>
9	46,4 ± 2,7 <sup>b</sup>	49,9 ± 0,3 <sup>e</sup>	56,0 ± 1,9 <sup>d</sup>	43,1 ± 3,9 <sup>de</sup>	50,5 ± 0,3 <sup>e</sup>	53,4 ± 2,7 <sup>d</sup>
10	46,2 ± 3,2 <sup>b</sup>	49,7 ± 0,6 <sup>e</sup>	55,7 ± 2,5 <sup>d</sup>	44,5 ± 2,9 <sup>de</sup>	50,7 ± 0,7 <sup>e</sup>	53,7 ± 2,3 <sup>d</sup>
11	47,1 ± 3,3 <sup>b</sup>	49,5 ± 0,6 <sup>e</sup>	55,3 ± 2,3 <sup>d</sup>	45,2 ± 2,2 <sup>de</sup>	50,9 ± 0,9 <sup>e</sup>	53,3 ± 1,7 <sup>d</sup>
12	47,4 ± 3,6 <sup>b</sup>	48,1 ± 0,2 <sup>de</sup>	52,1 ± 1,6 <sup>d</sup>	50,5 ± 1,9 <sup>cd</sup>	44,1 ± 0,7 <sup>d</sup>	29,8 ± 1,3 <sup>c</sup>
13	70,3 ± 6,0 <sup>a</sup>	11,1 ± 2,0 <sup>c</sup>	-7,1 ± 0,8 <sup>a</sup>	59,3 ± 2,6 <sup>bc</sup>	32,9 ± 0,9 <sup>c</sup>	0,2 ± 1,4 <sup>b</sup>
14	75,0 ± 5,4 <sup>a</sup>	0,3 ± 1,5 <sup>b</sup>	-5,9 ± 0,6 <sup>a</sup>	69,0 ± 2,3 <sup>a</sup>	13,1 ± 1,2 <sup>b</sup>	-7,3 ± 0,2 <sup>a</sup>

<sup>‡</sup>Los resultados son presentados como media ± DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente (p<0,05).

Tabla 2. Espacio de color para colorantes eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm y 160 °C.

Espacio de color CIELAB<sup>‡‡</sup>

pH	Eritrosina			Rojo de Gardenia		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	66,9±0,6 <sup>b</sup>	-0,9±0,0 <sup>a</sup>	6,2±3,9 <sup>a</sup>	57,9±1,6 <sup>de</sup>	1,7±0,9 <sup>a</sup>	-0,4±1,2 <sup>a</sup>
2	67,2±0,6 <sup>b</sup>	0,7±0,2 <sup>a</sup>	2,4±0,3 <sup>a</sup>	58,4±4,2 <sup>de</sup>	4,1±1,3 <sup>a</sup>	-0,1±1,3 <sup>a</sup>
3	47,4±5,9 <sup>a</sup>	35,0±10,5 <sup>b</sup>	30,9±9,9 <sup>b</sup>	41,7±1,9 <sup>ab</sup>	30,8±2,0 <sup>b</sup>	13,4±1,1 <sup>bc</sup>
4	45,1±2,8 <sup>a</sup>	45,2±1,5 <sup>bc</sup>	36,3±2,1 <sup>b</sup>	37,0±0,5 <sup>a</sup>	44,0±0,9 <sup>cd</sup>	32,5±1,6 <sup>d</sup>
5	43,5±0,7 <sup>a</sup>	51,5±0,5 <sup>c</sup>	53,8±0,5 <sup>c</sup>	38,0±0,5 <sup>ab</sup>	46,6±0,6 <sup>de</sup>	35,9±1,2 <sup>def</sup>
6	43,9±0,6 <sup>a</sup>	51,8±0,3 <sup>c</sup>	54,6±0,5 <sup>c</sup>	37,0±0,1 <sup>a</sup>	51,0±0,1 <sup>ef</sup>	39,5±1,0 <sup>def</sup>
7	45,1±0,7 <sup>a</sup>	51,5±0,2 <sup>c</sup>	55,1±0,5 <sup>c</sup>	40,4±1,3 <sup>ab</sup>	51,2±0,7 <sup>ef</sup>	39,6±0,3 <sup>def</sup>
8	45,3±0,8 <sup>a</sup>	52,1±0,2 <sup>c</sup>	55,5±0,3 <sup>c</sup>	40,9±1,0 <sup>ab</sup>	50,5±0,4 <sup>ef</sup>	43,2±2,5 <sup>f</sup>
9	45,2±0,8 <sup>a</sup>	52,6±0,0 <sup>c</sup>	55,7±0,3 <sup>c</sup>	41,7±0,5 <sup>ab</sup>	51,4±0,8 <sup>f</sup>	40,6±0,6 <sup>ef</sup>

Espacio de color CIELAB <sup>##</sup>						
pH	Eritrosina			Rojo de Gardenia		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
10	45,5±0,2 <sup>a</sup>	52,2±0,2 <sup>c</sup>	55,4±0,3 <sup>c</sup>	39,9±0,9 <sup>ab</sup>	50,0±0,5 <sup>ef</sup>	41,2±3,3 <sup>ef</sup>
11	45,3±0,4 <sup>a</sup>	51,0±0,3 <sup>c</sup>	53,9±0,2 <sup>c</sup>	43,5±0,5 <sup>ab</sup>	50,0±0,7 <sup>ef</sup>	38,8±2,1 <sup>def</sup>
12	45,5±0,5 <sup>a</sup>	52,0±1,5 <sup>c</sup>	51,6±0,7 <sup>c</sup>	45,3±0,5 <sup>bc</sup>	47,9±0,5 <sup>def</sup>	34,9±0,5 <sup>de</sup>
13	69,6±0,3 <sup>b</sup>	6,3±0,8 <sup>a</sup>	-5,1±0,4 <sup>a</sup>	53,3±1,4 <sup>cd</sup>	41,1±0,3 <sup>c</sup>	20,9±0,5 <sup>c</sup>
14	69,9±0,7 <sup>b</sup>	5,4±0,6 <sup>a</sup>	-4,8±0,5 <sup>a</sup>	65,1±1,5 <sup>e</sup>	28,8±0,8 <sup>b</sup>	6,5±0,3 <sup>ab</sup>

<sup>##</sup>Los resultados son presentados como media ± DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente (p<0,05).

Tabla 3. Evolución de las señales de absorbancia en cada punto de pH para eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm, para temperaturas del medio de 0 y 160 °C.

Absorbancia (%) <sup>###</sup>				
Temperatura del medio (°C)				
pH	Eritrosina		Rojo de Gardenia	
	0	160	0	160
1	0,025±0,001 <sup>a</sup>	0,007±0,003 <sup>a</sup>	0,003±0,001 <sup>a</sup>	0,011±0,001 <sup>a</sup>
2	0,028±0,001 <sup>a</sup>	0,023±0,002 <sup>b</sup>	0,006±0,001 <sup>ab</sup>	0,020±0,001 <sup>a</sup>
3	0,344±0,003 <sup>d</sup>	0,198±0,001 <sup>d</sup>	0,624±0,003 <sup>d</sup>	0,237±0,002 <sup>c</sup>
4	2,312±0,003 <sup>e</sup>	2,264±0,004 <sup>e</sup>	2,045±0,002 <sup>f</sup>	3,109±0,002 <sup>g</sup>
5	2,985±0,005 <sup>i</sup>	2,891±0,006 <sup>f</sup>	2,685±0,004 <sup>h</sup>	3,079±0,002 <sup>f</sup>
6	3,076±0,003 <sup>k</sup>	3,088±0,003 <sup>j</sup>	2,824±0,004 <sup>k</sup>	3,106±0,003 <sup>g</sup>
7	3,023±0,002 <sup>j</sup>	3,111±0,002 <sup>k</sup>	2,726±0,003 <sup>i</sup>	3,109±0,002 <sup>g</sup>
8	2,932±0,002 <sup>h</sup>	3,112±0,003 <sup>kl</sup>	2,887±0,005 <sup>l</sup>	3,088±0,004 <sup>f</sup>
9	2,894±0,014 <sup>g</sup>	3,119±0,002 <sup>l</sup>	2,817±0,004 <sup>k</sup>	3,064±0,001 <sup>e</sup>
10	2,933±0,003 <sup>h</sup>	3,069±0,002 <sup>j</sup>	2,802±0,003 <sup>j</sup>	3,085±0,004 <sup>f</sup>
11	2,978±0,003 <sup>i</sup>	3,049±0,003 <sup>h</sup>	2,574±0,004 <sup>g</sup>	3,058±0,006 <sup>e</sup>
12	2,732±0,002 <sup>f</sup>	2,925±0,002 <sup>g</sup>	1,629±0,004 <sup>e</sup>	2,995±0,007 <sup>d</sup>
13	0,314±0,003 <sup>c</sup>	0,032±0,001 <sup>c</sup>	0,066±0,005 <sup>c</sup>	0,141±0,001 <sup>b</sup>
14	0,135±0,004 <sup>b</sup>	0,024±0,002 <sup>b</sup>	0,014±0,003 <sup>b</sup>	0,015±0,001 <sup>a</sup>

‡‡Los resultados son presentados como media  $\pm$  DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Tabla 4. Evolución de las señales de absorbancia en cada punto de pH para eritrosina y rojo de gardenia a 25 °C, para condiciones de almacenamiento de luz (radiación solar) y de oscuridad, a 238 ppm, al cabo de 10 días.

Absorbancia (%)‡‡				
Condiciones de Almacenamiento				
	Luz	Oscuridad	Luz	Oscuridad
pH	Eritrosina		Rojo de Gardenia	
1	0,006 $\pm$ 0,002 <sup>a</sup>	0,006 $\pm$ ,0006 <sup>a</sup>	0,003 $\pm$ 0,001 <sup>ab</sup>	0,028 $\pm$ 0,001 <sup>b</sup>
2	0,009 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	0,096 $\pm$ 0,002 <sup>c</sup>	0,016 $\pm$ 0,006 <sup>c</sup>	0,076 $\pm$ 0,001 <sup>d</sup>
3	0,263 $\pm$ 0,037 <sup>b</sup>	1,461 $\pm$ 0,003 <sup>d</sup>	0,483 $\pm$ 0,005 <sup>d</sup>	0,706 $\pm$ 0,001 <sup>e</sup>
4	1,729 $\pm$ 0,008 <sup>c</sup>	2,165 $\pm$ 0,015 <sup>e</sup>	2,075 $\pm$ 0,004 <sup>e</sup>	2,140 $\pm$ 0,001 <sup>h</sup>
5	2,316 $\pm$ 0,007 <sup>f</sup>	2,346 $\pm$ 0,002 <sup>f</sup>	2,169 $\pm$ 0,002 <sup>f</sup>	2,386 $\pm$ 0,002 <sup>i</sup>
6	2,388 $\pm$ 0,008 <sup>g</sup>	2,408 $\pm$ 0,005 <sup>g</sup>	2,637 $\pm$ 0,005 <sup>k</sup>	2,402 $\pm$ 0,001 <sup>j</sup>
7	2,690 $\pm$ 0,009 <sup>j</sup>	2,808 $\pm$ 0,003 <sup>k</sup>	2,592 $\pm$ 0,005 <sup>i</sup>	2,567 $\pm$ 0,002 <sup>m</sup>
8	2,636 $\pm$ 0,006 <sup>i</sup>	2,792 $\pm$ 0,007 <sup>k</sup>	2,606 $\pm$ 0,003 <sup>j</sup>	2,665 $\pm$ 0,003 <sup>n</sup>
9	2,528 $\pm$ 0,003 <sup>h</sup>	2,689 $\pm$ 0,005 <sup>j</sup>	2,597 $\pm$ 0,002 <sup>i</sup>	2,525 $\pm$ 0,003 <sup>l</sup>
10	2,246 $\pm$ 0,005 <sup>e</sup>	2,686 $\pm$ 0,005 <sup>j</sup>	2,509 $\pm$ 0,004 <sup>h</sup>	2,511 $\pm$ 0,002 <sup>k</sup>
11	2,166 $\pm$ 0,004 <sup>d</sup>	2,622 $\pm$ 0,007 <sup>i</sup>	2,305 $\pm$ 0,003 <sup>g</sup>	2,017 $\pm$ 0,002 <sup>g</sup>
12	2,405 $\pm$ 0,004 <sup>g</sup>	2,498 $\pm$ 0,006 <sup>h</sup>	2,165 $\pm$ 0,002 <sup>f</sup>	1,301 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>
13	0,005 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	0,024 $\pm$ 0,003 <sup>b</sup>	0,011 $\pm$ 0,001 <sup>bc</sup>	0,063 $\pm$ 0,002 <sup>c</sup>
14	0,001 $\pm$ 0,000 <sup>a</sup>	0,016 $\pm$ 0,002 <sup>ab</sup>	0,001 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>	0,017 $\pm$ 0,001 <sup>a</sup>

‡‡Los resultados son presentados como media  $\pm$  DS (n=3). Los valores promedios con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Tabla 5. Valores del parámetro a\* para las zonas A, B y C de muestreo en la cereza, para colorantes eritrosina y rojo de gardenia, a una concentración de 238 ppm y 50 °C.

	Parámetro a*†		
	Zonas de la cereza		
	Zona A	Zona B	Zona C
Eritrosina	56,4 ± 2,0 <sup>a</sup>	55,6 ± 2,8 <sup>a</sup>	48,7 ± 4,2 <sup>a</sup>
Rojo de Gardenia	58,9 ± 1,1 <sup>a</sup>	53,9 ± 3,3 <sup>a</sup>	52,7 ± 3,3 <sup>a</sup>

†Los resultados son expresados como medias ± EE (n=3). Los valores medios para cada zona no difieren significativamente (p>0,05).

## Discusión:

Luego de realizar las escalas de pH para eritrosina y rojo de gardenia en el rango de 1 – 14, se encontró una notable precipitación de los colorantes en el rango de pH 1 – 2, evidenciándose en ambos valores negativos del parámetro a\*, con diferencia significativa (p<0,05) respecto de los demás valores de pH. Se observó una leve precipitación en el rango 3,1 - 3,8 (Figura 3). Por otro lado, la coloración fue homogénea y estable para el rango de 3 – 11, para el caso de rojo de gardenia a 0 °C, donde los valores de a\* no difieren significativamente (p>0,05), sin embargo, para una temperatura del medio de 160°C, no hubo diferencia significativa (p>0,05) para el rango 6 – 11. Mientras que los valores de a\* para eritrosina, para el rango de pH de 5 – 11 no mostraron diferencia significativa (p>0,05) en el rango de temperaturas de 0 – 160 °C (Tablas 1 y 2). Se pudo visualizar una pérdida de coloración, volviéndose violácea pálida para ambos pigmentos (valores de L\* elevados, bajo parámetro a\* y negativos valores de b\*), para el caso de pH alcalinos (13 – 14), posiblemente por formación de leucobases (Harivaindaran et al., 2008). Los valores en estos rangos fueron significativamente diferentes (p<0,05).

Al variar la temperatura desde 0 a 160 °C, no se observó una variación consistente en el color de las soluciones, por otro lado, se percibió un ligero incremento en la coloración para el caso de altas temperaturas 80 – 160 °C. Este cambio se detectó mediante medición de absorbancia por espectrofotometría UV – VIS (Razak et al., 2011). Esto podría deberse a escasas cantidades o trazas de agua evaporada de las diversas muestras (ver Tabla 3).

La Tabla 4 muestra la evolución de las señales de absorbancia para condiciones de almacenamiento de luz y oscuridad, en cada valor de pH, para eritrosina y rojo de gardenia a 25°C. De estos resultados se desprende un comportamiento similar, es decir, se puede apreciar una disminución de la señal de absorbancia, significativamente diferente (p<0,05), para el caso de las muestras sometidas a luz solar, en

contraste con las almacenadas en condiciones de oscuridad, durante 10 días, posiblemente debido a degradación y descomposición de los colorantes por radiación solar (Duff et al., 2014; Jespersen et al., 2004). Todas las señales de absorbancia fueron significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), en condiciones de luz y oscuridad, a excepción de los resultados suministrados por eritrosina, en condiciones de privación total de radiación solar en el rango 7 – 10 de pH.

La Tabla 5 muestra los valores del parámetro  $a^*$  del espacio de color CIELAB, para las zonas A, B y C de muestreo en las cerezas, usando eritrosina y rojo de gardenia a 238 ppm y 50 °C, para teñir cerezas. Los valores positivos de  $a^*$ , en todos los casos, indica que hay una tendencia al rojo. Dado que las cerezas son inicialmente descarozadas, llegado el momento de tinción, el pigmento ingresa principalmente por el centro de la cereza, y en menor medida por la piel de la fruta (dado que en la zona C también se vio una frontera de difusión de colorante que entra por epidermis), llegando finalmente a la periferia de esta por difusión, posiblemente debido a la escasa resistencia a la difusión que ofrece la pulpa de la cereza, comparada con la piel de la misma. Se puede observar, además, que las diferencias en el parámetro  $a^*$  en las diferentes zonas, se podría deber a las distancias que deben recorrer los colorantes desde el centro (zona A), atravesar la pulpa (zona B) y llegar a la periferia (zona C) de las cerezas. Otro aspecto que destacar, es la similitud en el comportamiento de difusión tanto para eritrosina como rojo de gardenia, obteniéndose incluso valores ligeramente superiores de  $a^*$  para rojo de gardenia en la zona A de  $58,9 \pm 1,1$  y zona C de  $52,7 \pm 3,3$  en particular, en comparación con los suministrados por eritrosina, los cuales son zona A de  $56,4 \pm 2,0$  y zona C de  $48,7 \pm 4,2$  en el mismo tipo de matriz.

Por otro lado, dado que ambos colorantes en los mismos rangos de pH y temperatura se mantienen estables, y en función de los resultados obtenidos, es posible tecnológicamente teñir cerezas usando colorante natural rojo de gardenia, en reemplazo de eritrosina.

### **Conclusiones:**

Se observó una notable precipitación de colorantes eritrosina y rojo de gardenia, utilizados en el rango de 1 – 2 de pH. Tal comportamiento se demostró en los valores negativos de  $a^*$ , con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para con el resto de los puntos de pH. Se observó una ligera precipitación en el rango 3,1 – 3,8 de pH. Por otra parte, en el rango de 3 – 11 para rojo de gardenia a 0 °C, la coloración se mantuvo estable ( $p > 0,05$ ), mientras que, a 160 °C, sucedió exactamente lo mismo ( $p > 0,05$ ) pero en el rango de pH de 6 – 11 puntos. Para eritrosina, tanto

a 0 como a 160 °C, en el rango 5 a 11 de pH no hubo diferencia significativa de coloración ( $p>0,05$ ). Además, tanto para eritrosina como rojo de gardenia, se percibió una pérdida de color ( $p<0,05$ ) en el caso de pH alcalinos (13 y 14), posiblemente debida a formación de leucobases.

Al someter las muestras a diferentes temperaturas (0 – 160 °C), se percibió un aumento en la coloración, verificada por espectrofotometría UV – VIS, en las soluciones cuya temperatura fue de 80 a 160 °C (altas temperaturas). La misma podría deberse a trazas de agua evaporada. Por su parte, se observó un descenso en las señales de absorbancia ( $p<0,05$ ) para muestras sometidas a luz natural, por el transcurso de 10 días, en comparación con aquellas almacenadas al resguardo de la luz, debido posiblemente a degradación de los pigmentos por radiación solar.

Por otro lado, se observó un comportamiento de difusión similar, tanto para eritrosina como rojo de gardenia durante la coloración de cerezas descarazadas. Incluso, se detectaron valores superiores de  $a^*$  para rojo de gardenia en la zona A de  $58,9 \pm 1,1$  y zona C de  $52,7 \pm 3,3$  en particular, en relación con los proporcionados por eritrosina, en las zonas A de  $56,4 \pm 2,0$  y C de  $48,7 \pm 4,2$  para el mismo tipo de matriz. Razón por la cual, en función de los resultados anteriormente descritos, y dado que ambos colorantes se mantienen estables en prácticamente los mismos intervalos de temperatura y pH, el reemplazo tecnológico del colorante sintético eritrosina por uno natural, como es el caso del pigmento rojo de gardenia, sería posible.

## Referencias:

- APHA. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Federation. Water Environmental American Public Health Association (APHA), Washington, DC, USA. Federation. Washington DC.
- Axon, A., May, F. E. B., Gaughan, L. E., Williams, F. M., Blain, P. G., & Wright, M. C. (2012). Tartrazine and sunset yellow are xenoestrogens in a new screening assay to identify modulators of human oestrogen receptor transcriptional activity. *Toxicology*, 298(1–3), 40–51. <https://doi.org/10.1016/J.TOX.2012.04.014>
- Basu, A., & Suresh Kumar, G. (2015). Thermodynamics of the interaction of the food additive tartrazine with serum albumins: a microcalorimetric investigation. *Food Chemistry*, 175, 137–142. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.11.141>
- Bateman, B., Warner, J. O., Hutchinson, E., Dean, T., Rowlandson, P., Gant, C., Grundy, J., Fitzgerald, C., & Stevenson, J. (2004). The effects of a

- double blind, placebo controlled, artificial food colourings and benzoate preservative challenge on hyperactivity in a general population sample of preschool children. *Archives of Disease in Childhood*, 89(6), 506–511. <https://doi.org/10.1136/ADC.2003.031435>
- Chequer, F. M. D., Venâncio, V. de P., Bianchi, M. de L. P., & Antunes, L. M. G. (2012). Genotoxic and mutagenic effects of erythrosine B, a xanthene food dye, on HepG2 cells. *Food and Chemical Toxicology*, 50(10), 3447–3451. <https://doi.org/10.1016/J.FCT.2012.07.042>
- Downham, A., & Collins, P. (2000). Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science & Technology*, 35(1), 5–22. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2621.2000.00373.X>
- Duff, D. G., Sinclair, R. S., & Stirling, D. (2014). LIGHT-INDUCED COLOUR CHANGES OF NATURAL DYES. <https://doi.org/10.1179/Sic.1977.020>, 161–169. <https://doi.org/10.1179/SIC.1977.020>
- Ghidouche, S., Rey, B., Michel, M., & Galaffu, N. (2013). A Rapid tool for the stability assessment of natural food colours. *Food Chemistry*, 139(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.064>
- Giménez, P. J., Angosto, J. M., & Fernández López, J. A. (2013). Bioactividad de colorantes rojos naturales - Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4230442>
- Harivaindaran, K. V., Rebecca, O. P. S., & Chandran, S. (2008). Study of optimal temperature, pH and stability of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel for use as potential natural colorant. *Pakistan Journal of Biological Sciences*: P.JBS, 11(18), 2259–2263. <https://doi.org/10.3923/PJBS.2008.2259.2263>
- Jennings, A. S., Schwartz, S. L., Balter, N. J., Gardner, D., & Witorsch, R. J. (1990). Effects of oral erythrosine (2',4',5',7'-tetraiodofluorescein) on the pituitary-thyroid axis in rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 103(3), 549–556. [https://doi.org/10.1016/0041-008X\(90\)90327-Q](https://doi.org/10.1016/0041-008X(90)90327-Q)
- Jespersen, L., Strømdahl, L. D., Olsen, K., & Skibsted, L. H. (2004). Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beverages. *European Food Research and Technology* 2004 220:3, 220(3), 261–266. <https://doi.org/10.1007/S00217-004-1062-7>
- Khan, I. S., Ali, M. N., Hamid, R., & Ganie, S. A. (2020). Genotoxic effect of two commonly used food dyes metanil yellow and carmoisine using *Allium cepa* L. as indicator. *Toxicology Reports*, 7, 370. <https://doi.org/10.1016/J.TOXREP.2020.02.009>
- Maldonado, M. B. (2021). Nuevos desafíos para la industria alimentaria y los nuevos conocimientos acerca del tercer cerebro. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(4), 92–97. <https://doi.org/10.35454/RNCM.V4N4.326>

- Maldonado, M., & González Pacheco, J. (2020). Shrinkage phenomenon in cherries during osmotic dehydration. <https://www.researchgate.net/publication/342602094>
- Maldonado, M., Zanon, M., Almanza, M., Barroso, M., Polenta, G., Denoya, G., & Sanow, C. (2016). Uso del colorante Azul Brillante en cerezas en conserva. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 22(2), 38–48. <https://doi.org/10.14642/RENC.2016.22.2.5137>
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J. O., & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet (London, England)*, 370(9598), 1560–1567. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61306-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61306-3)
- Mittal, A., Mittal, J., Kurup, L., & Singh, A. K. (2006). Process development for the removal and recovery of hazardous dye erythrosine from wastewater by waste materials—Bottom Ash and De-Oiled Soya as adsorbents. *Journal of Hazardous Materials*, 138(1), 95–105. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2006.05.038>
- Oplatomska-Stachowiak, M., & Elliott, C. T. (2015). Food Colours: Existing and Emerging Food Safety Concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 524–548. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.889652>
- Oreopoulou, V., Psimouli, V., Tsimogiannis, D., Anh, T. K., Tu, N. T. M., Uygun, U., Koxsel, H., Gokmen, V., Crews, C., Tomoskozi, S., Domotor, L., Balazs, G., Zhang, L., Liu, H., Cui, Y., Liu, B., Wenping, D., Xingguo, W., Weining, H., ... El-Nawawy, M. (2009). Assessing food additives: the good, the bad and the ugly. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 1(2), 101–110. <https://doi.org/10.1111/J.1757-837X.2009.00012.X>
- Panachiyil, G., Babu, T., Sebastian, J., & Doddaiiah, N. (2019). A pediatric case report of fixed drug eruption related to carmoisine colorant present in paracetamol syrup. *Indian Journal of Pharmacology*, 51(4), 279. [https://doi.org/10.4103/IJP.IJP\\_29\\_19](https://doi.org/10.4103/IJP.IJP_29_19)
- Razak, N. A., Tumin, S. M., & Tajuddin, R. (2011). Effect of Temperature on the Color of Natural Dyes Extracted Using Pressurized Hot Water Extraction Method. *American Journal of Applied Sciences*, 8(1), 45–49.
- Shahabadi, N., Akbari, A., Jamshidbeigi, M., & Fili, S. M. (2017). Interaction studies of copper complex containing food additive carmoisine dye with human serum albumin (HSA): Spectroscopic investigations. *Luminescence: The Journal of Biological and Chemical Luminescence*, 32(7), 1319–1327. <https://doi.org/10.1002/BIO.3328>

Suglia, S. F., Solnick, S., & Hemenway, D. (2013). Soft drinks consumption is associated with behavior problems in 5-year-olds. *The Journal of Pediatrics*, 163(5), 1323–1328. <https://doi.org/10.1016/J.JPEDS.2013.06.023>

Wang, R., Hu, X., Pan, J., Gong, D., & Zhang, G. (2019). Interaction between quinoline yellow and human serum albumin: spectroscopic, chemometric and molecular docking studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 73–82. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9144>

\* \* \*