

## ANTOCIANINAS COMO BIOSENSORES EN LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Nadya Isabel Molina-Arteaga<sup>1\*</sup> , Alisson Nicolle Toala-Zambrano<sup>1</sup> , Francisco Sánchez<sup>1</sup> ,  
Michael Aníbal Macías-Pro<sup>2,3</sup> , Ernesto Alonso Rosero-Delgado<sup>1,4</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. E-mail: [nmolina2417@utm.edu.ec](mailto:nmolina2417@utm.edu.ec), [atoala8787@utm.edu.ec](mailto:atoala8787@utm.edu.ec), [fsanchez@utm.edu.ec](mailto:fsanchez@utm.edu.ec)

<sup>2</sup>Cnrs Station Eco Theorique et Expérimentale Ariège, Francia. E-mail: [michael\\_macias\\_pro@hotmail.com](mailto:michael_macias_pro@hotmail.com)

<sup>3</sup>Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées, Université Toulouse III- Paul Sabatier, Toulouse Francia.

<sup>4</sup>Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Carrera de Biotecnología, Portoviejo, Ecuador. E-mail: [ernesto.rosero@utm.edu.ec](mailto:ernesto.rosero@utm.edu.ec)

\*Autor para la correspondencia: [nmolina2417@utm.edu.ec](mailto:nmolina2417@utm.edu.ec)

Recibido: 21-02-2022 / Aceptado: 29-03-2022 / Publicación: 01-05-2022

Editor Académico: Julio Torres 

### RESUMEN

Este estudio presenta un primer acercamiento hacia la aplicabilidad de antocianinas como biosensores en la conservación de alimentos. La materia prima utilizada fue la col morada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*); mediante una extracción sólido-líquido se lograron obtener soluciones con una concentración de antocianinas entre 45,69 y 46,71 mg Cianidina-3-glucósido/g col morada. Se evaluó el comportamiento de las antocianinas a diferentes cambios de pH (4, 6, 8, 10), presencia de etanol (5%, 9%, 13% y 16%), hidróxido de amonio (5%, 10%, 15% y 20%), y exposición a la luz (1, 24, 48 72h), así como a cambios de temperatura (4 y 30 °C); factores que pueden presentarse durante el deterioro de los alimentos. Los resultados mostraron que las antocianinas presentan sensibilidad a variaciones de pH entre 4 y 10 con absorbancias entre 0,471 y 0,126 (cambios de color entre morado y verde), a la presencia de hidróxido de amonio en concentraciones entre el 5 % y 20% con absorbancias entre 0,424 y 0,175 (cambios de color entre rosa y amarillo). El estudio demuestra la viabilidad de las antocianinas de la col morada para ser utilizadas en el desarrollo de etiquetas inteligentes las cuales permitan la detección in-situ del deterioro de un alimento envasado.

**Palabras clave:** Etiqueta inteligente, antocianinas, deterioro, envasados.

## ANTHOCYANINS AS BIOSENSORS IN FOOD PRESERVATION

### ABSTRACT

This study presents a first approach towards the applicability of anthocyanins as biosensors in food preservation. The raw material used was purple cabbage (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*); through solid-liquid extraction, solutions with anthocyanin concentration between 45.69 and 46.71 mg Cyanidin-3-glucoside/g purple cabbage were obtained. The

behavior of anthocyanins was evaluated at different pH changes (4, 6, 8,10), presence of ethanol (5%, 9%, 13% and 16%), ammonium hydroxide (5%, 10%, 15 % and 20%), and exposure to light (1, 24, 48, 72h), as well as changes in temperature (4 and 30 °C); factors that may appear during food spoilage. The results showed that anthocyanins are sensitive to pH variations between 4 and 10 with absorbances between 0.471 and 0.126 (color changes between purple and green), to the presence of ammonium hydroxide in concentrations between 5% and 20% with absorbances between 0.424 and 0.175 (color changes between pink and yellow). The study demonstrates the feasibility of purple cabbage anthocyanins to be used in the development of smart labels which allow in-situ detection of the deterioration of a packaged food.

**Keywords:** Smart label, anthocyanins, spoilage, packaged.

## ANTOCIANINAS COMO BIOSSENSORES NA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

### RESUMO

Este estudo apresenta uma primeira abordagem para a aplicabilidade das antocianinas como biossensores na conservação de alimentos. A matéria-prima utilizada foi o repolho roxo (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*). Por meio de extração sólido-líquida foram obtidas soluções com concentração de antocianinas entre 45,69 e 46,71 mg de Cianidina-3-glicosídeo/g de repolho roxo. O comportamento das antocianinas foi avaliado em diferentes variações de pH (4, 6, 8,10), presença de etanol (5%, 9%, 13% e 16%), hidróxido de amônio (5%, 10%, 15% e 20%) e exposição à luz (1, 24, 48, 72h), bem como mudanças de temperatura (4 e 30 °C), fatores que podem ocorrer durante a deterioração dos alimentos. Os resultados mostraram que as antocianinas são sensíveis a variações de pH entre 4 e 10 com absorbâncias entre 0,471 e 0,126 (mudança de cor entre roxo e verde), à presença de hidróxido de amônio em concentrações entre 5% e 20% com absorbâncias entre 0,424 e 0,175 (mudança de cor entre rosa e amarelo). O estudo demonstra a viabilidade das antocianinas do repolho roxo para serem utilizadas no desenvolvimento de rótulos inteligentes que permitam a detecção in loco da deterioração de um alimento embalado.

**Palavras chave:** Smart label, antocianinas, deterioração, embalados.

Citaci3n sugerida: Molina, N., Toala, A., Rosero, E., S3nchez, F., Macias, M. (2022). ANTOCIANINAS COMO BIOSSENSORES EN LA CONSERVACI3N DE ALIMENTOS. Revista Bases de la Ciencia, 7(2), 15-32. DOI: <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i2.4449>



## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación de alimentos empacados es causada por muchos factores físicos, químicos y biológicos; debido a esto varios cambios perjudiciales pueden darse en los alimentos, durante el transporte o la exposición en percha de los mismos; sin embargo, pequeñas alteraciones en la calidad del alimento no pueden ser detectadas a simple vista por los consumidores, por tal razón se hace necesario la aplicación de un sistema que permita la valoración in situ de la calidad de un alimento envasado (Musso, 2017).

En la actualidad en vista de la necesidad de conocer la inocuidad de los alimentos directamente en las estanterías o perchas, se han desarrollado estrategias como la aplicación de etiquetas activas o inteligentes para controlar la calidad de los alimentos envasados (Fresnillo, 2017). De la misma manera, la tendencia de los consumidores a utilizar ingredientes naturales como los pigmentos, ha proporcionado la base para su aplicación en la industria alimentaria, incluido el envasado de alimentos y el desarrollo de etiquetas inteligentes (Alizadeh-Sani et al., 2020).

Los pigmentos naturales como antocianinas, son compuestos bioactivos polifenólicos glicosilados con una gama de colores que van desde el naranja, rojo, violeta hasta el azul; su color se ve afectado por factores como pH, temperatura, presencia de enzimas, radiación UV, pigmentación y presencia de oxígeno (Roy & Rhim, 2021). La característica de cambio de color de este pigmento puede resultar de utilidad como indicador de la presencia de sustancias contaminantes producidas durante el deterioro de los alimentos, ejemplo de esto es la variación de color de azul a púrpura en presencia de dióxido de carbono (Salui & Della, 2018); cambio de púrpura a blanco en presencia de amoníaco acuoso y gaseoso (UI haq et al., 2021), de la misma manera pueden detectar las variaciones de pH como lo informan (Tang et al., 2019).

Las propiedades que presentan las antocianinas, las convierte en un compuesto de interés para su estudio en la aplicación de biosensores o etiquetas inteligentes, debido a que la estabilidad y sensibilidad de estos compuestos a presencia de determinadas sustancias o factores pueden influir directamente sobre la intensidad del color de las mismas. En esta investigación se evalúa el comportamiento de estos pigmentos, sometiéndose a diversas variaciones de pH, cambios de temperatura, exposición a luz, presencia de etanol y presencia de hidróxido de amonio, condiciones que pueden presentarse durante el almacenamiento y transporte de alimentos envasados.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Preparación de la muestra

Se utilizó col morada (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) como materia prima. Para la extracción de antocianinas; se tomaron hojas en buen estado, las cuales fueron lavadas, cortadas y finalmente secadas por 210 minutos a 45°C (Rodríguez-Basantes et al., 2019).

## 2.2. Extracción

La obtención de antocianinas de col morada se realizó mediante extracción sólido-líquido utilizando metanol como solvente según lo establecido por (Páez-Cartaya et al., 2018). Se utilizaron 23,0 g de col seca y 200 mL de metanol concentrado, a una temperatura de 50°C durante un período de 6 horas. Una vez obtenido el extracto antociánico, este se filtró (tamaño del poro 125 mm) para posteriormente llevarlo a rotavaporación y obtener concentrado antociánico libre de solvente, el cual fue almacenado a temperatura ambiente en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio.

## 2.3. Cuantificación de antocianinas

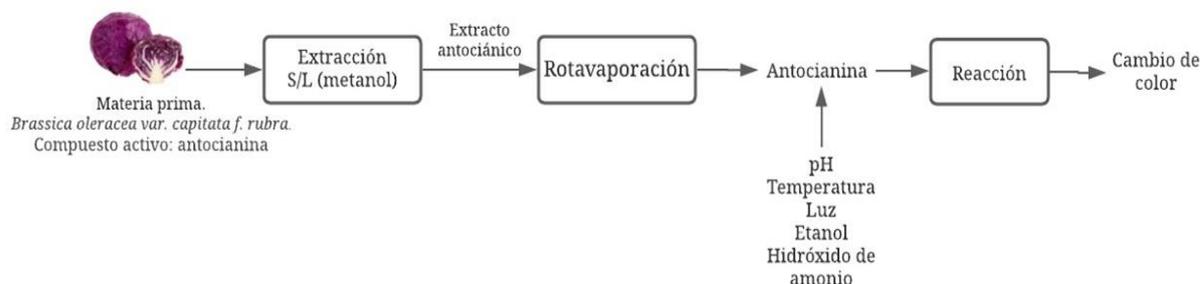
La cuantificación de antocianinas se desarrolló siguiendo la metodología descrita por (Maltabar,2020) empleando el método de pH diferencial utilizando soluciones buffer de cloruro de potasio y acetato de sodio a pH 1 y 4,5 respectivamente. La intensidad del color se evaluó en un espectrofotómetro (*Génesis 180*), a longitudes de onda entre 540 y 700 nm (Bustos & Betancourt, 2020). El contenido total de antocianinas (At) presentes en la col morada se calculó mediante la ecuación 1.

$$At(mg/l) = (Aneta \times M \times FD \times 1000) / (\epsilon \times l) \quad (1)$$

(Meza, 2019; Zhang et al, 2020; Ludeña Anyosa et al., 2019)

## 2.4. Diagrama de flujo

En la **figura 1**, se observa el procedimiento a seguir para evaluar la estabilidad de antocianinas de la col morada.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la obtención y posterior evaluación de color de las antocianinas de la col morada.  
**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.5. Estabilidad de color de antocianinas:

Se evaluó la estabilidad del pigmento realizando ensayos por triplicado para cada una de los parámetros detallados en la **tabla 1**, considerando las reacciones que ocurren durante el deterioro de los alimentos empacados cuando son sometidos a diferentes condiciones de conservación y transporte.

**Tabla 1.** Parámetros seleccionados para evaluar la estabilidad de antocianinas.

| Parámetro           | Niveles evaluados |      | Factor  | Alimento  | Referencia  |
|---------------------|-------------------|------|---|---|---|
| pH                  | 4                 | 10   | Reacciones bioquímicas generadas por la proliferación de microorganismos, produciendo ácido láctico.                | Yogurt, carnes, pollo y mariscos  | (González,2020)                                   |
| Temperatura         | 4 °C              | 30°C | El aumento de temperatura promueve el desarrollo de bacterias las cuáles a su vez inducen a reacciones bioquímicas. | Hortalizas, leche, pescado  | (Velásquez,2017; Serrano, 2020)                   |
| Luz                 | + 60              | min  | Los alimentos sensibles a la luz sufren reacciones de oxidación.  | Aceites y vegetales   | (Otálora et al,2018;Sevilla-Asencio et al., 2013) |
| Etanol              | 5%                | 16%  | Reacciones químicas o enzimáticas de reducción y oxidación produciendo alcoholes                                    | Mermeladas y jugos de frutas.   |   |
| Hidróxido de amonio | 5%                | 20%  | Reacciones de oxidación en alimentos ricos en proteínas, produciendo amoníaco.                                      | Embutidos, camarones empacados, rodajas de cerdo y mariscos en conserva | (Al-Qahtani et al,2021; Haq et al., 2021)         |

**Fuente:** elaboración propia.

## 2.6. Determinación del cambio de color

La evaluación cuantitativa del cambio de color se realizó a partir de los extractos obtenidos con un factor de dilución 1/10, utilizando un espectrofotómetro UV-VIS. Se determinó la absorbancia de las antocianinas de la col morada a una longitud de onda de 540 nm, puesto que según (Aguilera et al., 2011), en la medición espectrofotométrica de antocianinas la absorción máxima se da entre 520-540 nm en la región visible.

**pH:** La solución antociáninica fue evaluada desde pH 1 hasta pH 14 utilizando HCl y NaOH, ajustando las normalidades hasta llegar al pH requerido, y observar las variaciones de absorbancia y cambio de color para cada pH. Para estudiar el cambio de color de las soluciones antocianinicas durante mayor tiempo, se escogieron los pH 4, 6, 8 y 10 midiendo la absorbancia y observando el color cada cinco minutos, hasta llegar a 40 min.

**Temperatura:** Para evaluar el efecto de la temperatura sobre el color de las antocianinas de la col morada, se sometieron las soluciones a dos temperaturas: 30°C y 4°C. Para la temperatura de 30°C se colocaron los tubos de ensayos (con solución antociánica) en una estufa y para 4°C se ubicaron los tubos dentro de una nevera. El cambio de color se estudió durante 300 min, cuantificando la absorbancia cada 30 min y observando si existe un cambio visible de color para cada una de las temperaturas.

**Luz:** Los tubos de ensayo que contenían las soluciones antociáninicas fueron expuestos a luz UV en una cámara de flujo laminar durante 90 min comparando las variaciones de los valores de absorbancia y cambios de color con aquellas soluciones que se encontraban sin exposición a la luz cubiertas en papel aluminio.

**Etanol:** Concentraciones de etanol de 5%,9%,13% y 16% se añadieron a las soluciones antociánicas para estudiar el efecto de la presencia de etanol sobre el color de las antocianinas. El tiempo en el que el etanol y las soluciones antociánicas estuvieron en contacto fue de 40 min mientras se cuantificó la absorbancia cada cinco minutos y a la vez se observaba si existía variaciones en la coloración de las soluciones.

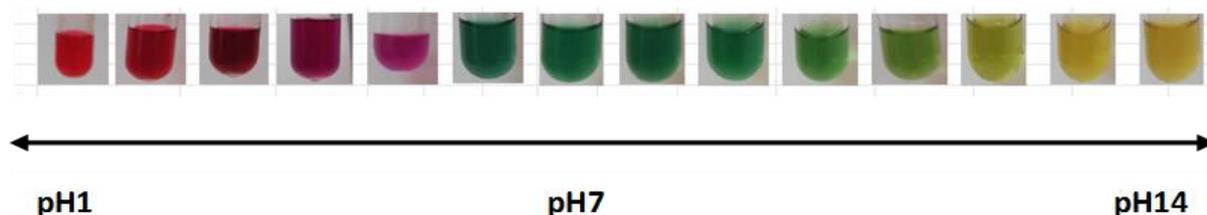
**Hidróxido de amonio:** Para estudiar el efecto que tiene este compuesto en la coloración de las antocianinas de la col morada, se añadió hidróxido de amonio a concentraciones de 5%,10%,15% y 20% en las soluciones antociánicas, observando si existe algún efecto sobre la coloración y absorbancia de las soluciones, para esto se analizaron las soluciones cada cinco minutos durante un período de 40 min.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

Como se observa en la **figura 2**, el extracto antociánico inicialmente se encontraba a un pH 3 (rojo oscuro), al reducir el pH a 2 y 1, este presentó tonalidades rojas más intensas, mientras que al aumentar el pH desde 3 a 14, las tonalidades varían desde rojo oscuro seguido de tonalidades violetas y verdes hasta llegar a tonalidades amarillas. Según (Martínez, 2018) el cambio de color se debe a

la conversión del catión flavilo en estructuras secundarias; A pH entre 1,0 y 3,0 la especie predominante es el catión flavilo (rojo) (Roy & Rhim, 2021), a pH 4 y 6 se presenta la estructura azul-anhídrica (violeta) y a valores de pH >7 se observan especies chalconas amarillas (verde-amarillo) (Pacheco Llamocca, 2019).



**Figura 2.** Cambio de color de las soluciones antociánicas desde pH 1 hasta pH 14.

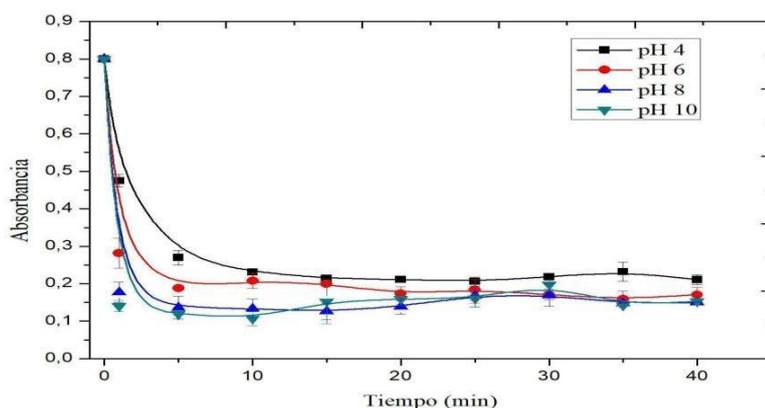
**Fuente:** Elaboración propia

Los pH seleccionados (4, 6, 8 y 10) se encuentran en función del intervalo óptimo al cual se encuentran algunos alimentos empacados como queso, embutidos, carnes y productos lácteos; según (Purata & Margarita, 2019), en lo que respecta a seguridad alimentaria el pH 4 es un valor muy importante ya que se utiliza para clasificar los alimentos en diferentes categorías en función de sus riesgos de salud alimentaria. Además (Clayton, 2017) menciona que las regulaciones federales y estatales sobre alimentos establecen que un producto estable a temperatura ambiente, no necesita refrigeración o no es sometido a un tratamiento de calor, debe tener un nivel de un pH natural de 4,6 o menos.

En la **figura 3** se puede observar el efecto que tiene el pH sobre el color de las antocianinas evaluado en función de la absorbancia. Se observa que mientras mayor sea el pH al cual se encuentra el extracto antociánico, mayor será la reducción de la absorbancia durante el primer minuto. Mediante esto, se puede evidenciar que a pH 4 la absorbancia de la antocianina se reduce de 0,8 a 0,47 es decir un 33 %. Además, a este pH existe un cambio en la coloración que va de rojo a púrpura, en cuanto a los niveles de pH 6, 8 y 10, la absorbancia de la antocianina disminuye de 0,8 a 0,27; de 0,8 a 0,19 y de 0,8 a 0,14 con un cambio en la coloración visible de verde a amarillo. A partir de los diez minutos de reacción, la concentración de la antocianina presenta una relativa estabilidad.

Por otro lado, el pH tiene efecto sobre la coloración de los extractos antociánicos de la col morada, mostrando cambio de color de rojo a violeta en medio ácido, mientras que en medio básico muestra coloraciones que van desde verde oscuro hasta amarillo, coincidiendo con lo presentado por (Roy & Rhim, 2021). Según (Tang et al., 2019), las variaciones en el color se deben a la formación de un catión flavilo en medio ácido y a la conversión del catión flavilo en base quinoidal en medio básico. (Cormier et al, 2020) menciona que esto es debido a la pérdida de protones que existe al modificarse

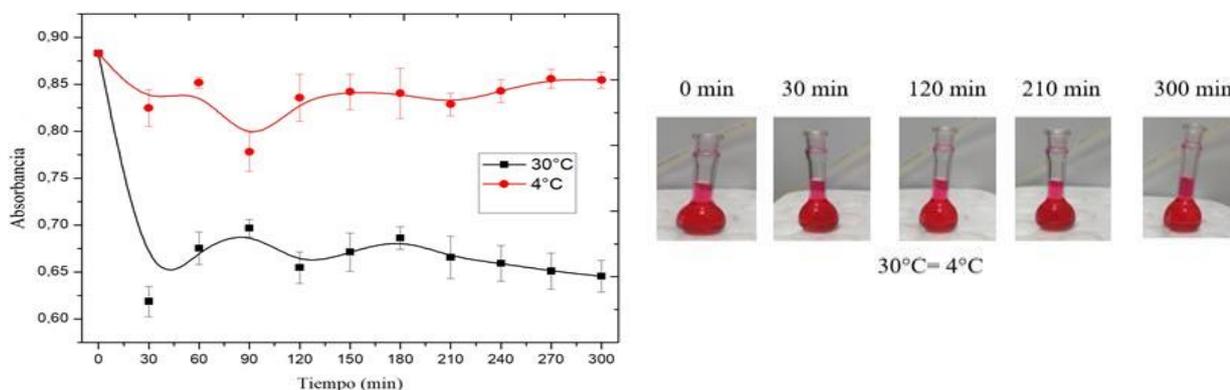
el pH, donde se forman especies quinonoides púrpuras o verdes en las soluciones de antocianina, sin embargo, (Wahyuningsih et al., 2017) atribuye este comportamiento a la existencia de grupos aromáticos en pH alcalinos. Esta característica podría resultar útil para detectar variaciones de pH y controlar activamente el pH de alimentos como yogurt, queso, pollo, carnes y embutidos.



**Figura 3.** Efecto del cambio de pH sobre la coloración de los extractos antociánicos.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. Influencia de la temperatura en el color de las antocianinas

La degradación de color por la influencia de la temperatura en los extractos antociánicos fue estudiada a 4°C y 30°C, en un intervalo de tiempo de 30 a 300 min, observándose en la **figura 4** que a estas temperaturas no se genera un cambio visible en la coloración del extracto antociánico; sin embargo, sí existen variaciones en los valores de absorbancia. A partir de los resultados obtenidos, se observa que la degradación de antocianinas en función de la absorbancia aumentó con el incremento de la temperatura, como se observa en la experiencia de calentamiento (30°C) mientras que en temperaturas de almacenamiento (4°C) la variación de la absorbancia es menor.



**Figura 4.** Efecto del cambio de temperatura sobre la coloración de las soluciones antociánicas.  
**Fuente:** Elaboración propia

De esta manera a 30 °C, durante los primeros 30 min el valor de la absorbancia fue de 0,618. A los 120 min fue de 0,655, a los 210 min fue 0,665, finalmente a 300 min la absorbancia tuvo un valor de 0,645. Los resultados a esta temperatura se acercan a lo obtenido por (Kechinski et al., 2010), quien obtuvo variaciones en los valores de la absorbancia, tanto durante el tratamiento térmico, como el de almacenamiento.

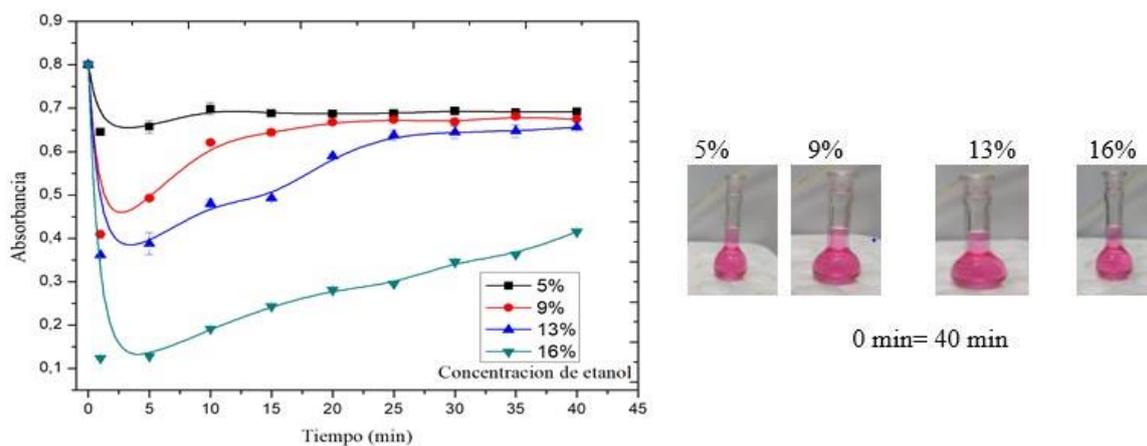
Por otro lado, a temperatura de 4°C durante los primeros 30 minutos la absorbancia fue de 0,824, a los 120 min el valor de la absorbancia fue de 0,836. A los 210 min fue de 0,828 y para los 300 min fue de 0,855; lo cual se puede deber, a que existen también efectos positivos de la temperatura en las antocianinas que oscilan en un rango de 0°C a 15°C; donde a mayor tiempo de almacenamiento existe un aumento en la concentración de antocianinas como lo menciona (Blanco, 2014).

La razón por la que las antocianinas no mostraron variaciones en su coloración a las temperaturas indicadas es justificada por (Giusti & Wrolstad, 2001), quien reporta que, durante el almacenamiento en refrigeración, no existe una degradación rápida en la coloración. Por otro lado, se puede observar que la mayor estabilidad de las antocianinas es a 4 °C, concordando con lo obtenido por (Aguilera Ortíz, 2009), quien evaluó la estabilidad de las antocianinas de higo morado y muestra que la mayor estabilidad de antocianinas se presenta a 4 °C.

Sin embargo (Liu et al., 2018), menciona que a temperaturas superiores a 60 °C existe mayor degradación, por la cual se presenta un cambio de color que va de rosado a transparente, por la formación de chalconas incoloras. Por otra parte, las bajas temperaturas contribuyen a la conservación de extractos antociánicos, coincidiendo con lo reportado por (Burga & Dueñas, 2020), quienes señalaron en su estudio que la temperatura de degradación más baja de antocianinas fue a 2°C.

### **3.3. Influencia del etanol en el color de las antocianinas**

La **figura 5** muestra que no existe cambio de color en las soluciones antociánicas, sin embargo, existe variaciones en la absorbancia, por consiguiente, al utilizar una concentración de etanol al 16% la absorbancia promedio cambió desde 0,800 a 0,123 durante el primer minuto; mientras que al utilizar etanol al 13% la variación es de 0,800 a 0,361. Al transcurrir cinco minutos la variación no fue significativa en ambos casos; a los 10 min el valor de la absorbancia es de 0,800 a 0,191 para etanol al 16 % y de 0,800 a 0,4863 para etanol al 13%. A partir de este tiempo los valores medios aumentaron y al llegar a los 40 min se obtuvo una variación de 0,800 a 0,415 con 16% de etanol y de 0,800 a 0,656 con 13 % de etanol.



**Figura 5.** Efecto de la presencia de etanol sobre la coloración de los extractos antociánicos.

**Fuente:** Elaboración propia.

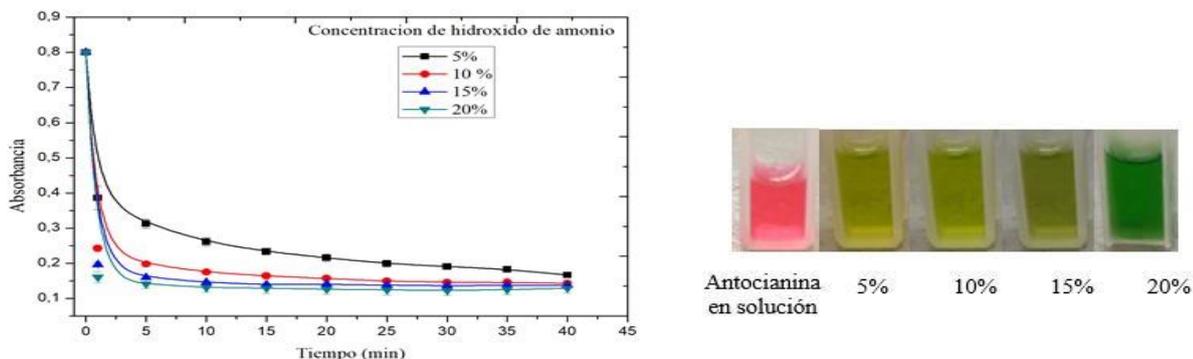
A menor concentración de etanol se observa menor reducción de absorbancia en el primer minuto, de este modo para etanol al 9% hay una variación de 0,800 a 0,409 y para etanol al 5% de 0,800 a 0,645. Durante los siguientes cinco minutos se observa que los valores de absorbancia pasan de 0,800 a 0,491 y de 0,800 a 0,657 respectivamente. Finalmente, a 40 min existe una variación de 0,800 hasta 0,674; en cada una de las concentraciones de etanol utilizadas se muestra un decaimiento en la absorbancia durante los primeros minutos, para posteriormente incrementar a medida que transcurre el tiempo, esto según (Zapata, 2014 & Nour et al,2013) se debe que el etanol produce un rápido deterioro de antocianinas durante los primeros minutos, después existe una reacción de equilibrio entre la antocianina y el solvente, por ende, los valores de absorbancia de antocianina empiezan a aumentar hasta tomar valores casi constantes.

Las concentraciones de etanol evaluadas en las soluciones antociánicas de la col morada no mostraron influencia en su coloración, por tal razón no es útil para detectar activamente la presencia de etanol en los alimentos; sin embargo, (Kereamy et al, 2002) manifiesta que la presencia de mayores concentraciones de etanol disminuye los fenómenos de copigmentación, que pueden disminuir la intensidad del color de las antocianinas. Por otro lado, (Badui-Dergal, 2016) menciona que esta mezcla produce un incremento en la absorbancia a una longitud de onda visible y un desplazamiento a longitudes de onda mayores del máximo de absorbancia en el espectro de absorción de la luz.

### 3.4. Influencia del hidróxido de amonio en antocianinas

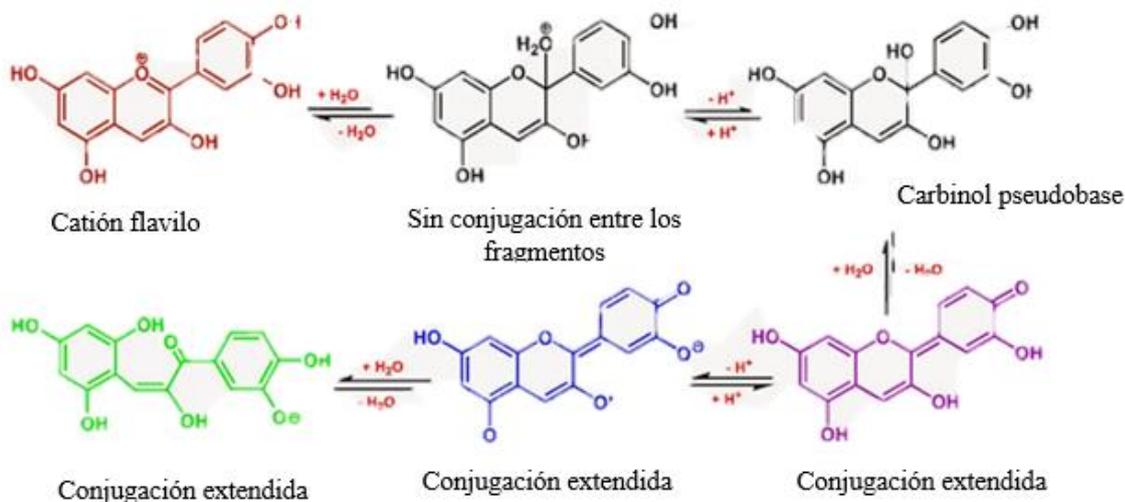
La influencia del hidróxido de amonio en las antocianinas resulta en un cambio visible de color, de rosa al amarillo y posteriormente a verde, con relación al aumento de concentración (5%, 10%, 15% y 20%). Además, como se muestra en la **Figura 6**, con 5% de hidróxido de amonio el cambio de la absorbancia entre 1 a 40 min es de 0,386 a 0,166 equivalente a un 22% y con un contenido de 10 %

de este compuesto, en el mismo periodo de tiempo varía de 0,242 a 0,143 (9,9%). Así mismo, con un contenido de hidróxido de amonio de 15 %, el valor de la absorbancia oscila desde 0,196 a 0,137 y, a una concentración de 20% de este compuesto, el valor de la absorbancia es de 0,160 a 0,129.



**Figura 6.** Efecto de la presencia de hidróxido de amonio sobre la coloración de las soluciones antociánicas.  
**Fuente:** Elaboración propia

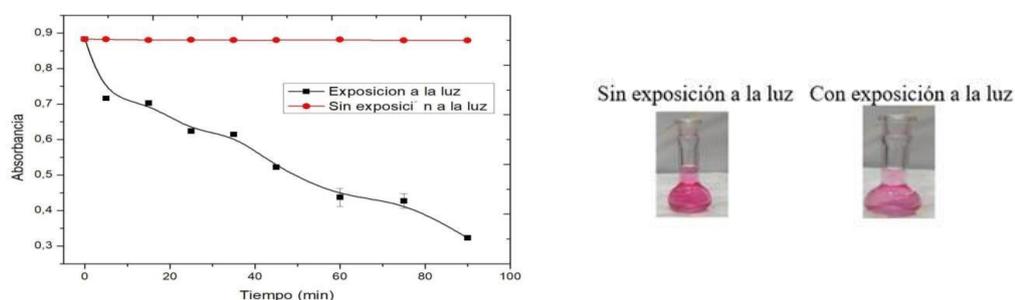
Este cambio visible de color, coincide con lo manifestado por (Alizadeh et al, 2020) y (Niu, et al, 2021), quienes en su estudio reportan que en presencia de compuestos nitrogenados la antocianina cambia de rosa a verde pálido y amarillo. Según lo informado por (Hidalgo Carlosama, 2021), esto se debe a que las moléculas de amonio desprotonan la molécula de antocianina como se observa en la **figura 7**, lo que permite que las antocianinas de la col morada puedan detectar activamente la presencia de compuestos nitrogenados generados en el deterioro de alimentos como embutidos, camarones, rodajas de cerdo y mariscos en conserva.



**Figura 7.** Desprotonación de la molécula de antocianina.  
**Fuente:** (Espino, 2014)

### 3.5. Influencia de la luz

La luz es uno de los factores que tienen un claro efecto en la degradación de las antocianinas. El cambio en la coloración va desde un rosa intenso a un rosa pálido, este cambio se refleja además en los valores de absorbancia tal como puede observarse en la **Figura 8**, donde en los primeros 5 min el valor de la absorbancia es de 0,72, y a los 15 min 0,703. Posteriormente a los 25 min en presencia de luz este valor es de 0,62 y a los 45 min la absorbancia es de 0,52; al transcurrir los 90 min este valor disminuye a 0,32. Por el contrario, sin presencia de luz, los valores se mantuvieron entre un rango de 0,879 y 0,883, mostrando valores constantes a lo largo de este periodo de tiempo. Por lo que, mientras mayor sea el tiempo en que se encuentren las antocianinas en presencia de la luz, mayor será su degradación.



**Figura 8.** Efecto de la luz sobre la coloración de las soluciones antocianínicas.

**Fuente:** Elaboración propia

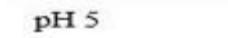
Esta degradación que tienen las antocianinas por la presencia de la luz, según manifiesta (Hurtado & Pérez, 2014) puede estar relacionada con la presencia de azúcares y proteínas que participan en reacciones de Maillard (pardeamiento enzimático) que pueden acelerar la degradación de las antocianinas. Por otro lado (Choque Mendoza & Corilla Huaman, 2015) indican que el efecto degradativo de la luz parece ser independiente de los efectos del pH y la temperatura. Además (Flores Nizama, 2020) menciona que la luz puede acelerar algunos cambios fotoquímicos, ocasionando eventualmente la degradación de la antocianina hasta la forma chalcona. Aunque el cambio de color no muestra ser significativo se logra ver una diferencia en la intensidad de color cuando la solución está expuesta a la luz, esto puede ser útil para controlar el estado de los alimentos que son altamente sensibles a la luz como es el caso de aceites, vegetales, donde el efecto de la luz puede llegar a acelerar las reacciones de oxidación y deterioro.

### 3.6. Escala de detección de variaciones de pH para alimentos empacados.

La **tabla 2** muestra la variación de color de las soluciones antocianínicas en función de los cambios de pH que pueden darse en alimentos que se encuentran empacados, esto implica que la antocianina

detecta una variación de pH y la traduce en un cambio de color, indicando activamente la inocuidad del alimento en las estanterías.

**Tabla 2.** Variación de color de la antocianina por la influencia de pH

| Alimento  | Buen estado   | Mal estado  |
|---|---|---|
| <br>Yogurt y mermelada | <br>pH 3   | <br>pH 5   |
| <br>Carnes y queso     | <br>pH 5   | <br>pH 8   |
| <br>Leche y derivados  | <br>pH 7   | <br>pH 5   |
| <br>Jugo de frutas     | <br>pH 3   | <br>pH 5   |
| <br>Pan               | <br>pH 5 | <br>pH 3 |

Fuente: Elaboración propia

#### 4. CONCLUSIONES

Mediante este estudio se determinó que la influencia del pH en las antocianinas es útil para detectar activamente el deterioro de productos como: lácteos, carnes, aves de corral y mariscos. Además, la presencia de compuestos amoniacaes puede ser percibidos por las antocianinas durante la descomposición de embutidos, camarones empacados, rodajas de cerdos y mariscos en conserva. El estudio del efecto de la luz resultó conveniente para poder determinar que las antocianinas son útiles para controlar el estado de los alimentos que son sensibles a la luz como es el caso de aceites, vegetales, donde el efecto de la luz puede llegar a acelerar las reacciones de oxidación. Por otro lado, se logró determinar que, a temperaturas de 4 °C y 30°C, la antocianina no es útil para el desarrollo de una etiqueta inteligente, pues no existe cambios visibles en la coloración que nos indique que el alimento ha sufrido una alteración en su cadena de frío. De la misma manera no se observa influencia del etanol en el color de las antocianinas.

La antocianina extraída de la col morada (*Brassica oleracea var. capitata*) muestra sensibilidad a cambios de pH, hidróxido de amonio y luz, ocasionando cambios visibles de color acompañado de variaciones en sus valores de absorbancia. En vista de esta característica, las antocianinas pueden resultar eficaces para el desarrollo de un biosensor, útil en la conservación de alimentos, permitiendo así la detección in-situ del deterioro de un alimento envasado.

## 5. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS DE LOS AUTORES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## 6. REFERENCIAS

- Aguilera Ortíz, M. (2009). Caracterización y estabilidad de las antocianinas de higo *Ficus carica* variedad Misión, cultivado en ciudad Lerdo Durango, México [PhD Thesis]. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Aguilera-Otíz, M., Reza-Vargas, M. del C., Chew-Madinaveita, R. G., & Meza-Velázquez, J. A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Biocencia*, 13(2), 16-22. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>
- Alizadeh-Sani, M., Mohammadian, E., Rhim, J.-W., & Jafari, S. M. (2020). PH-sensitive (halochromic) smart packaging films based on natural food colorants for the monitoring of food quality and safety. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 93-144.
- Al-qahtani, s. D., alzhairani, h. K., azher, o. A., owidah, z. O., abualnaja, m., habeebullah, t. M., & elmetwaly, n. M. (2021). Immobilization of anthocyanin-based red-cabbage extract onto cellulose fibers toward environmentally friendly biochromic diagnostic biosensor for recognition of urea. *Journal of environmental chemical engineering*, 9(4), 105493. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105493>
- Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación.
- Blanco, N. (2014). Evaluación de métodos no térmicos sobre la estabilidad de las antocianinas del miz morado (*Zea Mays L.*) frente a temperatura de pasteurización. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/3576>
- Burga Ordoñez, I. K., & Dueñas Martínez, K. (2020). Evaluación de la estabilidad de antocianinas en la pulpa base de sauco (*Sambucus peruviana* H. B. & K.) durante el almacenamiento a diferentes PHS y temperaturas.
- Bustos, A. L. L., & Betancourt, A. P. M. (2020). Estabilidad y desempeño del colorante antocianico en yogur natural. *Revista de Investigación*, 13(1), 33-44.
- Choque Mendoza, S. L., & Corilla Huaman, G. P. (2015). Influencia de la temperatura del aire de entrada y la concentración de maltodextrinas en la humedad final y contenido de antocianinas en el secado por atomización de las flores del Mastuerzo (*Tropaeolum majus L.*). Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1229>
- Clayton, k. (2017). *Métodos para la conservación de alimentos*. 6
- Cormier, F., Brion, F., Do, C. B., & Moresoli, C. (2020). Desarrollo de estrategias de proceso para la producción de colorantes alimentarios a base de antocianinas utilizando cultivos celulares de *Vitis vinifera*. En *Metabolismo secundario del cultivo de células vegetales*.

- Espino, G. (2014, enero 28). UBUScientia: Antocianinas, los otros pigmentos del reino vegetal. UBUScientia.<http://ubuscientia.blogspot.com/2014/01/antocianinas-los-otros-pigmentos-del.html>
- Flores Nizama, M. N. (2020). Uso de las antocianinas en la alimentación de gallinas de postura. Universidad Científica del Sur. <https://doi.org/10.21142/tb.2020.1309>
- Fresnillo, d (2017). Envasado inteligente. Tecnología de los alimentos. [Http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/67233](http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/67233)
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UVvisible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*, 1, F1-2.
- González, c. A. M. (2020). Revisión de literatura: biopelículas a base de quitosano como potencial aplicación en empaque de alimentos. 34.
- Haq, S. U., Aghajamali, M., & Hassanzadeh, H. (2021). Cost-effective and sensitive anthocyanin-based paper sensors for rapid ammonia detection in aqueous solutions. *RSC Advances*, 11(39), 24387-24397.
- Hidalgo Carlosama, L. M. (2021). Análisis de la producción de bioplástico a partir de almidón de papa solanum tuberosum l. Con antocianinas de repollo morado brassica oleracea, como potencial indicador de senescencia de productos acuícolas, con enfoque en seguridad alimentaria- Gad Ibarra de papa solanum tuberosum l. Con antocianinas de repollo morado brassica oleracea, como potencial indicador de senescencia de productos acuícolas, con enfoque en seguridad alimentaria— GAD Ibarra. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11524>
- Hurtado, N. H., & Pérez, M. (2014). Identificación, Estabilidad y Actividad Antioxidante de las Antocianinas Aisladas de la Cáscara del Fruto de Capulí (*Prunus serótina* spp capuli (Cav) Mc. Vaug Cav). *Información tecnológica*, 25(4), 131-140. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400015>
- Kechinski, C. P., Guimarães, P. V. R., Noreña, C. P. Z., Tessaro, I. C., & Marczak, L. D. F. (2010). Degradation kinetics of anthocyanin in blueberry juice during thermal treatment. *Journal of food science*, 75(2), C173-C176.
- Kereamy, A., Chervin, C., Souquet, J.-M., Moutounet, M., Monje, M.-C., Nepveu, F., Mondies, H., Ford, C. M., van Heeswijk, R., & Roustan, J.-P. (2002). Ethanol triggers grape gene expression leading to anthocyanin accumulation during berry ripening. *Plant Science*, 163(3), 449-454. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00142-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00142-5).
- Liu, Y., Tikunov, Y., Schouten, R. E., Marcelis, L. F. M., Visser, R. G. F., & Bovy, A. (2018). Anthocyanin Biosynthesis and Degradation Mechanisms in Solanaceous Vegetables: A Review. *Frontiers in Chemistry*, 6. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fchem.2018.00052c>
- Ludeña Anyosa, F. J., Gutiérrez Reyes, R. M., Palomino Eguiluz, L. R., & Rojas Castro, E. O. (2019). Obtención de extracto de antocianinas con capacidad antioxidante a partir del descarte de exportación de arándanos para ser utilizado como colorante en la industria alimentaria.
- Maltabar, Y. (2020). Extracción y cuantificación de antocianinas por método de pH diferencial. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9223>
- Martínez, n. (2018). Análisis de características diferenciales entre antocianinas y betacianinas en extractos de plantas mediante pruebas de color. *Ambiociencias*, 38-48. <https://doi.org/10.18002/ambioc.v0i16.5754>
- Meza Fabian, G., & Molina Poma, D. D. (2019). Deterinación, aislamiento y caracterización de antocianinas (*Solanum Tuberosum* L.). Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5980>
- Musso, Y. S. (2017). Desarrollo de películas proteicas para el envasado activo e inteligente de alimentos [PhD Thesis]. Universidad Nacional de La Plata.

- Niu, X., Wang, W., Kitamura, Y., Wang, J., Sun, J., & Ma, Q. (2021). Design and characterization of bio-amine responsive films enriched with colored potato (Black King Kong) anthocyanin for visual detecting pork freshness in cold storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4659-4668. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01040-3>
- Nour, v., stampar, f., veberic, r., & jakopic, j. (2013). Anthocyanins profile, total phenolics and antioxidant activity of black currant ethanolic extracts as influenced by genotype and ethanol concentration. *Food chemistry*, 141(2), 961-966. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.105>
- Otálora, I. J., garcía torres, a. M., medina vargas, o. J., & rojas morales, c. I. (2018). Photoactive biofilms: packaging materials in oxidation sensitive foods. *Revista u.d.c.a actualidad & divulgación científica*, 21(2), 457-466. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1080>
- Pacheco Llamocca, C. E. (2019). Influencia de la temperatura y el Ph en la estabilidad de las antocianinas de los frutos de zarzamora (*rubus urticifolius* poir.). Repositorio Institucional - UNAJMA. <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/123456789/571>
- Páez-cartaya, i., rodríguez-sánchez, j. L., & cruz-viera, l. (2018). Optimización de la extracción de antocianinas de hibiscus sabdariffa l. Y su caracterización cromática: optimization of extraction of anthocyanins from hibiscus sabdariffa l. And its chromatic characterization. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 28(2), 17-21.
- Purata, D. A., & Margarita, F. (2019). Películas para recubrimiento de alimentos base pectina, alginato y quitosano. <http://200.188.131.162:8080/jspui/handle/123456789/395>
- Rodríguez-Basantes, A. I., Esparza-Bonilla, C. J., & Huacho-Chávez, I. F. (2019). Obtención de antocianinas de la Brassica oleracea var. Capitata para el uso en alimentos. *Dominio de las Ciencias*, 5(1), 652-666.
- Roy, s., & rhim, j.-w. (2021). Anthocyanin food colorant and its application in ph-responsive color change indicator films. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(14), 2297-2325. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1776211>
- Salui, F., & Della Pergola, R. (2018). Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and poly-lysine mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 258, 1117-1124. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.12.007>
- Serrano, c. (2020). Evaluación de riesgo de listeria monocytogenes en alimentos diana. <http://tauja.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/12309>
- Sevilla-Asencio, O. A., García, O. D., Oliván, L. M. G., & Martínez, L. X. L. (2013). Actividad inhibitoria sobre  $\alpha$ -glucosidasa y  $\alpha$ -amilasa de extractos acuosos de algunas especias utilizados en la cocina mexicana. *CienciaUAT*, 8(1), 42-47.
- Tang, B., He, Y., Liu, J., Zhang, J., Li, J., Zhou, J., Ye, Y., Wang, J., & Wang, X. (2019). Kinetic investigation into pH-dependent color of anthocyanin and its sensing performance. *Dyes and Pigments*, 170, 107643. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2019.107643>
- Ul haq, s., aghajamali, m., & hassanzadeh, h. (2021). Cost-effective and sensitive anthocyanin-based paper sensors for rapid ammonia detection in aqueous solutions. *Rsc advances*, 11(39), 24387-24397. <https://doi.org/10.1039/d1ra04069c>
- Velásquez, m. J. (2017). Estudio microbiológico de los alimentos preparados en el servicio de alimentación del batallón de la policía militar n° 503 –chorrillos– 2017. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/7787>
- Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M. W., Munawaroh, H., & Ramelan, A. H. (2017). The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 193, 012047. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012047>

- Zapata, L. M. (2014). Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València]. En Riunet. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/39105>
- Zhang, Y., Zhang, B., Zhang, N., & Gui, Z. (2020). Studies on the interactional characterization of preheated silkworm pupae protein (SPP) with anthocyanins (C3G) and their effect on anthocyanin stability. Food Chemistry, 326, 126904. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126904>.

### Contribución de autores

| Autor                              | Contribución   |
|------------------------------------|--|
| Nadya Isabel<br>Molina-Arteaga     | Concepción y diseño, redacción del artículo, metodología, revisión, desarrollo experimento, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información. |
| Alisson Nicolle<br>Toala-Zambrano  | Concepción y diseño, redacción del artículo, metodología, revisión, desarrollo experimento, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información. |
| Ernesto Alonso<br>Rosero-Delgado   | Diseño, Revisión, validación, redacción del artículo.  |
| Francisco Alfredo<br>Sánchez-Plaza | Diseño, Revisión, validación, redacción del artículo.  |
| Michael Aníbal<br>Macías- Pro      | Diseño, Revisión, validación, redacción del artículo.  |