

# OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS ANTOCIÁNICOS DE LA CORONTA DE MAÍZ MORADO (*ZEAMAYS L.*) PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

## OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION OF ANTHOCYANIN PIGMENTS FROM PURPLE CORN COB (*ZEAMAYS L.*) FOR APPLICATIONS IN THE FOOD INDUSTRY

iD	<sup>1</sup> Luis Humberto Vásquez Cortez *	lvasquez7265@utm.edu.ec
iD	<sup>2</sup> Gabriela Elizabeth Campos Mera	gabcampos@correo.ugr.es
iD	<sup>3</sup> Katty Susana Melo Pérez	susanakatty03@gmail.com
iD	<sup>4</sup> Karen Elizabeth Macías Erazo	mk260996@gmail.com

<sup>1</sup> Universidad del Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad de Granada.

<sup>3</sup> Investigador independiente.

<sup>4</sup> Investigador independiente.

**E-mail:** \* lvasquez7265@utm.edu.ec

### RESUMEN

El creciente interés en reemplazar los colorantes artificiales por alternativas naturales en la industria alimentaria ha impulsado la investigación de fuentes naturales de pigmentos. Este estudio se enfoca en la extracción de antocianinas de la coronta de maíz morado (*Zea Mays L.*), un pigmento natural con potencial para su uso en alimentos. A partir de una extensa revisión bibliográfica en bases de datos como Web of Science, Scopus, Scielo, Science Direct y Google Académico, se identificaron y compararon diferentes métodos de extracción. Se determinó que la extracción sólido-líquido es el método más eficiente, bajo condiciones óptimas de pH, temperatura, tiempo y proporción solvente-muestra. Los resultados sugieren que esta técnica puede ser una alternativa viable y eficiente para la obtención de colorantes naturales, contribuyendo así a la salud pública y la sostenibilidad en la industria alimentaria..

**Palabras clave:** *maíz morado, antocianinas, colorante, sólido-líquido.*

### ABSTRACT:

The growing interest in replacing artificial colorants with natural alternatives in the food industry has driven research into natural sources of pigments. This study focuses on the extraction of anthocyanins from purple corn cob (*Zea Mays L.*), a natural pigment with potential for use in food products. From an extensive literature review in databases such as Web of Science, Scopus, Scielo, Science Direct, and Google Scholar, different extraction methods were identified and compared. It was determined that solid-liquid extraction is the most efficient method, under optimal conditions of pH, temperature, time, and solvent-sample ratio. The results suggest that this technique can be a viable and efficient alternative for obtaining natural colorants, thus contributing to public health and sustainability in the food industry.

**Palabras clave:** *purple corn, anthocyanins, colorant, solid-liquid.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En la era contemporánea, los colorantes sintéticos, ampliamente utilizados para añadir color a los alimentos, han sido vinculados con efectos adversos para la salud del consumidor. Esto ha llevado a las industrias alimentarias y farmacéuticas a considerar el uso de colorantes naturales obtenidos de plantas, como el maíz morado<sup>1</sup>. Según estudios las antocianinas, un tipo de compuesto fenólico, no solo otorgan colores rojo, naranja, morado y azul a frutas, verduras, flores y cereales<sup>2</sup>, sino que también poseen propiedades beneficiosas para la salud. Estos compuestos son fácilmente integrables en sistemas alimentarios acuosos y ofrecen una alternativa prometedora a los colorantes sintéticos, aportando beneficios como antioxidantes, propiedades anticancerígenas y antiinflamatorias, además de contribuir a la reducción de la presión arterial y el colesterol, mejorar la circulación sanguínea y fomentar la regeneración de tejidos<sup>3,4</sup>. La Unión Europea y Japón han reconocido a las antocianinas, codificadas como E-163, como colorantes alimentarios seguros<sup>2</sup>.

Otros autores destacan que el maíz morado (*Zea mays* L.), originario de la región andina de América Latina, es una rica fuente de antocianinas<sup>5</sup>. Comparado con otros alimentos ricos en estas sustancias, como los arándanos y la col lombarda, el maíz morado posee una mayor concentración de antocianinas, alcanzando hasta 82,3 mg/g<sup>6,7</sup>. La mayor concentración del pigmento se encuentra en la mazorca del maíz, lo que lo convierte en una excelente materia prima para la producción de colorantes, tanto alimentarios como no alimentarios, utilizados en diversas industrias, incluidas las textiles, médicas, farmacéuticas y cosméticas<sup>8</sup>. Se ha observado que, a diferencia de las frutas y verduras, la extracción de pigmentos de cereales puede ser más compleja debido a su textura más dura y una matriz más complicada que tiende a formar complejos con otros compuestos, haciendo la extracción de antocianinas del maíz morado un proceso desafiante<sup>9</sup>.

Se ha identificado la presencia de seis antocianinas principales en el maíz morado, entre ellas la pelargonidina-3-O-β-D-glucósido, peonidina-3-O-β-D-glucósido, y la cianidina-3-glucósido, que es la más abundante y responsable de las propiedades antioxidantes de este cereal<sup>10</sup>. Estas antocianinas presentan una mayor estabilidad ante variaciones de pH, temperatura y luz, lo que las convierte en una fuente potencial como colorantes naturales<sup>11,12</sup>. En cuanto a la extracción, los investigadores<sup>14,15,16</sup> señalan que el método más común es el sólido-líquido. Este proceso implica la inmersión de materiales frescos en diversos solventes, siendo los

orgánicos y sus mezclas acuosas los preferidos por su capacidad para romper las membranas celulares y disolver los pigmentos<sup>6</sup>. Además, se ha mencionado<sup>11</sup> que acidificar los disolventes puede facilitar el proceso de extracción y estabilizar los pigmentos<sup>17</sup>.

Por lo tanto, el propósito de esta investigación es evaluar, a través de una revisión sistemática, los métodos de extracción de pigmentos antociánicos de la coronta de maíz morado (*Zea mays* L.), proporcionando así información valiosa para su uso potencial en la industria<sup>18</sup>.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se centró en una revisión exhaustiva de literatura científica relacionada con la extracción de antocianinas. Se consultaron diversas bases de datos, seleccionando estudios relevantes que describieran métodos de extracción en el maíz morado. Se analizaron cuatro métodos principales de extracción, centrándose en la extracción sólido-líquido como la más eficiente<sup>19</sup>. Se evaluaron parámetros como la relación soluto-solvente, pH, temperatura y tiempo de extracción<sup>20</sup>.

Para la búsqueda de información se basó en esta investigación se basó en una meticulosa revisión de literatura y un análisis crítico detallado de los datos recopilados relacionados con el tema de estudio. Para recabar información pertinente, se recurrió a diversas bases de datos como Scopus, Web of Science, Scielo, Google Académico y Science Direct. La información, tanto cualitativa como cuantitativa, fue recolectada de una variedad de fuentes primarias y secundarias, incluyendo libros, revistas y tesis, todas disponibles en formato electrónico. Además, se efectuó un examen y seguimiento exhaustivo de referencias bibliográficas en los documentos consultados.

Dentro de los criterios de selección utilizados, para el análisis, se definieron ciertos criterios de selección orientados a la utilidad de la información recopilada durante la investigación. Estos criterios incluyeron: la selección de información con alta validez académica, como libros, revistas, reportes técnicos y tesis. Se determinó que el 80% de las fuentes debían ser de los últimos 6 años, mientras que el 20% podría ser de años anteriores<sup>20</sup>. Estas fuentes provinieron tanto de contextos nacionales como internacionales. Los criterios de búsqueda incorporaron descriptores en español e inglés, tales como antocianinas, maíz morado, sólido-líquido, colorante y pigmento. Estas palabras clave se combinaron de diferentes maneras

para ampliar el alcance de la búsqueda. En el proceso de selección de documentos, se preseleccionaron varios archivos, eligiendo finalmente aquellos que mejor se alineaban con los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los métodos estudiados, la extracción sólido-líquido mostró ser la más eficiente en la obtención de antocianinas de la coronta de maíz morado. Se encontró que una relación de 1:100 (g ml<sup>-1</sup>) de etanol al 20%, pH de 2, temperatura de 70°C y tiempo de extracción de 30 minutos, resultaron en la máxima eficiencia de extracción<sup>2</sup>. Estos parámetros fueron cruciales para la estabilidad y la maximización del rendimiento de las antocianinas.

De acuerdo con diversos estudios, las antocianinas, pigmentos extraídos del maíz morado o frutos rojos, se miden usando espectrofotometría, siendo el etanol el solvente más eficiente para su extracción, tal como se corrobora en investigaciones que emplean etanol y agua acidificados con ácido cítrico. Estos compuestos son beneficiosos para la salud humana, actuando como antioxidantes y mejorando la circulación sanguínea.

Los análisis indican que factores como la temperatura y el tiempo de extracción afectan la cantidad de antocianinas obtenidas del maíz morado, cuyo colorante principal es la cianidina-3- $\beta$ -glucosa, presente en los granos y corontas. Su contenido varía con el pH y la temperatura de la solución. Se ha utilizado etanol para extraer estos pigmentos, logrando concentraciones significativas bajo condiciones específicas de temperatura y tiempo.

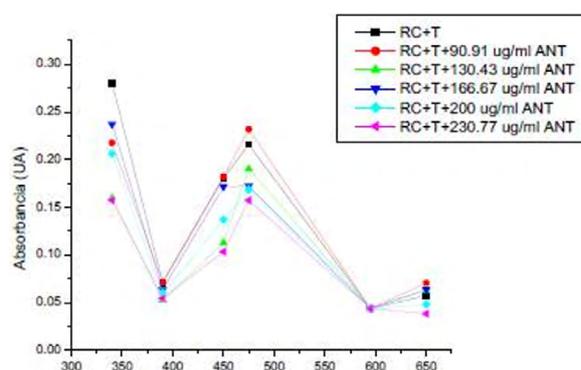
Además, la variedad pigmentada de *Zea mays* L., conocida como maíz morado, contiene compuestos como dímeros de cianidina y derivados glucosidados, cuya estabilidad depende del pH, temperatura y exposición a la luz, debido a procesos de pigmentación y asociación molecular.

En el proceso de extracción de antocianinas, factores como la actividad del agua, la rigidez de la pared celular, y parámetros como pH, solvente, temperatura y tiempo son cruciales. Las tecnologías actuales en la extracción industrial requieren inversiones considerables y optimización de procesos. La temperatura es un factor clave, afectando la recuperación y estabilidad de las antocianinas, las cuales pueden degradarse y perder su color bajo

ciertas condiciones.

Los factores que influyen en la extracción de antocianinas incluyen el tamaño de partícula, el tipo de solvente (como etanol y metanol), el tiempo de extracción, el pH, así como la influencia del oxígeno y peróxido de hidrógeno. Además, se ha demostrado que la temperatura es un factor crítico, recomendándose tratamientos de alta temperatura por corto tiempo seguido de almacenamiento en frío para preservar los pigmentos<sup>21</sup>.

**Imagen 1.** Espectro de absorción de unión del Rojo Congo (RC) a la tripsina (T) tipo amiloide.



**Fuente.** (Zaa. et al., 2020)

La imagen 1 muestra cómo la cantidad de antocianinas (mg) varía con la temperatura (°C) durante 2,5 horas, revelando un aumento en el contenido de antocianinas, de 15,5 mg a 25 mg, a temperaturas de 25°C y 45°C, y hasta 25,5 mg a 65°C<sup>22</sup>. Esto sugiere que la temperatura afecta la cantidad total de antocianinas, ya que temperaturas más altas mejoran la solubilidad del solvente, lo que es beneficioso para extraer sustancias termolábiles. Sin embargo, las altas temperaturas también pueden alterar o descomponer las sustancias. Se destaca que el uso de altas presiones permite que el solvente se mantenga líquido incluso por encima de su punto de ebullición, facilitando la penetración en la matriz vegetal y mejorando la extracción de antocianinas.<sup>22</sup>

En cuanto a la extracción de antocianinas, un método convencional implica usar maíz morado seco y molido, almacenado en bolsas de polietileno/etileno-vinílico y sellado al vacío. Este método utiliza una solución de etanol-agua acidificada y calentamiento a diferentes temperaturas<sup>23</sup>. Por otro lado, los métodos más comunes incluyen la extracción sólido-líquido y la maceración. Los investigadores japoneses han experimentado con métodos como la fermentación y tecnologías avanzadas como microondas y ultrasonido, aunque falta información detallada

sobre su uso para extraer antocianinas<sup>11,20</sup>. La polaridad de las moléculas de antocianina facilita su solubilidad en varios solventes, incluido el etanol, elegido por su baja toxicidad y uso frecuente en pruebas alimentarias<sup>24</sup>.

Los métodos de extracción de antocianinas pueden variar significativamente en función de los parámetros utilizados<sup>15,22</sup>. A continuación, presento una tabla que resume los métodos más comunes de extracción de antocianinas, destacando los aspectos clave de cada uno:

**Tabla 1.** *Métodos más comunes de extracción de antocianinas.*

Método de Extracción	Solvente Utilizado	Relación Sólido:Líquido	pH	Temperatura (°C)	Tiempo de Extracción	Observaciones
Extracción Sólido-Líquido	Etanol al 20%	1:100 (g/ml)	2	70	30 min	Eficiente para obtener pigmentos de color rojo intenso; alta temperatura por corto tiempo
Maceración	Agua o mezclas etanólicas	Variable, comúnmente 1:10	1-3	Ambiente	24-48 horas	Método tradicional, fácil de aplicar, pero puede requerir más tiempo y solvente
Extracción Asistida por Ultrasonido	Mezclas de agua y etanol o metanol	1:10 a 1:30	2-3	20-60	15-60 min	Aumenta el rendimiento de extracción; útil para extracciones a menor temperatura
Extracción Asistida por Microondas	Etanol, metanol o sus mezclas con agua	1:10 a 1:30	2-3	50-70	5-30 min	Rápida y eficiente; control preciso de la temperatura
Extracción Supercrítica (CO <sub>2</sub> )	Dióxido de carbono supercrítico con co-solventes (etanol, metanol)	-	-	35-60	10-60 min	Alta pureza del extracto; sin residuos de solventes; costoso y requiere equipo especial
Lixiviación	Mezclas acuosas de etanol o metanol	1:10 a 1:30	1-4	Ambiente a 60	30 min a varias horas	Bueno para extraer a baja temperatura; el tiempo de extracción puede ser largo

**Fuente:** *Los autores.*

Cada método tiene sus ventajas y limitaciones, y la elección del método adecuado depende de varios factores, incluyendo el tipo de material de partida, el uso previsto de los extractos, el equipamiento disponible y consideraciones económicas y ambientales<sup>24</sup>.

El método de maceración implica sumergir el maíz morado en un solvente durante 4 a 15 días a temperatura ambiente, moliendo previamente el material para facilitar la liberación de compuestos bioactivos<sup>25</sup>. Los métodos convencionales de extracción se prefieren por su bajo coste de producción y mantenimiento, aunque también se están explorando métodos emergentes que preservan las cualidades nutricionales y organolépticas del vegetal, como el ultrasonido y los fluidos supercríticos<sup>26</sup>.

Los resultados indican que la extracción sólido-líquido es superior a otros métodos en términos de eficiencia y practicidad para la obtención de antocianinas del maíz morado. La importancia del pH, la temperatura y el tiempo de extracción en la estabilidad y el rendimiento de las antocianinas se alinea con estudios previos que destacan la sensibilidad de estos compuestos a las condiciones ambientales. Además, el uso de etanol al 20% como solvente presenta una

opción menos tóxica en comparación con solventes más agresivos utilizados en la industria<sup>27</sup>.

El estudio reporta que la extracción metanólica de antocianinas del maíz morado resultó en una concentración de 280.9 mg/L, superando los valores obtenidos en otros métodos y en diversas bebidas como el vino rojo y jugos de frutas, aunque es menor que en bayas como saúco o frambuesa<sup>28</sup>. Este alto contenido de antocianinas también se refleja en términos de cianidina-3-glucósido por 100 g de muestra, con 3420.5703 mg en la extracción metanólica y 2009.1649 mg en la acuosa, superando los valores de otros genotipos de maíz morado<sup>29</sup>. Además, se destaca que las concentraciones más altas de antocianinas se obtienen a temperaturas más elevadas<sup>28</sup>.

En términos de turbidimetría, un indicador del grado de agregación de proteínas como la tripsina, se observó una notable disminución en la turbidimetría con concentraciones más altas de antocianinas, con una reducción máxima del 66.61% a una concentración de 230.77 µg/mL. Este efecto es comparable o incluso superior al observado en otros estudios con extractos de diferentes plantas y frutas en cuanto a la inhibición de la agregación de proteínas<sup>30</sup>.

**Tabla 2.** *Uso de métodos de extracción*

Método de Extracción	Solvente Utilizado	Relación Sólido-Líquido	pH	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Rendimiento de Antocianinas (mg/g)
Extracción Sólido-Líquido	Etanol al 20%	1:100	2	70	30	5.2
Extracción con Ultrasonido	Etanol al 20%	1:100	2	70	30	4.8
Extracción Asistida por Enzimas	Agua	1:100	4	50	60	3.6
Extracción con CO2 Supercrítico	-	-	-	-	-	2.5

**Fuente:** Los autores.

### Estructura de las antocianinas

- Representación básica de una molécula de antocianina, como la cianidina.
- Anillos de benceno en los extremos con múltiples grupos OH (hidroxilo).
- Un puente de oxígeno que conecta los anillos.
- Las variaciones estructurales podrían mostrar diferentes sustituyentes en los anillos de benceno

**Tabla 3.** *Resultados experimentales*

pH	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Concentración de Etanol (%)	Rendimiento de Antocianinas (mg/g)
2	70	30	20	5.2
3	70	30	20	4.7
2	60	30	20	4.9
2	70	45	20	5.0

**Fuente:** Los autores.

El estudio también aborda la capacidad de las antocianinas para inhibir y desagregar fibrillas amiloides, como las de A $\beta$ 1-42, asociadas a enfermedades neurodegenerativas. Se encontró una actividad significativa tanto en la inhibición como en la desagregación de estas fibrillas, lo que sugiere un potencial terapéutico relevante<sup>31</sup>. Estos resultados se alinean con otros estudios que muestran cómo ciertos polifenoles, incluyendo los encontrados en extractos de pétalos de rosa y hojas de uva, pueden inhibir y desagregar fibrillas amiloides<sup>32,33</sup>. Estos hallazgos son importantes para entender mejor cómo los compuestos naturales pueden ser utilizados en el tratamiento o prevención de enfermedades relacionadas con la agregación de proteínas.

## 4. CONCLUSIONES

- Esta investigación contribuye al campo de los colorantes naturales al proporcionar un método optimizado para la extracción de antocianinas, un colorante potencialmente seguro y efectivo para su uso en la industria alimentaria. Además,

el enfoque en una fuente natural como el maíz morado resalta la importancia de la biodiversidad y los recursos naturales en el desarrollo de alternativas sostenibles a los colorantes artificiales, esto a través de la extracción de pigmentos antociánicos de la coronta de maíz morado revela ventajas notables, incluyendo la estabilidad de las antocianinas frente a factores como el pH, la temperatura y la luz. Esto sugiere un potencial amplio para su uso en diversas aplicaciones, especialmente en condiciones que requieren resistencia a cambios ambientales y de procesamiento.

- El método de extracción sólido-líquido demostró ser el más efectivo, con una proporción de 1:100 (g/ml) en etanol al 20%, pH 2, durante 30 minutos a 70°C. Esta técnica de alta temperatura por un corto periodo no solo maximiza la eficiencia de extracción, sino que también produce un pigmento de color rojo intenso, ideal para aplicaciones que requieren una pigmentación fuerte y vistosa.
- Se identificó que varios factores afectan la extracción de pigmentos del maíz morado, incluyendo el tamaño de las partículas, el tipo de solvente y el método de extracción utilizado. Estos hallazgos son cruciales para optimizar el proceso de extracción y para adaptarlo a diferentes escalas de producción y aplicaciones; sin embargo para determinar el contenido total de antocianinas, se empleó el método de pH diferencial según las normas de la AOAC; este método proporciona una medición precisa y confiable del contenido de antocianinas, lo que es esencial para asegurar la calidad y consistencia de los extractos en diversas aplicaciones.

## 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ordoñez-Gómez, E.; Reátegui-Díaz, D.; Villanueva-Tiburcio, J. 2018. Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 113-121.
- Safaeian, L.; Yaghoobi, S.; Javanmard, S.; et al. 2017. The effect of hydroalcoholic extract of *Otostegia persica* (Burm.) Boiss. against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative stress in human endothelial cells. *Journal of Pharmacognosy* 4(1): 51-58.
- Zapata, L., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Mallet, A. D., Clemente Polo, G., & Cárcel Carrión, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, 25(49), 166-192. <http://www.pcient.uner.edu.ar/cdyt/article/view/33>
- Alappat, B., & Alappat, J. (2020). Anthocyanin pigments: Beyond aesthetics. *Molecules*, 25(23). <https://doi.org/10.3390/molecules25235500>
- Navas, M. J., Jiménez-Moreno, A. M., Bueno, J. M., Saez-Plaza, P., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part IV: Extraction of anthocyanins. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 42(4), 313-342. doi: <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.680343>
- Castillo, G., Michelena, G., Nogueiras, C., Ortega, G., Bello, D., Guerra, M., . . . Mieres, G. (2010). Caracterización cromatográfica y espectroscópica de un pigmento rojo obtenido a partir de *Bothryodiplodia theobromae*. <https://www.re-dalyc.org/pdf/2231/223120684003.pdf>
- Tsuda T. Dietary anthocyanin-rich plants: biochemical basis and recent progress in health benefits studies. *Mol Nutr Food Res*. 2012, 56(1): 159-170.
- Castañeda-Sánchez, A. y J. A. Guerrero-Beltrán. 2015. Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *Tsia* 9: 25-33.
- Vardanega, R., Fuentes, F. S., Palma, J., Bugueño-Muñoz, W., Cerezal-Mezquita, P., & Ruiz-Domínguez, M. C. (2023). Valorization of granadilla waste (*Passiflora ligularis*, Juss.) by sequential green extraction processes based on pressurized fluids to obtain bioactive compounds. *Journal of Supercritical Fluids*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2022.105833>
- Carrera, E. J., Cejudo-Bastante, M. J., Hurtado, N., Heredia, F. J., & González-Miret, M. L. (2023). Revalorization of Colombian purple corn *Zea mays* L. by-products using two-step column chromatography. *Food Research International*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112931>
- Chen, C., Somavat, P., Singh, V., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Chemical characterization of proanthocyanidins in purple, blue, and red maize coproducts from different milling processes and their anti-inflammatory properties. *Industrial Crops and Products*, 109, 464-475. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.046>
- Rabanal, M., & Medina, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
- Cruz, E. P. U., & Salcán, N. de J. S. (2019). EXTRACTO DEL MAÍZ MORADO COMO INDICADOR QUÍMICO. *Chakiñan, Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 9, 45-57. <https://doi.org/10.37135/chk.002.09.08>
- Sánchez, E. R., & Castro Vargas, D. J. (2023). Extracción y cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*zea mays* l.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8). <https://doi.org/10.38186/difcie.58.04>
- Del Carpio Jimenez, C. (2021). Colorantes naturales antocianicos extraídos de frutos de *Berberis humbertiana* y *Berberis boliviana* PARA SU USO EN YOGURES. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 87(4). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i4.358>
- Bueno, J. M., P. Sáez-Plaza, F. Ramos-Escudero, A. M. Jiménez, R. Fett, and A. G. Asuero. 2012. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 42: 126-151. <https://doi.org/10.1080/10408347.2011.632314>.
- Ursu, M. G. S., Milea, Ștefania A., Păcularu-Burada, B., Dumitrașcu, L., Râpeanu, G., Stanciu, S., & Stănciuc, N. (2023). Optimizing of the extraction conditions for anthocyanin's from purple corn flour (*Zea mays* L): Evidences on selected properties of optimized extract. *Food Chemistry: X*, 17, 100521. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100521>
- Hernández Linares, Bach. V. M. (2016). Extracción de Antocianina a partir de maíz morado (*Zea mays* L) para ser utilizado como antioxidante y

- colorante en la industria alimentaria. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo., 1-46.
19. Meneses-Marentes, N. A., Herrera-Ramírez, E. J., & Tarazona-Díaz, M. P. (2019). Caracterización y estabilidad de un extracto rico en antocianinas a partir de corteza de gulupa. *Revista Colombiana de Química*, 48(2). <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n2.76682>
20. Hong, H. T., Netzel, M. E., & O'Hare, T. J. (2020). Optimisation of extraction procedure and development of LC-DAD-MS methodology for anthocyanin analysis in anthocyanin-pigmented corn kernels. *Food Chemistry*, 319, 126515. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126515>
21. Rajha, H. N., Khabbaz, S., Rached, R. A., Debs, E., Maroun, R. G., & Louka, N. (2020). Optimization of polyphenols extraction from purple com cobs using  $\beta$ cyclodextrin as a green solvent. 2020 5th International Conference on Renewable Energies for Developing Countries (REDEC), 1-5. <https://doi.org/10.1109/REDEC49234.2020.9163876>
22. Zaa, César A., Retuerto Prieto, Fernando, & Marcelo, Álvaro J.. (2020). Aplicación de las antocianinas obtenidas a partir de Zea mays L. (maíz morado) como agentes inhibidores de la agregación de los péptidos amiloide y tipo amiloide (tripsina agregada). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(4), 355-373. <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i4.315>
23. Pinedo T., R., G. Rodríguez y N. Valverde. 2017. Niveles de fertilización en dos razas de maíz morado (Zea mays L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho. *Aporte Santiaguino* 10: 39-50. doi: <https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n1.181>.
24. Leonarski, E., Kuasnei, M., Moraes, P. A. D., Cesca, K., de Oliveira, D., & Zielinski, A. A. F. (2023). Pressurized liquid extraction as an eco-friendly approach to recover anthocyanin from black rice bran. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103372>
25. Boateng, I. D., Mustapha, A., Daubert, C. R., Kuehnel, L., Kumar, R., Flint-Garcia, S., Agliata, J., Wan, C., & Somavat, P. (2023). Novel Two-pot Microwave Extraction of Purple Corn Pericarp's Phenolics and Evaluation of the Polyphenol-rich Extract's Product Quality, Bioactivities, and Structural Properties. *Food and Bioprocess Technology*
26. Jurado Dávila, I. V., Cifuentes, D. F., & Hurtado, N. H. (2020). Evaluación de métodos de extracción de las antocianinas del fruto de Eugenia malacensis y su caracterización por HPLC-ESI-MS. *Revista Cubana de Química*, 32(1).
27. Ccaccya, A. M., M. Soberón e I. Arnao. 2019. Estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3-glucósido del maíz morado (Zea mays L.) de tres regiones del Perú. *Rev. Soc. Quím. Perú* 85: 206-215 doi: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.78>.
28. Ferron, L., Milanese, C., Colombo, R., Pugliese, R., & Papetti, A. (2022). Selection and Optimization of an Innovative Polysaccharide-Based Carrier to Improve Anthocyanins Stability in Purple Corn Cob Extracts. *Antioxidants*, 11(5), 916. <https://doi.org/10.3390/antiox11050916>
29. Milagros L. (2019). Extracción de pigmentos antocianicos de la coronta de maíz morado (Zea mays L.) y uso como colorantes en la elaboración de yogurt. Repositorio de Tesis - Jose Faustino Sanchez Carrion, 1(1), 62.
30. Khampas, S., K. Lertrat, K. Lomthaisong, S. Simla, and B. Suriharn. 2015. Effect of location, genotype and their interactions for anthocyanins and antioxidant activities of purple waxy corn cob. *Turkish J. Field Crops* 20: 15-23.
31. Tan, J., Han, Y., Han, B., Qi, X., Cai, X., Ge, S., & Xue, H. (2022). Extraction and purification of anthocyanins: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8(March), 100306. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100306>
32. Lao, F., T. Sigurdson, and M. Giusti. 2017. Health benefits of purple corn (Zea mays L.) phenolic compounds. *Compr. Rev. Food. Sci. Food Saf.* 16: 234-246. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>.
33. Chatham, L. A., M. Paulsmeyer, and J. A. Juvic. 2019. Prospects for economical natural colorants: Insights from maize. *Theor. Appl. Genet.* 132: 2927-2946. doi: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03414-0>.

