

EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS PROCEDENTES DEL REPOLLO MORADO (*BRASSICA OLERACEA*) COMO INDICADOR NATURAL DE PH

EXTRACTION OF ANTHOCYANINS FROM PURPLE CABBAGE (*BRASSICA OLERACEA*) AS A NATURAL INDICATOR OF PH

Sofía Verónica Oquendo Coral¹, María Nathalia Vallejo Basante², Beatriz Elizabeth Arteaga³ Benavides³

^{1,2}Aprendiz Tecnoacademia, Línea de formación química, Tecnoacademia Túquerres, Centro Sur Colombiano de Logística Internacional, Nariño

³Facilitadora Tecnoacademia, Línea de formación Química, Tecnoacademia Túquerres, Centro Sur Colombiano de Logística Internacional, Nariño

Resumen

El propósito de este trabajo fue extraer las antocianinas del repollo morado y utilizarla como indicador natural de pH de manera cualitativa y cuantitativa en diferentes sustancias de uso cotidiano, esto con el fin de utilizar los principios de la química verde para obtener un indicador de pH de forma natural, reemplazando a aquellos de tipo sintético que son costosos, de difícil acceso y contaminan el medio ambiente.

La metodología utilizada para extraer las antocianinas fue una extracción acuosa, utilizando agua como solvente y calentando por aproximadamente 10 minutos, el indicador obtenido se almacenó en un frasco ámbar para evitar la degradación de las antocianinas y seguido de esto se determinó el pH de sustancias como bicarbonato, zumo de limón, leche, cloro, clara de huevo y agua. Los resultados de pH de estas sustancias se compararon con el que se reporta en la bibliografía, encontrándose que en el bicarbonato se presentó una desviación del 20%, mientras que en las demás sustancias fue menor al 14%.

En conclusión, las antocianinas procedentes del repollo morado funcionan como indicador natural de pH, estudios en métodos de conservación es un sistema prometedor para utilizarse en aplicaciones pedagógicas y sectores industriales como el de alimentos.

Palabras Claves: antocianinas, indicadores naturales de pH, brassica oleracea, col lombarda

Abstract

The purpose of this work was to extract anthocynins from lombard cabbage and use it as a natural indicator to identify pH qualitative and quantitative in different substances of everyday use, to use green chemistry initiatives to obtain a pH indicator naturally and replace synthetic indicators that are expensive, difficult to access and pollute the environment. The methodology used to extract the anthocyanins was an aqueous extraction, using water as a solvent and heating for about 10 minutes, subsequently the indicator was stored in an amber bottle to prevent the degradation of anthocynins and followed by this the pH of substances such as: bicarbonate, lemon juice, milk, chlorine, egg white and water was determined. The pH results of these substances were compared with that reported in the literature, in the case of bicarbonate there was a deviation of 20%, while in the other substances it was less than 14%. In conclusion, anthocynins from purple cabbage work perfectly as a natural indicator of pH. The study of methods for their conservation is a promising system to be used in pedagogical and industrial applications such as in the food sector.

Keywords: anthocyanins, natural pH indicators, brassica oleracea, lombard cabbage

Introducción

El pH es la medida de acidez o basicidad de una sustancia, su medición se realiza bajo una escala que va de 0 a 14. Las sustancias se consideran ácidas cuando están en el rango de 0 a 6, un valor de pH 7 es de carácter neutro y valores mayores a 8 se consideran alcalinas o básicas (Castillo, 2020).

Un indicador de pH es una sustancia que permite

medir el pH de un medio mediante cambios de color. Actualmente, los indicadores utilizados en el laboratorio provienen de un origen sintético, son costosos y en su producción y uso generan contaminación sobre las fuentes hídricas, siendo tóxicos para la vida acuática, animales y personas que hacen uso de este recurso, como es el caso de

la fenoltaleína en el cual, la reglamentación Europea la considera como un producto potencialmente tóxico y recomiendan la sustitución por productos menos peligrosos (Chinchón Yepes, 2016). Por lo tanto, es necesario recurrir a la química verde, la cual es la encargada de diseñar productos y procesos que disminuyen el uso y producción de sustancias peligrosas, por productos amigables con el medio ambiente y la salud humana (EPA, 2017).

Los indicadores naturales de pH son sustancias orgánicas de origen vegetal. Estos extractos se denominan antocianinas, son pigmentos hidrosolubles que se encuentran en las vacuolas de las células vegetales, especialmente en sus hojas y frutos; son responsables de brindarles el color rojo, púrpura o azul y de atracción a polinizadores; se encuentran en el repollo morado, cebolla morada, cúrcuma, pétalos de flores, entre otros (Ballesteros & Barros, 2019).

Las antocianinas se han utilizado como colorantes en la industria alimenticia, textil y en los cosméticos. La estructura general de las antocianinas, catión flavilio y base quinoidal se observa en la figura 1.

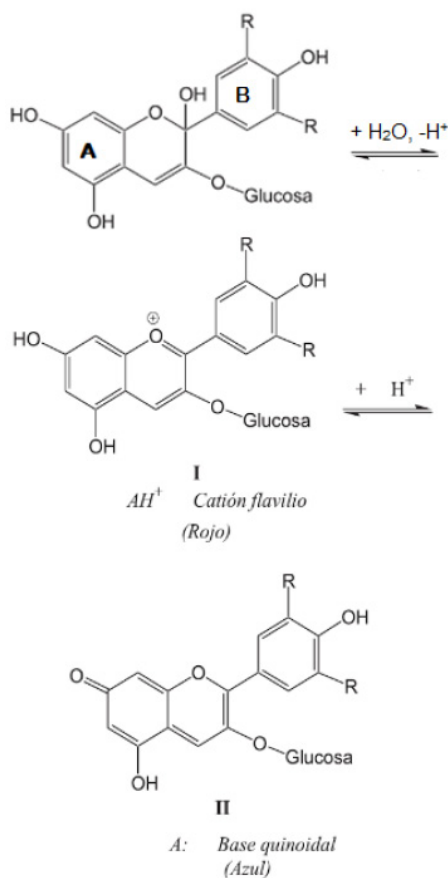


Figura 1. Estructura general y cambios estructurales de las antocianinas con respecto al pH.

Fuente: Ballesteros & Barros (2019).

En el sector de alimentos se han utilizado las antocianinas como indicadores de calidad en empaques inteligentes, es decir, elaboración de empaques biodegradables a partir de almidón, gelatina o alginato con extracto de repollo morado para detectar el deterioro de los alimentos, ya que está directamente relacionado con los cambios de pH del producto (Alves et al., 2021; Hamzah et al., 2021). Lo anterior es una excelente alternativa para que el consumidor detecte cambios en el producto.

Como indicador de pH se han utilizado en algunos laboratorios de universidades y colegios, entre ellos podemos resaltar: las antocianinas del maíz morado en la universidad del Chimborazo e Instituciones Educativas de Riobamba, Ecuador (Urquiza Cruz & Sánchez Salcán, 2019), extracción de antocianinas del rábano en la Universidad Nacional autónoma de Honduras (Bardales Martínez & Ventura, 2016), propuestas didácticas de indicadores de pH naturales en alumnos de enseñanza secundaria (Castillo, 2020); los resultados de estas investigaciones muestran que se logró identificar exitosamente el pH de las sustancias de interés. Otras investigaciones utilizaron el extracto de antocianinas del repollo morado para realizar valoraciones ácido-base y para desarrollar tiras de papel indicador, encontrándose resultados significativos a diferentes pH (Vijayanand & Khalid, 2019).

Sin embargo, las antocianinas presentan un inconveniente y es que son muy inestables y susceptibles a degradarse durante su almacenamiento, son sensibles a la luz, pH y temperatura. Ekici et al. (2014) estudiaron el efecto de la temperatura en la estabilidad de las antocianinas del repollo encontrando que a temperaturas superiores a 90°C y exposición prolongada produce la pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula, apertura del anillo e inmediatamente la formación de chalconas incoloras e inestables (ver figura 2); lo anterior significa pérdida de la capacidad de indicador de pH.

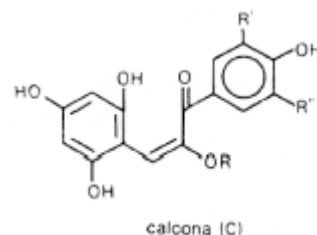


Figura 2. Estructura de Chalcona incolora e inestable.

Fuente: Garzón (2010)

Estudios realizados por Ruiz Ulric (2021) analizaron la degradación de las antocianinas, encontrando que ante una fuente de luz de 3968,30 lx se degradan en un 76% en una semana, mientras que las almacenadas en la oscuridad solo en un 29%. Además, la luz que menos las afecta es la fluorescente, seguida por la incandescente, la ultravioleta y la infrarroja.

El pH afecta la estructura y estabilidad de las antocianinas siendo los pH ácidos donde estas se conservan mejor y a valores superiores a 7 o de formas quinoidales (ver figura 1) son más inestables (Garzón, 2010).

Para mejorar la conservación de las antocianinas del repollo investigadores como Ballesteros L. y Diaz Barros (2017) agregaron diferentes sustancias como benzoato de sodio, ácido ascórbico y bisulfito de sodio, siendo este último el que obtuvo mejores resultados para prolongar la vida útil del indicador. Así mismo, realizaron titulaciones ácido-base y comparados con los indicadores de referencia como fenoltaleína y verde de bromocresol, mostraron el mismo nivel de eficiencia. Cuesta Riaño y Castro Guasca (2018) mejoraron la extracción de las antocianinas de la mora utilizando pretratamientos como microondas, ultrasónico y liofilización, mostrando que pueden ser utilizados como indicadores de pH.

Por lo anterior, la extracción y aplicación de las antocianinas son una alternativa prometedora para mitigar las consecuencias medioambientales generadas por la elaboración y consumo de productos de origen sintético, además de que son económicos y fáciles de conseguir.

Una excelente fuente de antocianinas es el repollo morado, un vegetal que tiene hojas de color violáceo debido a la presencia de las antocianinas, es rica en minerales como potasio, hierro, fibra y vitamina C, con 12,3%, 7,5%, 7,7 % y 34,4%, respectivamente; de acuerdo a los porcentajes diarios recomendados según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), su consumo favorece el sistema digestivo, es antioxidante, desarrolla músculo, relaja el sistema nervioso, entre otras (Vegaffinity, 2017). En la figura 3, se observa el repollo morado. Las antocianinas poseen la cualidad de cambiar su estructura según el medio en el que se encuentre, hecho que permite ser utilizado como indicadores de pH (ver figura 1). Las antocianinas de color azul, rojo o morado en un medio básico viran de rojo a azul, y entre más ácido se encuentre el medio, las antocianinas se vuelven más rojas (Acevedo Castillo, 2003).



Figura 3. Repollo morado (*Brassica oleracea*)

Fuente: Agroactivo (2020)

La extracción de antocianinas se realiza por arrastre de vapor, fluidos supercríticos o extracción por solventes, siendo esta última técnica la más utilizada pese a que se arrastren otras sustancias como azúcares, ácidos orgánicos y proteínas. Los solventes utilizados para la extracción de antocianinas son solventes polares, los más utilizados son mezclas acuosas de etanol, metanol, o acetona acidificados, se debe evitar el uso de ácidos fuertes porque hidrolizan la antocianina y la descomponen, en este último caso, la extracción de antocianinas se realiza utilizando ácidos orgánicos como ácido acético, ácido fórmico, ácido tricloroacético, entre otros (Charfuelan, 2011).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo la extracción de las antocianinas del repollo morado (*Brassica oleracea*) y estimar su capacidad como indicador natural de pH para identificar cualitativa y cuantitativamente el carácter ácido, neutro y básico de diferentes sustancias.

Metodología

Siguiendo el libro de la metodología de la investigación de Hernández Sampieri et al (2010), esta investigación se realizó en el contexto investigativo experimental como método o técnica de investigación.

Extracción de la antocianina del repollo morado

Se seleccionó el repollo morado porque Nariño ocupa el 4 lugar a nivel nacional en la siembra de repollo y el municipio de Túquerres se encuentra en el 7 lugar en producción por área sembrada (Ministerio de Agricultura, 2017). Sin embargo, para no competir directamente son la seguridad y

soberanía alimentaria, se plantea utilizar en próximas investigaciones residuos de repollo morado.

El repollo fue comprado en los mercados locales de Túquerres, el kilo a \$2.000 COP, se seleccionó el repollo que presente colores más intensos porque se ha comprobado que contienen mayor cantidad de antocianinas. Para la extracción de antocianinas se realizó el protocolo planteado por Beltrán Hernández (2011) y Ballesteros y Barros (2019) con modificaciones.

Inicialmente, se quitaron las hojas que conforman el repollo, se lavaron con agua para eliminar presencia de tierra, barro, insectos y agroquímicos que puedan alterar la muestra; luego se realizó el corte y se trituro lo más pequeño posible para una homogenización eficiente y aprovechar al máximo la materia prima. Se pesaron en una balanza 500 gramos, posteriormente se agregó 500 mL de agua y en seguida se colocó a fuego directo durante 10 minutos se dejó enfriar y se filtró con la ayuda de un papel filtro o trozo de tela. Finalmente, se colocó el indicador natural de pH en un envase de color ámbar para evitar la degradación rápida de las antocianinas. Se seleccionó agua porque es fácil de conseguir y no contamina el medio ambiente.

Determinación de pH

Para la determinación cualitativa y cuantitativa del pH, se seleccionaron seis (6) sustancias: limón, bicarbonato, leche, agua, clorox y clara de huevo. En el caso del limón se exprimió hasta completar 100 mL, en el bicarbonato se mezcló una cucharilla de este en 100 mL de agua, en el caso de la leche, agua, clorox y clara de huevo, se tomó una muestra de 100 mL; posteriormente se agregó de 2 a 4 gotas de indicador de pH a cada uno y se observó sus cambios de color.

Para la determinación cuantitativa de pH se tomaron como referencia los colores encontrados por Castillo (2020) y Heredia Avalos (2006) en un análisis utilizando el extracto de col de lombarda, tal como se indica en la tabla 1. En la tabla 1 se muestra el pH aproximado y color que se relaciona utilizando el extracto de col lombarda.

Tabla 1. pH y color del extracto de la col lombarda. Fuente:

Heredia Avalos, (2006).

pH	Color
<2	Rojo
3	Rojo intenso
4	Púrpura
5	Púrpura intenso
6	Violeta
7	Azul
8	Azul intenso
9	Verde
10-11	Verde intenso
12	Verde oscuro
>13	Amarelo

Resultados y discusión

El extracto obtenido de antocianinas presentó un color púrpura característico del repollo morado. Ballesteros y Barros (2019) estudiaron la conservación de las antocianinas agregando diferentes conservantes, comprobando que el bisulfito de sodio es el que presentó mejores resultados. Agregar conservantes ayudaría a optimizar el proceso y a mantener las antocianinas en el tiempo para utilizarse en el laboratorio y reemplazar a los indicadores sintéticos.

En la figura 4 se muestra algunos colores obtenidos al determinar el pH de manera cualitativa y cuantitativa utilizando repollo morado. El color rojo es característico de las sustancias ácidas y es el pH en la cual las antocianinas son más estables debido a que predomina el ión flavilio, mientras que cuando el pH es alcalino o básico predomina el color azul o verde y el ión flavilio es susceptible a ataque nucleofílico por parte del agua (Ballesteros & Barros, 2019). Estos cambios estructurales se observan en la figura 1.

Los resultados de la determinación para las seis muestras evaluadas se presentan en la tabla 2, en donde se realiza una comparación con los valores de pH reportados en la bibliografía. En estos resultados se observa los valores encontrados cualitativa y cuantitativamente; en algunos casos se alejan de los reportados en la literatura, como es el caso del bicarbonato, en el cual se aleja en un 20%; en las demás sustancias esta desviación es menor al 14%. A pesar de que resulta difícil comparar los resultados que se obtienen con los mostrados en la literatura,

se tiene una idea de que estos no se alejan del pH verdadero que nos indica las referencias; los análisis serían más representativos si se miden en el laboratorio utilizando el equipo potenciómetro de pH para determinar el valor específico de pH de cada muestra. Este proyecto se encuentra en desarrollo, por lo tanto, se plantea agregar conservantes, determinar pH con pH-metro en el transcurso de la investigación y retorno a presencialidad generada por la pandemia de covid-19.

Tabla 2. Resultados de la caracterización cualitativa y cuantitativa de las diferentes sustancias de uso cotidiano con repollo morado y su comparación con la literatura.

Sustancia	Color	pH este estudio	pH literatura	Referencia
Limón	Rojo	1	1	(Urquiza Cruz & Sánchez Salcán, 2019)
Bicarbonato	Verde	10	8,3	(Urquiza Cruz & Sánchez Salcán, 2019)
Leche	Violeta	6	7	(Urquiza Cruz & Sánchez Salcán, 2019)
Agua	Azul violeta	7	7	(Urquiza Cruz & Sánchez Salcán, 2019)
Hipoclorito	Amarillo	12	10-11	(The clorox company, 2018)
Clara de huevo	Verde	10	7,4-9	(Chingal Rosero, 2015)

Vijayanand y Khalid (2019) estudiaron la extracción de las antocianinas utilizando diferentes disolventes como: agua, etanol, metanol, acetona, éter petróleo y cloroformo. Encontrando que la extracción acuosa fue la que obtuvo mejores rendimientos con rendimientos de 27,8 % comparada con el metanol 23.6 %, etanol 21,9 %, mientras que el éter petróleo solo permitió un porcentaje de 13,4%. Confirmando que el mejor solvente para extraer las antocianinas del repollo morado fue con agua.



Figura 4. Colores que se obtienen al determinar el pH de manera cualitativa utilizando repollo morado. Fuente: Los autores

Así mismo, Rosales (2015) encontró que el mejor método de extracción de antocianinas fue con ácido clorhídrico como disolvente con un porcentaje de rendimiento de 64, 11% y concentración de extracción de 211,879 mg/L. Utilizando mezcla de solvente como agua y etanol también mostraron rendimientos del 58.9% y una concentración de antocianinas de 199 mg/L (Espinosa Álvarez et al., 2019) indicando que el ácido clorhídrico y la mezcla de solventes también es una alternativa para extraer mayor concentración de antocianinas.

Castillo, O (2020) realizó la extracción de antocianinas en medio acuoso y etanólico, utilizando col lombarda, cascara de uva morada, berenjena morada, higos morados, ciruela morada, fresas, vino, remolacha, cebolla morada, té rojo, flor de ciclamen, flor de clavel y cúrcuma. La variación en diferentes colores fue más marcada, utilizando higo, cebolla roja, flor de pascua, clavel y col lombarda que permite identificar el pH de forma más aproximada a los valores reales, además, que su color característico depende del tipo de antocianina que predomine en cada vegetal. Lo anterior mostró un potencial uso en aplicaciones prácticas con alumnos de bachillerato para contextualizar los términos, ácido, base y neutro, y al mismo tiempo identificar el pH y extraer antocianinas de forma sencilla de materiales vegetales que se pueden conseguir fácilmente en el supermercado, tiendas de barrio y el campo; en especial en los colegios donde no se tiene reactivos de grado laboratorio como fenolftaleína, verde de bromocresol, naranja de metilo, rojo de metilo, entre otros.

La fenolftaleína es el indicador de pH más utilizado en el laboratorio para identificar el carácter básico y ácido de una sustancia; además es de mucho uso

en titulaciones ácido-base para identificar el punto de equivalencia y concentraciones desconocidas. Es una sustancia incolora en soluciones ácidas y rosado en soluciones básicas (Urquiza Cruz & Sánchez Salcán, 2019). Por el contrario, el indicador de pH de repollo morado permite obtener una amplia gama de colores para determinar el pH ácido, básico y neutro. Colores que van desde el rojo intenso en sustancias de diferentes grados de acidez, color violeta en sustancias cercanas a la neutralidad y color verde y amarillo en sustancias básicas. Lo anterior, convierte a las antocianinas en potenciales indicadores naturales de pH, a utilizarse en todas las aplicaciones que se tienen en el laboratorio, reducir costos de reactivos, optimizar el proceso y disminuir los desechos líquidos generados por los indicadores sintéticos de uso convencional. En este contexto, se brinda una solución a la problemática ambiental a través de la implementación de la química verde que comprende 12 principios para el desarrollo de productos y procesos con el objetivo de minimizar riesgos en la salud y medio ambiente, al reducir la generación de desechos y prevenir la contaminación (Doria Serrano, 2009).

Conclusiones

El extracto de antocianinas en un medio acuoso y en caliente brindó buenos resultados a la hora de determinar el pH, sin embargo, para garantizar una mayor concentración y conservación de antocianinas que garanticen su almacenamiento se deben probar otro tipo de sustancias y solventes orgánicos.

Los resultados de determinación del pH en las diferentes sustancias de uso cotidiano fueron satisfactorios con respecto a los reportados en la literatura, sin embargo, se considera necesario determinar los valores cuantitativos y precisos la ayuda del potenciómetro de pH en el laboratorio, que con el retorno a actividades de formación después de la pandemia generada por el covid-19, se realizarán en las instalaciones de Tecnoacademia y, además este indicador se probará en titulaciones ácido-base.

Agradecimientos

Al apoyo de las comunidades locales productoras de repollo morado en el suministro material vegetal empleado en este estudio y posteriores estudios.

Al apoyo del Centro Sur Colombiano de Logística Internacional – Sena, Ipiales.

Referencias

- Acevedo Castillo, A. R. (2003). *Efecto de la temperatura y un copigmento en la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida*. [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas de Puebla]. Repositorio institucional- Universidad de las Américas de Puebla.
- Agroactivo. (2020). *Repollo morado*. <https://agroactivocol.com/producto/material-vegetal/repollo-morado-2/>
- Alves, R. do N., Lima, T. L. S., Chaves, K. da S., & Meireles, B. R. L. de A. (2021). Biodegradable films with Brassica Oleracea Capitata extract as a quality indicator in sheep meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e14997. <https://doi.org/10.1111/JFPP.14997>
- Ballesteros, L., & Barros, A. (2019). *La antocianina como sustituto de los indicadores de pH sintéticos: un paso hacia los productos verdes*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. Repositorio institucional- Universidad de la Costa.
- Bardales Martínez, A. C., & Ventura, I. D. (2016). Pelargonidina extraída del rábano como sustituto de indicadores de pH ácido-base de origen sintético. *Revista Portal de La Ciencia*, 10, 93–104.
- Beltrán Hernández, A. Á. (2011). *Estudio de la estabilidad y conservación de extractos acuosos y etanólicos usados como indicador ácido-base a partir de col morada (brassica oleracea), jamaica (hibiscus sabdariffa), quelite (amaranthus hybridus l.) y rosa royal william (rosa sp)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Veracruz]. Repositorio institucional- Universidad de Veracruz.
- Castillo, O. (2020). Estudio de sustancias naturales como indicadores de pH. Una Propuesta didáctica. *Anales de Química de La RSEQ*, 116(2), 88–98.
- Charfuelan, C. (2011). *Estudio químico de la fracción de polifenoles tipo antocianina aislada del fruto de Ivilan (Monoma obtusifolia), estabilidad y capacidad antioxidante in vitro*. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Repositorio institucional- Universidad de Nariño
- Chinchón Yepes, S. (2016). Indicadores de pH inocuos sustitutos de la fenoltaleína. *Dialnet*, 975, 10–11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5629372>
- Chingal Rosero, R. E. (2015). *Evaluación física, química y microbiológica de huevos comerciales de gallina, durante su almacenamiento bajo diferentes condiciones ambientales*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional- Universidad Central del Ecuador

- Cuesta Riaño, C. S., & Castro Guasca, M. P. (2018). *Efecto de pretratamientos en la extracción de antocianinas de la mora castilla (R. Glaucus) y silvestre (R. Adenotrichos), para su uso como indicador visual de pH*. [Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional- Universidad Jorge Tadeo Lozano
- Doria Serrano, M. del C. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20(4), 412–420. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30044-2](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30044-2)
- Ekici, L., Simsek, Z., Ozturk, I., Sagdic, O., & Yetim, H. (2014). Effects of Temperature, Time, and pH on the Stability of Anthocyanin Extracts: Prediction of Total Anthocyanin Content Using Nonlinear Models. *Food Analytical Methods*, 7(6), 1328–1336. <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9753-y>
- EPA. (2017). *Química verde*. <https://www.epa.gov/greenchemistry>
- Espinosa Álvarez, C., López Contreras, J., Escobar Rodríguez, D., Jiménez Rondón, D., Bugueño Muñoz, W., & Cereza Mezquita, P. (2019). Application of microencapsulated anthocyanin extracted from purple cabbage in fermented milk drinks. *Acta Agronómica*, 68(2), 134–141. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V68N2.79078>
- Garzón, G. A. (2010). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27–36.
- Hamzah, N. H. C., Shaidi, N. A. M., Merais, M. S., & Khairuddin, N. (2021). Smart food packaging from sago starch incorporated with anthocyanin from Brassica oleracea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1), 012030. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012030>
- Heredia Avalos, S. (2006). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 3(1), 89–103. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i1.07
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Mc-Gram-Hill (ed.); 5th ed.). www.FreeLibros.com
- Ministerio de Agricultura. (2017). Área sembrada y área cosechada del cultivo de repollo 2007-2017. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*, 1–4.
- Rosales, L. G. (2015). Extracción de las antocianinas de la col lombarda. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 1, 10–22.
- Ruiz Ulric, C. (2021). *Extracción y caracterización de antocianinas mediante técnicas fisicoquímicas para su uso en preparados de alta cocina* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio institucional- Universidad Politécnica de Cataluña
- The clorox company. (2018). *Hoja de seguridad de Clorox*.
- Urquiza Cruz, E. P., & Sánchez Salcán, N. de J. (2019). Extracto de maíz morado como indicador químico. *Chakiñan*, 9, 45–57.
- Vegaffinity. (2017). *Información Nutricional de Col lombarda (repollo morado) | Verduras*. <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/col-lombarda-repollo-morado-beneficios-informacion-nutricional--f2452>
- Vijayanand, S., & Khalid, M. (2019). Study of Brassica oleracea as natural alternative to synthetic indicator. *Asian Journal of Chemistry*, 31(2), 251–254. <https://doi.org/10.14233/AJCHEM.2019.21486>