

# MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PIGMENTOS ANTOCIÁNICOS DEL MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.)

## METHODS OF EXTRACTION OF ANTHOCYANIC PIGMENTS FROM PURPLE CORN (ZEA MAYS L.)

	Thais Shagñay <sup>1</sup>	thais.shagniay@epoch.edu.ec
	Bryan Vega <sup>1</sup>	bryan.vega@epoch.edu.ec
	Alexis Ramos <sup>2 *</sup>	alexisrr2210@correo.ugr.es
	Erika Castillo <sup>1</sup>	erika.castillo@epoch.edu.ec
	Sharup Fiorela <sup>1</sup>	fiorela.sharup@epoch.edu.ec

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Espoch), Riobamba, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de granada (España).

**E-mail:** \* alexisrr2210@correo.ugr.es

### RESUMEN

El uso excesivo de colorantes artificiales en la industria alimentaria ha generado la iniciativa de utilizar colorantes naturales de las plantas, esto debido a que diferentes estudios tanto in vitro como in vivo han mostrado que los diferentes colorantes artificiales están perjudicando la salud de las personas. La información obtenida en la presente investigación fue de diferentes bases de datos tales como: Web of Science, Scopus, Scielo, Science Direct Google Académico, donde el presente trabajo bibliográfico trata de recopilar los métodos más adecuados para la extracción de pigmentos antociánicos de la coronta de maíz morado (*Zea Mays L.*), siendo así que se ha encontrado cuatro métodos para extraer las antocianinas del maíz morado, sin embargo entre los diferentes métodos se encontró que la extracción sólido-liquido es el método más eficiente. Según los diferentes estudios revisado la técnica para este método refiere que se debe trabajar con una relación 1:100 (g ml<sup>-1</sup> de etanol L 20%), de pH 2, una temperatura de 70°C durante 30 min y utilizando como solvente etanol al 20%, lo que resultaría la obtención del pigmento de color rojo, se debe tener en cuenta que los factores son clave en el método de extracción ya que no tener el pH, tamaño de partícula, tiempo y temperatura adecuados generaría una ineficiencia.

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

### ABSTRACT

The excessive use of artificial colorants in the food industry has generated the initiative to use natural

colorants from plants, because different studies both in vitro and in vivo have shown that the different artificial colorants are damaging people's health. The information obtained in the present research was from different databases such as: Web of Science, Scopus, Scielo, Science Direct, Google Scholar, where the present bibliographic work tries to compile the most adequate methods for the extraction of anthocyanin pigments from the purple corn (*Zea Mays L.*) crown, being so that four methods have been found to extract anthocyanins from purple corn, however among the different methods it was found that the solid-liquid extraction is the most efficient method. According to the different studies reviewed, the technique for this method refers to working with a 1:100 ratio (g ml<sup>-1</sup> of ethanol L 20%), pH 2, a temperature of 70°C for 30 min and using 20% ethanol as solvent, which would result in obtaining the red color pigment. It should be taken into account that the factors are key in the extraction method, since not having the appropriate pH, particle size, time and temperature would generate inefficiency.

**Keywords:** anthocyanins, purple corn, solid-liquid, colorant, pigment.

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos colorantes sintéticos que son utilizados para darle color a los alimentos, transfiriendo consigo efectos negativos para la salud del consumidor, es por eso que las industrias alimentarias y farmacéuticas están dispuestas a utilizar colorantes

naturales extraídos de vegetales, como es el caso del maíz morado (27). Según (23) refieren que las antocianinas son un tipo de compuestos fenólicos que contienen propiedades promotoras para la salud, además, aportan el color característico rojo, naranja, morado y azul a diversas frutas, verduras, flores y cereales. Las antocianinas son fáciles de incorporar al sistema alimentario acuoso, representan una importante alternativa adecuada a los tintes sintéticos para colorear alimentos. Han sido reconocidos por la Unión Europea y Japón, con el código E-163 como colorantes alimentarios (5).

Autores tales como (35) mencionan que, el maíz morado (*Zea mays L.*) es originario de la región andina, en específico América Latina y es una fuente rica de antocianinas. En la comparación con los arándanos ricos en antocianinas y la col lombarda, el maíz morado presenta un mayor contenido de antocianinas, incluso hasta 82,3 mg/g FW (8). El área de la mazorca del maíz morado se concentra la mayoría del pigmento, lo que la convierte en una excelente materia prima para la producción de colorantes alimentarios y no alimentarios utilizados en las diferentes industrias (7). La diferencia en la extracción de los pigmentos de las frutas y verduras, la extracción de pigmentos de los cereales suele ser más difícil debido a que los cereales suelen tener una textura más dura y una matriz más complicada donde los pigmentos tienden a formar compuestos complejos puesto que se unen a otros elementos. Es por ello, que la extracción de antocianinas del maíz morado es compleja debido a que este producto por su alto contenido de almidón se encuentra en la familia de las gramíneas perteneciente a los cereales (25).

Según revisiones científicas en los últimos años, se encontró la existencia en el maíz morado de cinco importantes antocianinas como son la “pelargonidina-3-O-β-D-glucósido”, “peonidina-3-O-β-D-glucósido”, “pelargonidina-3-O-β-D-(6-malonilglucósido)”, “peonidina-3-O-β-D-(6-malonilglucósido)” y la que se encuentra en mayor proporción y reconocida como la principal antocianina del maíz morado “cianidina-3-glucósido”, misma que brinda las propiedades antioxidantes (31).

La estructura de las antocianinas presentes en el maíz morado tiene una mayor estabilidad al pH, temperatura y la exposición frente a la luz, dando como resultado que este compuesto sea una fuente potencial como colorante natural (17). Los investigadores (13) refieren que el método más usual de extracción para antocianinas es la extracción sólido-líquido, donde este método consiste en un remojo de materiales frescos en solventes donde (1) manifiestan que los solventes que más se utilizan son agua, etanol, metanol, acetona y otros, de los cuales se

prefieren los solventes orgánicos y sus mezclas acuosas ya que permiten romper las membranas celulares y disolver los pigmentos al mismo tiempo. De la misma manera (3) manifiestan que para facilitar el proceso de extracción y estabilizar los pigmentos durante la extracción, los disolventes suelen acidificarse ya que pueden tener impacto en la extracción de antocianinas. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es mediante una revisión sistemática evaluar los métodos de extracción de pigmentos antociánicos de la coronta de maíz morado (*Zea mays L.*).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo revisión bibliográfica. La ruta metodológica está comprendida básicamente cuatro momentos: búsqueda, organización, sistematización y análisis de documentos relacionados con el tema métodos de extracción de pigmentos antociánicos del maíz morado (*Zea mays L.*).

La investigación está realizada en una selectiva revisión bibliográfica y un profundo análisis crítico de los datos obtenidos relacionado con el estudio. Para la localización de información relacionada con el tema se utilizaron varias bases de datos como: Scopus, Web of Science, Scielo, Google académico, Science Direct, etc. Gran parte de información cualitativa y cuantitativa proviene de diversos temas tanto primarias como secundarias como: libros, revistas, tesis todos los encontramos electrónicos y para completar la búsqueda se hizo lectura y rastreo de bibliografía haciendo referencia a los documentos encontrados.

### - Criterios de selección

Para el análisis se establecieron algunos criterios de selección entre ellos la utilidad para la recolección de información que se utilizó durante el proceso de investigación e establecieron los parámetros siguientes: La información con un nivel de validez alto es decir que sea reconocidos académicamente como libros, revistas, reportes técnicos, tesis donde el 80% pertenece a los últimos 6 años y el 20% corresponde a años anteriores esta información se recopiló de países nacionales e internacionales. Como criterios de búsqueda se incluyen los siguientes descriptores tanto en español como en inglés: *antocianinas, maíz morado, sólido-líquido, colorante, pigmento*. Estas palabras claves fueron combinadas en varias formas, con el objetivo de ampliar los criterios de búsqueda. Al realizar la búsqueda de los documentos, se preseleccionaron varios archivos de los cuales se escogía los que se centraban más a fin de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según (30) manifiestan que, las antocianinas es un colorante que se extrae del maíz morado o de los frutos rojos, la concentración de antocianinas es medido utilizando un espectrofotómetro, con un 95% de confianza, se dice que el método más utilizado y eficaz de extracción es usar como solvente al etanol con el cual concuerda (12) que realizó la extracción de antocianinas con solventes de grado alimenticio como es el etanol y el agua acidificados con ácido cítrico, donde indica que el consumo de altos contenidos de antocianinas en los seres humanos trae grandes beneficios al cuerpo, ya que actúan como antioxidantes naturales, mejorando la circulación sanguínea.

Por lo tanto, conociendo los beneficios que aportan las antocianinas y como lo menciona (17) en sus reportes cada análisis confirma que la extracción de antocianinas de la corona de maíz morado depende de la temperatura y tiempo de extracción para obtener cierto número de antocianinas según la muestra de la que se desee obtener por lo tanto, como ya conocemos (33) indica que el colorante que caracteriza el maíz morado es una antocianina denominado cianidin-3-bglucosa y se encuentra tanto en los granos como en la coronta del maíz, este colorante natural como lo conocemos por parte de (17) recordándonos que el contenido de antocianinas cambia de acuerdo al pH y a la temperatura de la solución.

Autores tales como (15), utilizaron el etanol como solvente para la extracción del pigmento del maíz morado, etanol al 20 % y pH 2, analizando eficientemente la temperatura de 75 °C y tiempos entre los 120 y 240 minutos donde se alcanzaron valores de 35,233 mg/g, de antocianinas. Debemos saber que para elegir un método de extracción es necesario el análisis exhaustivo con pruebas in vitro e in vivo, verificar su eficiencia y sobre todo que tenga un bajo impacto de contaminación ambiental. El maíz morado es una variedad pigmentada de *Zea mays L.*, cuyos granos y coronta presentan color morado, según estudios recientes se ha revelado la presencia de compuestos tales como: un dímero de cianidina, derivados mono y diglicosidos de cianidina, pelargonidina, peonidina y otros fenólicos. La estructura de las antocianinas, determinan una mayor estabilidad frente a cambios de pH, temperatura y exposición a la luz, esto es debido a procesos de pigmentación y asociación intermolecular e intramolecular que se desarrollan en el medio (28).

#### Factores que influyen en la extracción de antocianinas

Para la mayoría de los casos de extracción de

antocianinas, se debe considerar algunos de los principales factores que afectan el proceso de extracción en frutas como: la actividad de agua, la rigidez de la pared celular de la planta o grano a extraer así también se reconocen los parámetros del proceso de extracción como: pH, solvente, temperatura, tiempo, entre otros, en la actualidad los métodos de extracción de antocianinas destinados al uso de las grandes industrias hacen necesario el uso de nuevas tecnologías que a su vez también traen consigo deficiencias, como los altos requisitos de equipo que implican grandes inversiones y estándares de optimización de procesos como rotavapores, plancha de calentamiento-agitación, equipo soxhlet, y secador por atomización (32). Sin embargo, para (2) la temperatura juega un papel muy importante en los procesos de extracción de antocianinas debido a que afecta la recuperación de antocianos, donde los procesos de extracción se repiten durante varias rondas, durante largos periodos de tiempo, donde dependiendo del proceso de extracción dependerá las cantidades de antocianinas totales para aplicaciones comerciales, esos extractos se concentran en forma de pasta espesa en un equipo conocido como rota vapor el mismo que recogido el extracto concentrado se liofiliza para obtener un fino polvo de antocianinas. Resultados similares se han encontrado en otras investigaciones tal es el caso de (19) donde nos indican que las antocianinas siendo susceptibles a la temperatura, el pH y la luz, cambian su color a productos de degradación amarillos o incoloros en estas condiciones, donde se han propuesto varios mecanismos para asegurar la estabilidad de las antocianinas, debido a que para la extracción es posible de que las antocianinas se hidraten, acción a la que se le atribuye a la pérdida de color de las antocianinas, por lo que se han explorado varios mecanismos de estabilización del color, incluida la complicación de iones metálicos, la formación compleja de antocianinas con pigmentos de flavonoides.

#### • Tamaño de partícula

El tamaño de las partículas influye directamente en la extracción de diferentes maneras, ya que los sólidos de tamaño pequeño tienen una mayor superficie de contacto con el líquido y la distancia de difusión entre el soluto y el solvente es menor; por tal motivo la cantidad de soluto transferido es más alto (9).

#### • Solvente

El solvente escogido debe ser altamente selectivo, de baja viscosidad que circule libremente pero conforme la extracción trascorra, la cantidad de soluto aumentara y el gradiente de concentración disminuye,

incrementando progresivamente la viscosidad (9).

- **Agua destilada**

El agua tiene gran capacidad de disolver sustancias iónicas y sustancias polares, la interacción que tiene la molécula de agua con moléculas polares o con iones se facilita por la polaridad de la molécula de agua (9).

- **Etanol**

El etanol, cuya fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , no solo es el producto químico orgánico sintético, sus usos más comunes son industriales, domésticos y medicinales; la industria emplea mucho Etanol como disolvente (9).

- **Metanol**

El metanol es un compuesto químico del grupo de los alcoholes, también conocido bajo el nombre de alcohol metílico, su fórmula es  $\text{CH}_3\text{OH}$ , teniendo una estructura química muy similar a la del agua, diferenciándose tan sólo en los ángulos de enlace (9).

- **Tiempo de extracción**

Es considerado como un factor de menor incidencia en la extracción del colorante, pero a nivel industrial donde se trabaja con grandes volúmenes será un factor muy importante en los costos de operaciones, ya que un tiempo largo de producción baja la rentabilidad (9).

- **pH**

El color de las antocianinas dependerá del pH en el que éstas se encuentran. A valores de pH ácidos, en el rango de 1.0 a 3.0, el pigmento se caracteriza por su coloración roja. Al experimentar un cambio de pH en el rango de 4.0 a 5.0 existirá una decoloración. A pH comprendido entre 7.0 y 8.0 resulta en un profundo color azul (9).

- **Efecto del oxígeno y peróxido de hidrogeno.**

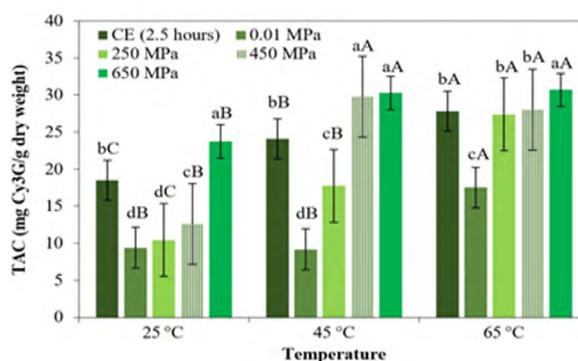
Las antocianinas son compuestos que si se pueden llegar a oxidarse debido a la reacción directa con el oxígeno o por oxidación indirecta con otros compuestos como el peróxido de hidrogeno que han estado previamente oxidados, esto genera productos de color marrón o incoloros y por consiguiente la extracción de antocianinas del maíz morado se limita (9).

- **Temperatura**

Los estudios realizados con las antocianinas han

demostrado que el aumento de temperatura produce la pérdida de una molécula de azúcar y como consecuencia la formación de cetonas incoloras, es por ello que estos pigmentos son fácilmente degradados por el calor, sin embargo el porcentaje de degradación depende de la estructura que presente dicha antocianina (18). La velocidad de degradación de las antocianinas aumenta al elevar la temperatura. Se recomienda aplicar un tratamiento a alta temperatura por corto tiempo, y luego almacenar el producto a bajas temperaturas para tener una mayor retención de pigmentos, como se realizó en el estudio realizado por parte de (31), en donde aplicaron un solvente de etanol al 20% a una temperatura de  $50^\circ\text{C}$  y tiempo de extracción de 60 minutos para tener una mejor concentración de antocianinas.

**Imagen 1.** Efecto de las temperaturas en la obtención de antocianinas.



**Fuente:** (Durazno et al., 2018)

En la imagen 1, se observa la relación del contenido total de antocianinas (mg) con relación a la temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) en un tiempo de 2,5 horas, en el cual nos indica que, a temperaturas de  $25^\circ\text{C}$  y  $45^\circ\text{C}$ , se llega a obtener de 15,5 mg a 25mg de antocianinas, em cambio con una temperatura de  $65^\circ\text{C}$  se llega a obtener 25,5mg de antocianinas, dándonos entonces a entender que la temperatura influye en el contenido total de antocianinas ya que los aumentos de temperatura aumentan la solubilidad del solvente siendo favorables ya que cuentan con una capacidad selectiva de extraer sustancias termolábiles,, también cabe recalcar que las temperaturas elevadas causan alteraciones a las sustancias incluso su descomposición, según (31) menciona que el uso de altas presiones permite que el solvente utilizado para la extracción de antocianinas permanezca en estado líquido estando por encima del punto de ebullición siendo capaces de ayudar a que este penetre en la matriz vegetal y logrando así una mayor extracción.

#### Extracción de las antocianinas

Investigadores tales como (10) nos dan a conocer

un método convencional para la extracción de antocianinas el cual consiste en primer lugar en conseguir la materia prima que es el maíz morado el cual se adquirió de un mercado popular, la mazorca de maíz morado se procedió a un secado en estufa con circulación de aire a 50 °C durante 24 horas, se cortó y molió para reducir el tamaño de partícula, y se tamizó a través de un tamiz de malla 60 durante 5 minutos para facilitar la extracción de antocianinas, también argumenta que el polvo de mazorca de maíz morado se colocó en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) / alcohol etileno-vinílico (EVOH) y se sellaron con una selladora al vacío (Baseline P 100 / 300 w, MULTIVAC, Alemania). Las muestras se almacenaron a 4 °C hasta su uso.

Otro método convencional el cual consiste en que los extractos de mazorca de maíz se preparen utilizando una relación polvo: solvente de 1:30 (p/v), y el solvente utilizado fue una solución de etanol-agua al 20% (v/v) acidificada a pH 2 con HCl 1 ya que facilita la extracción de antocianinas, también menciona que la mezcla se colocó en paquetes flexibles de LDPE/ EVOH/ carbón activado, sellados mediante una máquina de vacío y calentados en un baño termostático durante 2,5 horas a temperaturas de 25 °C, 45 °C y 65 °C. Los extractos se filtraron a través de papel filtro Whatman No. 1 al vacío, se colocaron en botellas color ámbar, se cubrieron con papel aluminio y se almacenaron a 4 °C (4).

En la investigación de (5) se analizó los métodos más comunes para la extracción de las antocianinas de la coronta del maíz morado el cual es la extracción sólido-líquido y la maceración. En este caso los investigadores japoneses desarrollaron un método para extraer las antocianinas el cual es por fermentación también utilizando las tecnologías emergentes como el microondas, ultrasonido, alta presión isostática y fluidos supercríticos, sin embargo, no existe información a detalle sobre la utilización de estas tecnologías para la extracción de las antocianinas. Por otro lado (34) menciona que, el carácter polar que contiene una molécula de antocianina de maíz morado es muy útil para que se vuelva soluble a varios solventes conocidos. De la misma forma, la extracción de las antocianinas se realiza usando solventes como el etanol, agua o la mezcla entre ellos, en diferentes temperaturas, se elige al etanol por su baja toxicidad y porque es usada en muchos ensayos de alimentos (16).

El método de maceración para extraer antocianinas consiste en sumergir a las corontas del maíz morado en un solvente, y dejarlo ahí por 4 a 15 días a una temperatura ambiente (21). Para saber cómo es el método de maceración (29) señalan que la coronta debe

ser molida hasta obtener partículas pequeñas, esto se realiza con la finalidad de romper la pared celular de dicho material para que sea más fácil la liberación de los compuestos de actúan como bioactivos, disminuyendo con esto el tiempo de análisis y la oxidación de este compuesto.

### Métodos de extracción de las antocianinas

Existen diferentes métodos convencionales de extracción de las antocianinas los cuales están enfocados en una tecnología clásica por el bajo costo de producción y mantenimiento. Hay que tomar en cuenta que también existen métodos emergentes que conservan el aporte nutricional del vegetal y sus características organolépticas, como por ej., ultrasonido, microondas, alta presión hidrostáticas y fluidos supercríticos (34).

#### Gráfico 1. Métodos de extracción de las antocianinas.

DISTRITO	DEPARTAMENTO	RAZAS DE MAÍZ	MÉTODO DE EXTRACCIÓN
CAÑETE	Lima	-	-
SAN MARCOS	Cajamarca	Ni	1:100(g ml <sup>-1</sup> de etanol al 20%), pH 2, 30 min a 70°C
ABANCAY	Apurímac		Macerar con 7L de etanol al 60% kg <sup>-1</sup> de muestra, 48 h
LIMA	Lima	Muestra comercial	Macerar con 7:3 (etanol: agua), 4 días
LIMA	Lima	Ni	1:200 (g ml <sup>-1</sup> de etanol a pH 2), 60 min a 90°C
JOYA	Arequipa	TC - PM-581-TJ	

Fuente: ((15); Autores, 2023)

Según (15) en su estudio de los diferentes métodos de extracción de antocianinas, menciona que existen 4 métodos como observamos en la imagen 2, los cuales son: 1:100 (g ml<sup>-1</sup> de etanol L 20%). pH 2, 30 min a 70°C. 2; Macerar con 7L de etanol al 60% kg de muestra, 48h. 3; Macerar con 7:3 (etanol: agua), 4 días. 4; 1:200 (ml<sup>-1</sup> de etanol a pH 2), 60 min a 90°C. De estos cuatro métodos nos indican (15) que todos son de bajo costo, pero el más eficiente es el método que utilice una alta temperatura por corto tiempo, eso quiere decir que el método 1, es el más eficiente, además que al final se obtuvo un pH 2, el cual el pigmento obtenido se caracterizara por una coloración roja (18).

Estos métodos de extracción de antocianinas nos sirven para obtener pigmentos que son utilizados en las industrias farmacológicas y alimentarias con la finalidad de obtener un producto funcional en

beneficio de la salud de sus consumidores otorgándole un alto valor (26).

Para la realización de estudios similares, bajo el método anteriormente presentado (20) nos indica, que para determinar el contenido de antocianinas en alimentos tales como: ciruela, arándano, rábano, remolacha, camote, higo, entre otros es necesario que durante la extracción de antocianinas, en periodos de tiempo el extracto parcial se mantenga en las condiciones adecuadas, protegiéndose de factores externos (luz, exposición al oxígeno), evitando así la oxidación de compuestos fenólicos.

Para terminar (20) indica además que es necesario que también se conozca otros métodos químicos para extraer antocianinas, para conocer si aplicarlas de manera eficiente al proceso en esto está la cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS), que permite identificar los compuestos de antocianinas en plantas y fluidos biológicos; otra técnica utilizada es la resonancia magnética nuclear (NMR), se emplea en análisis de vinos y algunas frutas como bayas negras. Ahora comprendemos por que el método por solventes líquidos es el más utilizado principalmente por su rápida obtención de antocianinas este parámetro es necesario cuando la producción es a gran escala como nos indica (24).

#### Determinación del contenido total de antocianinas (TAC)

Según menciona (14) el método para la determinación de antocianinas (TAC) se utiliza el método de pH diferencial de la AOAC (2005) el cual es un método espectrofotométrico que se basa en la transformación de las estructuras de las antocianinas mediante el cambio de pH (soluciones de pH 1 y pH 4.5); se evalúa midiendo su absorbancia a diferentes longitudes de onda (510 y 700 nm).

## 4. CONCLUSIONES

- Para la extracción de los pigmentos antociánicos de la coronta de maíz morado se conoció que el pigmento extraído presenta grandes ventajas debido a que las mismas estructuras de las antocianinas del maíz morado presentan características favorecedoras como la tolerancia al pH, temperatura y exposición a la luz, entre otros.
- El método más eficiente es el método 1, solidolíquido, el cual nos indica una relación 1:100 (g ml<sup>-1</sup>

de etanol L 20%). pH 2, 30 min a 70°C, en el cual se utiliza una alta temperatura por corto tiempo, eso quiere decir que es el más eficiente, además que al final se obtuvo un pH 2, el cual el pigmento obtenido se caracterizara por una coloración roja.

- Se pudo determinar que existen efectivamente factores que influyen en la extracción del pigmento del maíz morado y están relacionados con el tamaño de la partícula, con el tipo de solvente el tipo o método de extracción
- La determinación del contenido total de antocianinas se utilizó el método de pH diferencial de la AOAC.

## 5. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Akpabli-Tsigbe, N. D. K., Ma, Y., Ekumah, J. N., Osabutey, J., Hu, J., Xu, M., & Johnson, N. A. N. (2021). Novel solid-state fermentation extraction of 5-Ocaffeoylquinic acid from heilong48 soybean using *Lactobacillus helveticus*: Parametric screening and optimization. *LWT*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.LWT.2021.111809>
2. Alappat, B., & Alappat, J. (2020). Anthocyanin pigments: Beyond aesthetics. *Molecules*, 25(23). <https://doi.org/10.3390/molecules25235500>
3. Bagade, S. B., & Patil, M. (2021). Recent Advances in Microwave Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Complex Herbal Samples: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 51(2), 138–149. <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1686966>
4. Boakye, P. G., Okyere, A. Y., Kougblenou, I., Kowalski, R., Ismail, B. P., & Annor, G. A. (2022). Optimizing the extrusion conditions for the production of expanded intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) products. *Journal of Food Science*, 87(8), 3496–3512. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16238>
5. Boateng, I. D. (2023). Evaluating the status quo of deep eutectic solvent in food chemistry. Potentials and limitations. *Food Chemistry*, 406. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135079>
6. 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*. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03072-7>

7. 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>
8. Chen, C., Somavat, P., Singh, V., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Chemical characterization of proanthocyanidins in purple, blue, and red maize co-products 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>
9. Cruz, E. P. U., & Salcán, N. de J. S. (2019). EXTRACCIÓN 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>
10. Dahmoune, F., Nayak, B., Moussi, K., Remini, H., & Madani, K. (2015). Optimization of microwave-assisted extraction of polyphenols from *Myrtus communis* L. leaves. *Food Chemistry*, 166, 585–595. <https://doi.org/10.1016/J.FOOD-CHEM.2014.06.066>
11. Davalos, D. (2019). Determinación de parámetros óptimos de extracción de antocianinas en *Mashua* negra (*Tropaeolum tuberosum*) y evaluación de la actividad antioxidante y polifenoles totales. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
12. 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>
13. Doulabi, M., Golmakani, M. T., & Ansari, S. (2020). Evaluation and optimization of microwave-assisted extraction of bioactive compounds from eggplant peel byproduct. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(11). <https://doi.org/10.1111/JFPP.14853>
14. Durazzo, A., Kiefer, J., Lucarini, M., Camilli, E., Marconi, S., Gabrielli, P., Aguzzi, A., Gambelli, L., Lisciani, S., & Marletta, L. (2018). Qualitative analysis of traditional Italian dishes: FTIR approach. *Sustainability (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/SU10114112>
15. Fernandez-Aulis, F., Hernandez-Vazquez, L., Aguilar-Osorio, G., Arrieta-Baez, D., & Navarro-Ocana, A. (2019). Extraction and Identification of Anthocyanins in Corn Cob and Corn Husk from Caca-huacintle Maize. *Journal of Food Science*, 84(5), 954–962. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14589>
16. 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>
18. Garzón, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología.
19. Gorriti, A., Quispe, F., Arroyo A, J. L., Córdova, A., Jurado, B., Santiago, I., & Taype, E. (2009). Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. "Maíz MORADO" Extraction of anthocyanins from purple corn cobs of *Zea mays* L. *Ciencia e Investigación*, 12(2).
20. Gorriti, A., Quispe, F., Arroyo, J., Córdova, A., Jurado, B., Santiago, I., & Taype, E. (2009). Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. "Maíz Morado" *Ciencia e Investigación*, 12(2), 64–74.
21. Hayashi, K., Ohara, N., & Tsukui, A. (1996). Stability of Anthocyanins in Various Vegetables and Fruits. *Food Science and Technology International*, Tokyo, 2(1), 30–33. <https://doi.org/10.3136/fsti9596t9798.2.30>
22. 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.
23. 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>
24. Jurado Dávila, I. V., Cifuentes, D. F., & Hurtado, N. H. (2020). Evaluación de métodos de extracción de las antocianinas del fruto de *Eugenia malaccensis* y su caracterización por HPLC-ESI-MS. *Revista Cubana de Química*, 32(1).
25. 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>

26. Lucas Fernaández, M. D. (2019). Extracción de Pigmentos Antociánicos de la Coronta de Maíz Morado (*Zea mays* L.) y uso como Colorante en la Elaboración de Yogurt. Repositorio de Tesis - Jose Faustino Sanchez Carrion, 1(1), 73.
27. Mazewski, C., Liang, K., & Gonzalez de Mejia, E. (2017). Inhibitory potential of anthocyanin-rich purple and red corn extracts on human colorectal cancer cell proliferation in vitro. *Journal of Functional Foods*, 34, 254–265. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.04.038>
28. 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>
29. Milagros L. (2019). Extracción de pigmentos antociánicos 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. Rafael, E., Asesor, S., David, M. I., & Valverde, R. U. (2017). Universidad Nacional de Cajamarca.
31. Rajha, H. N., Khabbaz, S., Rached, R. A., Debs, E., Maroun, R. G., & Louka, N. (2020). Optimization of polyphenols extraction from purple corn 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>
32. Rosales, L. G. (2015). Extracción de las antocianinas de la col lombarda. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 1, 10–22.
33. 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>
34. 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>
35. Terrones, J. (2016). Métodos de extracción del colorante de *zea maíz l* (maíz morado) para la elaboración de una bebida saludable.
36. 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>
37. 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>