

Efecto nutracéutico de compuestos bioactivos del maíz morado 
(zea mays l.) Utilizados en prevención y tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas

Nutraceutical effect of bioactive compounds from purple corn (zea mays l.) Used in the
prevention and treatment of chronic degenerative diseases

¹Elena Elizabeth Lon Kan Prado  ORCID , ¹ Roberto Hernández Sampieri ORCID,

¹ Universidad de Celaya, México

Resumen

La alta prevalencia de enfermedades no transmisibles, como enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer y desnutrición a nivel global, junto con la creciente demanda de productos naturales con mínimos efectos secundarios y amigables con el medio ambiente, ha estimulado la investigación en el campo de los nutraceuticos y alimentos funcionales. Este impulso se ha fortalecido gracias al descubrimiento de diversos compuestos fitoquímicos con un gran potencial industrial, siendo un ejemplo destacado el maíz morado.

El Zea mays L. (variedad morada) es un cereal cultivado en Perú desde épocas prehispánicas, utilizado principalmente en la elaboración de chicha y mazamorra morada. En la actualidad, se producen extractos acuosos atomizados para comercializarlos como colorantes naturales en Sudamérica, Asia y Europa. Además de su aplicación culinaria, el maíz morado contiene niveles elevados de antocianinas, responsables de su color morado, y ha demostrado tener efectos protectores en modelos preclínicos de enfermedades crónicas como aterosclerosis, hipertensión arterial, artritis y diabetes mellitus, gracias a las propiedades antioxidantes de las antocianinas.

El cultivo de maíz morado tiene un gran valor en los mercados nacional e internacional debido a su destacado perfil nutricional y su contenido de compuestos bioactivos, como antocianinas y compuestos fenólicos. Estudios han identificado la presencia de ácidos fenólicos como el ácido vanílico, ácido cafeico y ácido ferúlico, así como flavonoides como hesperedina, quercetina y kaempferol.

Palabras Claves: nutraceutico, compuestos bioactivos, maíz morado, antioxidantes, antocianinas.

Abstract

The high prevalence of non-communicable diseases, such as cardiovascular diseases, diabetes, cancer and malnutrition globally, together with the increasing demand for natural products with minimal side effects and environmentally friendly, has stimulated research in the field of nutraceuticals. and functional foods. This momentum has been strengthened thanks to the discovery of various phytochemical compounds with great industrial potential, a notable example being purple corn.

Zea mays L. (purple variety) is a cereal cultivated in Peru since pre-Hispanic times, mainly used in the production of chicha and purple mazamorra. Currently, atomized aqueous extracts are produced to be marketed as natural colorants in South America, Asia and Europe. In addition to its culinary application, purple corn contains high levels of anthocyanins, responsible for its purple color, and has been shown to have protective effects in preclinical models of chronic diseases such as atherosclerosis, high blood pressure, arthritis and diabetes mellitus, thanks to the antioxidant properties of anthocyanins.

The purple corn crop has great value in national and international markets due to its outstanding nutritional profile and its content of bioactive compounds, such as anthocyanins and phenolic compounds. Studies have identified the presence of phenolic acids such as vanillic acid, caffeic acid and ferulic acid, as well as flavonoids such as hesperedin, quercetin and kaempferol.

Keywords: nutraceutical, bioactive compounds, purple corn, antioxidants, anthocyanins.

REVISIÓN DE LITERATURA

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de Salud (OPS), las enfermedades no transmisibles (o crónicas) son afecciones de larga duración con una progresión generalmente lenta. Son enfermedades que no tienen una verdadera cura y la terapia consiste en tratamientos paliativos con fármacos para mantener a la persona en un estado funcional. Son las causantes de la mayoría de fallecimientos y de discapacidades a nivel mundial.

La elevada prevalencia de enfermedades como las cardiovasculares, la diabetes, el cáncer y la desnutrición, entre otras, junto con la búsqueda de productos menos perjudiciales para el medio ambiente y la creciente demanda de productos naturales con procesamiento mínimo y escasos o nulos efectos secundarios en la salud, ha impulsado la investigación en el ámbito de los nutraceuticos y alimentos funcionales. Este impulso se ha visto favorecido por el descubrimiento de diversos compuestos fitoquímicos con un amplio potencial en la industria (Mendoza-Mendoza *et al.*, 2017).

En la actualidad, se ha observado un aumento en el consumo de alimentos ricos en lípidos, los cuales pueden provocar enfermedades cardiovasculares en los seres humanos. Por esta razón, se busca alternativas naturales que puedan abordar estos problemas de salud sin los posibles efectos secundarios asociados al uso de productos o medicamentos sintéticos. En este contexto, el maíz morado y sus pigmentos emergen como una opción prometedora para mejorar la salud humana (Foy, 2010).

En un intento de evaluar empíricamente el efecto del extracto de maíz morado en personas con prehipertensión o hipertensión en etapa 1 que no toman medicamentos antihipertensivos, se propuso la hipótesis de que el consumo diario de una cápsula de extracto de maíz morado (300 mg) reduciría la presión arterial sistólica y diastólica. Esto es especialmente relevante dado que muchos peruanos con hipertensión leve o elevada no están bajo tratamiento farmacológico, y las estimaciones de la prevalencia de la hipertensión en el Perú son significativas, oscilando entre el 16% y el 31% en hombres y entre el 15% y el 23% en mujeres (Finkel *et al.*, 2013).

A través del modelo de artritis experimental en roedores inducido por pristane, se genera una respuesta autoinmune específica, mediada por células T, que afecta principalmente las uniones periféricas cartilagosas y diartrodiales. Este modelo reproduce cambios patológicos progresivos y crónicos, como sinovitis con infiltración de polimorfonucleares y mononucleares, formación de panus, erosión de hueso y cartílago, y fibrosis articular. Dado que comparte numerosas características con la artritis en humanos, este modelo resulta atractivo para evaluar posibles agentes terapéuticos como el maíz morado en el manejo de la enfermedad (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

El Perú, caracterizado por su extraordinaria biodiversidad, cuenta entre sus recursos vegetales con el maíz morado (*Zea mays* L.), el cual presenta más de 35 variedades, todas derivadas de la raza Kculli, que aún se cultiva activamente. Las áreas principales de producción se encuentran en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, Ancash, Lima y Arequipa, abarcando la costa y valles interandinos de la sierra hasta los 3200 metros sobre el nivel del mar (Ccaccya *et al.*, 2019).

El maíz (*Zea mays* L. Amiláceo) es una planta originaria del continente americano, y la variante amilácea morada se encuentra en la región andina de países como Bolivia, Chile, Argentina, Ecuador y Perú. Este tipo de maíz se consume en diversas formas, como grano sancochado, harina y en la preparación de bebidas. Además, se utiliza para extraer pigmentos, especialmente la antocianina, que se emplea como colorante en alimentos, cosméticos, textiles y pinturas (Foy, 2010).

El maíz morado, perteneciente a la especie *Zea mays* L., es originario de la región andina y se cultiva extensamente en países como Perú, Ecuador y Bolivia. En Perú, su cultivo se remonta a la época prehispánica, abarcando alrededor de 5000 hectáreas. Las variedades cultivadas incluyen tanto las tradicionales, como Negro de Junín, Morado de Caraz, Arequipeño, Cuzco morado y Canteño, como variedades mejoradas como PMV 581, INIA 601 e INIA 615. Estas variedades son notables por su elevado contenido de antocianinas, que son flavonoides presentes en diversas partes de la planta, siendo más concentradas en la mazorca al final del periodo vegetativo (Vásquez *et al.*, 2020).

El maíz morado (*Zea mays* L.) pertenece a la raza Kculli, una de las 52 razas cultivadas en los Andes peruanos. Su singularidad radica en que sus granos, brácteas y coronta (tusa) exhiben un color morado a negro debido a la presencia de antocianinas. Estos son pigmentos naturales hidrosolubles pertenecientes al grupo de los flavonoides, presentes en las vacuolas de células vegetales, que confieren colores rojos, púrpuras o azules a diversas plantas, como arándanos, cerezas, frambuesas, repollo morado, berenjena y maíz. La cantidad de antocianinas en el maíz depende del genotipo, órgano de la planta y condiciones ambientales (Medina-Hoyos *et al.*, 2020).

El maíz morado (*Zea mays* L.) es una variedad de maíz con almidón y pigmentación violeta, originaria de la raza peruana Kculli, que significa "negro" en quechua, una lengua nativa. Esta raza se desarrolló a partir de la raza proto-Kculli precolombina en las tierras altas de Perú, aproximadamente hace unos 4000 años. Se ha convertido en un cereal fundamental para las comunidades indígenas de la región andina en Sudamérica, abarcando países como Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Gálvez *et al.*, 2021).

El *Zea mays* L. (variedad morada) es un cereal cultivado en Perú desde tiempos prehispánicos, utilizado principalmente en la preparación de chicha y mazamorra morada. Actualmente, se elaboran extractos acuosos atomizados para su comercialización como colorantes naturales en Sudamérica, Asia y Europa. Además de su uso culinario, el maíz morado contiene altos niveles de antocianinas, responsables de su color morado, y ha demostrado tener efectos protectores en modelos preclínicos de enfermedades crónicas como aterosclerosis, hipertensión arterial, artritis y diabetes mellitus, debido a las propiedades antioxidantes de las antocianinas (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

El maíz morado peruano ha sido objeto de estrategias de mejora genética para aumentar su contenido de antocianinas, y se han analizado diversas muestras genéticas con el fin de identificar germoplasma de maíz con altos niveles de antocianinas. Aunque el maíz morado es originario de la región andina, los programas de mejora genética que consideran las condiciones ambientales variables de la región son limitados. El cultivo de maíz morado se ha extendido en diferentes regiones de Perú y ha sido promovido como un "superalimento" desde 2017, lo que ha aumentado su demanda a nivel nacional e internacional (Gálvez *et al.*, 2021).

En cuanto al papel fisiológico y bioquímico de las antocianinas en la regulación de la presión arterial, estudios en animales han revelado que el extracto de maíz morado, rico en antocianinas, reduce significativamente la presión arterial sistólica y diastólica en ratas hipertensas. Estos estudios no han mostrado evidencia de toxicidad ni mutagenicidad en ningún nivel de dosis, incluso en niveles elevados, y no se observaron efectos adversos (Finkel *et al.*, 2013).

El cultivo de maíz morado tiene un alto valor tanto en el mercado nacional como internacional debido a su destacado potencial nutricional y su contenido de compuestos bioactivos, como antocianinas y compuestos fenólicos. Investigaciones han identificado la presencia de ácidos fenólicos como el ácido vanílico, ácido cafeico y ácido ferúlico, así como flavonoides como hesperedina, quercetina y kaempferol (Ccaccya *et al.*, 2019).

Dada la importancia económica y nutracéutica del maíz morado, se han llevado a cabo numerosos estudios sobre el contenido y la extracción de antocianinas, enfocándose principalmente en el grano (pericarpio) y la coronta. Los resultados revelan que la coronta presenta la mayor concentración de antocianinas, con valores que oscilan entre 10.86 mg y 1516 mg por cada 100 gramos. En cambio, el contenido en el pericarpio es relativamente bajo, variando de 1.085 mg a 6.57 mg por cada 100 gramos. Sorprendentemente, no se ha prestado atención al contenido de antocianinas en las brácteas de la mazorca, a pesar de observaciones previas que sugieren que podrían contener más antocianinas que el propio pericarpio (Vásquez *et al.*, 2020).

En contraste con otras variedades de maíz morado en el norte y Mesoamérica que presentan pigmentos azules, las variedades andinas acumulan mayores concentraciones de antocianinas, no solo en la capa externa del grano, sino también en la mazorca y la cáscara. Investigaciones previas han demostrado que el maíz morado andino fresco tiene un contenido total de antocianinas entre 4 y 11 veces mayor que los arándanos. Además, se han identificado otros compuestos fenólicos, como flavonoides y ácidos fenólicos, en el maíz morado andino. Estas altas concentraciones de metabolitos fenólicos se han asociado con propiedades bioactivas beneficiosas para la salud, como antioxidantes, antihiperoglucémicos, antiobesidad, antiinflamatorios y anticancerígenos (Gálvez *et al.*, 2021).

Las antocianinas, responsables del color en el maíz morado, incluyen varios glucósidos de cianidina, pelargonidina y peonidina, así como galactósido de cianidina, tanto libres como acilados. Actualmente, se están produciendo extractos acuosos atomizados. Estas antocianinas son colorantes naturales obtenidos de una variedad única de maíz cultivada en Perú, utilizada tradicionalmente en la elaboración de bebidas y postres con tonalidades que van desde el morado rojizo hasta el morado oscuro (Foy, 2010).

La relevancia del maíz morado se atribuye en gran medida a su elevado contenido de antocianinas, pigmentos responsables de los colores morado, rojo y azul en flores, hojas y frutos. Este maíz es de interés para la industria de colorantes alimenticios, gracias a su capacidad para proporcionar colores atractivos, y para la industria farmacéutica, debido a sus beneficios para la salud. Diversos estudios han demostrado que las antocianinas poseen propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antimicrobianas, antidiabéticas y antiinflamatorias (Ccaccya *et al.*, 2019).

Estos colorantes naturales son empleados en una variedad de productos, como bebidas, vegetales en conserva, mermeladas, panificación, helados, gelatinas, gomas de mascar y salsas.

A nivel internacional, la antocianina se exporta desde Perú a países como Japón y Alemania, donde se utiliza para equilibrar el color de licores de fantasía. A nivel local, se utiliza para colorear yogur y, en menor medida, en bebidas alcohólicas como vinos (Foy, 2010).

Estos pigmentos presentan un potencial sustancial como alternativa a colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos, generando productos con valor agregado para el consumo humano. Reconocido por la Unión Europea y la Legislación Japonesa con el Código E-163, el cultivo de maíz morado en la sierra peruana puede ser una opción rentable para los agricultores, ofreciendo mayores ingresos en comparación con el maíz amiláceo tradicional (Medina-Hoyos *et al.*, 2020).

Los pigmentos antocianínicos en el maíz exhiben diversos colores y resultan de la interacción de genes ubicados en diferentes cromosomas. En la plántula, pericarpio, coronta y brácteas, hay alelos múltiples en los loci P y R que determinan colores como rojo, rojo punteado, rojo vetado y verde. El color del grano de maíz azul, como el de los valles altos de México, se cree que está regulado por varios genes. La expresión final de los colores en la planta de maíz está influenciada por factores ambientales y la interacción genotipo-ambiente (Vásquez *et al.*, 2020).

Las antocianinas son pigmentos naturales con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, cicatrizantes y antifúngicas, con potencial terapéutico para la curación de heridas mediante aplicación tópica. La aplicación de antocianinas en dosis bajas de la batata morada en la piel previene el daño causado por los rayos UV, reduciendo la radiación UVB que alcanza la epidermis (Rimdusit *et al.*, 2019).

Los polifenoles, compuestos pigmentados presentes en diversas plantas, y las antocianinas, una subcategoría de polifenoles, han sido objeto de numerosas investigaciones destinadas a evaluar sus propiedades antioxidantes, anticancerígenas y antiinflamatorias. Las antocianinas, pertenecientes al grupo de flavonoides de fitoquímicos, son pigmentos solubles en agua que pueden adquirir tonalidades rojas, moradas o azules según el pH y la presencia de copigmentos. Consumir alimentos ricos en antocianinas se ha asociado con la prevención o el retraso de enfermedades relacionadas con el envejecimiento, enfermedades cardiovasculares, diabetes, disfunción cognitiva y cáncer, además de actuar como potenciadores del sistema inmunológico y agentes antihipertensivos (Finkel *et al.*, 2013).

La presencia significativa de antocianina en el maíz morado sugiere que esta sustancia podría ser una de las más saludables para combatir el envejecimiento. La antocianina, un flavonoide y antioxidante de la planta, tiene la capacidad de neutralizar los radicales libres, moléculas inestables que pueden dañar las células y el ADN, siendo la causa de enfermedades relacionadas con el envejecimiento y el cáncer. Además, ayuda en la regeneración de la piel, previniendo la formación de arrugas (Foy, 2010).

Las enfermedades articulares inflamatorias crónicas comparten una respuesta inflamatoria aumentada relacionada con el estrés oxidativo, lo que resulta en cambios histológicos progresivos y síntomas discapacitantes. Los productos naturales, utilizados en la medicina tradicional durante milenios, ofrecen una alternativa prometedora con menores efectos adversos y eficacia comparable a los medicamentos convencionales en patologías articulares. Sin embargo, en muchos casos, la falta de evidencia clínica sobre seguridad, eficacia y calidad dificulta la entrega de productos terapéuticos confiables a la población (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Se han identificado seis tipos de antocianinas, siendo la Cianidina 3-O-b-Glucósido la responsable del 70 por ciento de la intensidad del color. Estas sustancias tienen diversas funciones en las plantas, desde protección contra radiación ultravioleta hasta atracción de polinizadores. En la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, la demanda de antocianinas es considerable como alternativa a colorantes sintéticos (Medina-Hoyos *et al.*, 2020).

La cianidina-3-glucósido se identifica como la principal antocianina responsable de las propiedades antioxidantes del maíz morado, y su cuantificación se ha realizado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), utilizando variedades de maíz morado de Cajamarca, Lima y México (Ccaccya *et al.*, 2019).

En el marco de estos avances científicos, se ha identificado que las plantas producen antocianinas, que son metabolitos secundarios pertenecientes a la categoría de flavonoides. Estas sustancias poseen propiedades antioxidantes que pueden tener impactos positivos en la salud al disminuir la incidencia de enfermedades coronarias, así como por sus propiedades anticancerígenas, efecto vasoprotector, acción antiinflamatoria, prevención de déficits de memoria, funciones neuroprotectoras, efectos citoprotectores, entre otros beneficios. Además, cabe destacar que las antocianinas pueden ser empleadas como colorantes naturales en la industria alimentaria y textil (Mendoza-Mendoza *et al.*, 2017).

La eficacia de las antocianinas se demostró en un estudio con conejos diabéticos inducidos con aloxano. Después de 28 días, se comprobó experimentalmente que la antocianina fue más efectiva para reducir los niveles de glucosa, con disminuciones del 10,78% a los 7 días, 10,54% a los 14 días y 17,33% a los 21 días. También se observó una reducción en los porcentajes de variación de triglicéridos en un 22,74% con la antocianina y un 22,60% con el tratamiento de própolis a los 28 días (Foy, 2010).

La artritis reumatoide (AR) se presenta como una enfermedad inflamatoria sistémica de duración prolongada, con causas múltiples y origen autoinmune. Su rasgo distintivo es el dolor y el deterioro progresivo de las articulaciones, con consecuente discapacidad. En Lima metropolitana, la prevalencia de la AR fue del 0,32% en 2004, pero aumentó al 0,51% según el primer estudio CopCORD en Perú en 2009. Esta enfermedad no solo afecta la calidad de vida del paciente, sino también a su familia y a la sociedad en general, generando costos significativos directos e indirectos. En Perú, el 55,6% del costo de la medicación durante los dos primeros años de la enfermedad es representado por la AR (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Considerando que el contenido de compuestos bioactivos está influenciado por factores intrínsecos como la genética de la planta y factores extrínsecos como las condiciones ambientales de cultivo, se llevó a cabo una comparación de la concentración de polifenoles totales, flavonoides, antocianinas totales y cianidina-3-glucósido en la coronta del maíz morado, proveniente de tres regiones diferentes del Perú (Ccaccya *et al.*, 2019).

Los fitoquímicos presentes en el maíz morado ofrecen beneficios para la salud, como capacidad antioxidante, neutralización de radicales libres y acción anti mutagénica. Estos compuestos actúan como protectores capilares y venosos, previniendo problemas de aterosclerosis y enfermedades cardiovasculares al estimular la circulación sanguínea y proteger los vasos sanguíneos. El maíz morado también muestra efectos antiinflamatorios, promueve la regeneración de tejidos y la formación de colágeno, siendo beneficioso para la salud de la piel. Además, ayuda a controlar los niveles de colesterol y mantener una presión arterial baja, siendo favorable para personas con diabetes y obesidad. Se investiga su potencial para prevenir enfermedades como el cáncer de colon y su capacidad diurética e hipotensora, lo que lo convierte en una base para la producción de alimentos funcionales (Medina-Hoyos *et al.*, 2020). Sin embargo, en estudios limitados con humanos, un ensayo controlado con placebo y a pequeña escala no encontró diferencias significativas en la presión arterial ni en la reactividad cardiovascular y de catecolaminas al estrés entre participantes que consumieron concentraciones elevadas de antocianinas. Otro estudio con la misma muestra no mostró beneficios a corto plazo en los marcadores fisiopatológicos de la enfermedad cardiovascular (Finkel *et al.*, 2013).

En Arequipa, la segunda región productora de maíz morado en Perú, se cultiva tanto en tierras bajas con sistemas de riego cerca del nivel del mar como en altitudes andinas (2500–3000 msnm) para reducir la incidencia de plagas y permitir el cultivo orgánico. Sin embargo, las

condiciones ambientales en las tierras bajas, como la alta temperatura y humedad, aumentan la necesidad de pesticidas. Este estudio se propuso comparar la composición de metabolitos del maíz morado cultivado en estas dos ubicaciones mediante técnicas analíticas, evaluando diferencias en la calidad física y propiedades antioxidantes y antihiper glucémicas. El conocimiento obtenido contribuirá a comprender los cambios en los metabolitos relevantes para la salud en función de la ubicación geográfica, siendo útil para futuras mejoras en la agricultura local en la región andina (Gálvez *et al.*, 2021).

A pesar de que algunas afirmaciones sobre estas propiedades saludables pueden estar exageradas o basadas en estudios poco sólidos, esto no parece haber afectado la comercialización de productos ricos en antocianinas, como es evidente en el caso del acai promocionado como alimento saludable (Finkel *et al.*, 2013).

Este trabajo de revisión tuvo como objetivo, recopilar información de estudios realizados sobre el efecto nutracéutico de los extractos del maíz morado y sus productos en la prevención y tratamiento de las enfermedades crónicas degenerativas, tales como las enfermedades cardiovasculares, reducción del colesterol, lucha contra la diabetes, el antienvejecimiento, etc.

METODOLOGÍA

Para la realización del presente artículo de revisión se procedió a la búsqueda bibliográfica, seleccionándose los artículos científicos en español o inglés, nacionales o internacionales, relacionados con los resultados de la utilización de los extractos del maíz morado y sus productos en la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados y discusión focalizado sobre el objetivo de la revisión, el efecto de los extractos o productos de maíz morado en el tratamiento de algunas enfermedades.

Características y propiedades funcionales del maíz morado

El *Zea mays* L. variedad morado es una cepa genética de maíz originaria de Perú. La mazorca de este maíz, compuesta en un 85% por grano y 15% por coronta (tusa), es especialmente notable por su alto contenido de antocianina, un pigmento presente en mayor medida en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano. Este maíz morado desempeña un papel destacado en la dieta peruana y se utiliza comúnmente en la elaboración de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Los componentes benéficos del maíz morado incluyen ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre, fósforo y compuestos fenólicos. Estos últimos, en particular, actúan como antioxidantes al neutralizar especies reactivas de oxígeno e inhibir enzimas productoras de radicales libres (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Las antocianinas, un tipo de compuesto fenólico presente en el maíz morado, son pigmentos hidrosolubles que contribuyen al color púrpura distintivo de este maíz. La distribución y tonalidad de estas antocianinas dependen de diversos factores, como sustituyentes glicosídicos y posición en el grupo flavilio. Se ha observado que la cáscara del maíz morado contiene aproximadamente diez veces más antocianinas que otras partes de la planta, lo que sugiere un potencial para la producción industrial de este compuesto (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

El maíz morado, además de ser un alimento esencial en la dieta peruana, se considera un alimento funcional con propiedades antioxidantes. Sus componentes, como la cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3- β -glucósido, peonidina-3- β -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina

y hesperidina, han demostrado retardar el envejecimiento celular y contrarrestar los efectos nocivos de radicales libres, estrés oxidativo y carcinogénesis (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Investigaciones en ratas de laboratorio respaldan la idea de que las antocianinas del maíz morado tienen propiedades antimutagénicas y pueden afectar positivamente la presión arterial mediante actividades vasodilatadoras dependientes del óxido nítrico. Además, se ha observado que el consumo de antocianinas mejora la agudeza visual y el comportamiento cognitivo en animales de laboratorio (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Aunque existen numerosas investigaciones sobre las propiedades biológicas y antioxidantes in vitro de las antocianinas del maíz morado, la evidencia in vivo es limitada. La biodisponibilidad y el metabolismo de las antocianinas en humanos son áreas que requieren mayor exploración para comprender completamente sus efectos en la salud (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Efecto de las antocianinas sobre las hiperlipidemias en ratas albinas

Las antocianinas presentes en el maíz morado han demostrado reducir significativamente (79.40%) los niveles de triglicéridos en la sangre. Este efecto beneficioso se observa tanto al incluir los extractos de antocianinas como parte de la dieta en un 5%, como al consumirlos en forma de chicha morada en una proporción del 20%. En situaciones donde una dieta rica en grasas eleva los niveles de triglicéridos, la incorporación de los pigmentos del maíz morado o antocianinas en la dieta resulta en una disminución de estos niveles, contribuyendo así a la mejora de la salud en términos de concentraciones de lípidos (Foy, 2010).

En cuanto al colesterol total en la sangre, su elevación está asociada a problemas cardiovasculares y cerebrovasculares. Experimentalmente, se indujo hipercolesterolemia en ratas albinas durante 15 días, seguida de un tratamiento con antocianinas (pigmentos del maíz morado) durante otros 15 días, logrando una reducción significativa (66.54%) en las concentraciones sanguíneas de colesterol. Este hallazgo sugiere que el consumo de antocianinas, ya sea como pigmento o extracto (como en el caso de la chicha morada), podría reducir eficazmente la colesterolemia y mejorar la salud en individuos con elevaciones de colesterol total (Foy, 2010).

Es crucial señalar que tanto el pigmento como la chicha morada logran reducciones similares en las concentraciones de colesterol, indicando que son los pigmentos extraídos los responsables de estas mejoras. Dado que los niveles elevados de colesterol pueden provocar aterosclerosis, consumir antocianinas del maíz morado podría prevenir la formación de placas arteriales y, en caso de que ya existan, evitar su empeoramiento (Foy, 2010).

En relación con las lipoproteínas, las cuales transportan los lípidos en la sangre, se destaca la importancia de las lipoproteínas de baja densidad (LDL o "colesterol malo"). Tras administrar una dieta hipergrasa a ratas durante 15 días, se observó un aumento en las lipoproteínas LDL. Sin embargo, el tratamiento con antocianinas resultó en una reducción significativa del 90.74%, indicando un impacto positivo en la disminución del "colesterol malo". Estos resultados sugieren que el consumo de antocianinas del maíz morado podría ser beneficioso para prevenir problemas circulatorios relacionados con elevaciones de estas lipoproteínas LDL (Foy, 2010). Los resultados obtenidos en este estudio, realizado en ratas albinas, sugieren que el metabolismo de lípidos en estos animales responde de manera similar al de los seres humanos. Por lo tanto, estos hallazgos podrían ser extrapolados a la población humana, respaldando la idea de que el consumo de antocianinas del maíz morado puede mejorar los niveles de lípidos y prevenir problemas cardiovasculares (Foy, 2010).

Efecto protector osteoarticular del maíz morado en la artritis experimental en ratas

Se llevó a cabo un experimento con dos grupos de control, uno compuesto por ratas con la enfermedad inducida (n=10) y otro por animales sin la enfermedad (n=5). La asignación a los grupos de tratamiento se realizó mediante muestreo aleatorio simple, utilizando 65 ratas de la

cepa Holtzman, hembras de diez semanas, obtenidas en el Instituto Nacional de Salud (INS). Estas ratas fueron alojadas en el bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en condiciones controladas de luz-oscuridad (12:12 h) y temperatura ambiente de aproximadamente 23 °C. Se les proporcionó una dieta balanceada peletizada y acceso libre al agua, con un período de acondicionamiento de siete días antes del inicio del experimento (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Al final del tratamiento, se observó que el porcentaje acumulado de inflamación fue significativamente menor en el grupo que recibió Zea mays L. 1000 mg/kg, seguido por el grupo tratado con metotrexate + Zea mays L. 1000 mg/kg, en comparación con el grupo que solo tenía la enfermedad inducida (PIA) (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Se destacó una respuesta antiinflamatoria del 76,7 % en ratas artríticas tratadas con Zea mays L. 1000 mg/kg, mientras que el grupo tratado con metotrexate + Zea mays L. 1000 mg/kg mostró una respuesta del 73,1 %. Además, los animales tratados con Zea mays L. 1000 mg/kg y metotrexate + Zea mays L. 1000 mg/kg presentaron una puntuación articular total significativamente menor en comparación con el grupo solo con PIA (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

En el grupo PIA se observó una mayor erosión ósea y de cartílago, así como periostitis en comparación con los grupos tratados con PIA, indometacina y Zea mays L. 100 mg/kg. Las ratas tratadas con Zea mays L. 1000 mg/kg + metotrexate mostraron un menor grado de desmineralización ósea, periostitis, erosión ósea y de cartílago (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

La respuesta inflamatoria y el daño articular fueron significativamente menores en las ratas con artritis experimental tratadas con Zea mays L. 1000 mg/kg y metotrexate + Zea mays L. 1000 mg/kg. Se observó que Zea mays L. a 1000 mg/kg, ya sea como monoterapia o en combinación con metotrexate, tuvo la misma eficacia antiinflamatoria. Además, se notó que Zea mays L. redujo la respuesta inflamatoria de manera dosis-dependiente, siendo más eficaz a una dosis de 1000 mg/kg. La combinación de metotrexate y Zea mays L. 1000 mg/kg no mostró un efecto sinérgico significativo en comparación con el grupo que solo recibió Zea mays L. 1000 mg/kg (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

El maíz morado (Zea mays L. variedad morada) ha despertado interés en la investigación en salud. Estudios fitoquímicos indican que las antocianinas constituyen del 30,5 % al 47,1 % de los compuestos fenólicos presentes en el maíz morado. Estas antocianinas, como el cianidin-3-glucósido (C3G), poseen propiedades antioxidantes que actúan contra los radicales libres de oxígeno (ROS), implicados en daños tisulares, especialmente en articulaciones con afecciones isquémicas, tumores y carcinogénesis (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

El C3G demostró significativa actividad antioxidante en ratas *in vivo*, capturando radicales superóxido e hidroxilo. La antocianina cianidin-3-O-B-D-glucósido, presente en el maíz morado, redujo el edema en patas de ratas con artritis experimental y mitigó la reacción inflamatoria en las articulaciones al inhibir citoquinas proinflamatorias como TNF α . También se evidenció una disminución en los niveles de prostaglandina E2 y TNF α , sugiriendo un posible mecanismo farmacológico en el control del proceso inflamatorio articular (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Se plantea que las antocianinas de Zea mays L. reducen la respuesta inflamatoria en la articulación maleolar, disminuyendo la progresión de la enfermedad, según los resultados radiológicos que indican una reducción significativa en parámetros como desmineralización, erosión ósea y cartílago, periostitis y alineamiento de falanges, en comparación con ratas tratadas solo con PIA (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

En la artritis, el estrés oxidativo se vincula con inestabilidad genómica, senescencia replicativa y disfunción de condrocitos en el cartílago. La presencia de ROS contribuye a la inflamación y destrucción del cartílago articular. Se ha observado un aumento de ROS y estrés oxidativo en pacientes con artritis, asociado a la degeneración articular. Por lo tanto, estrategias para

prevenir el desarrollo y la progresión de la artritis deben incluir intervenciones destinadas a reducir el daño oxidativo en el cartílago articular (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Las antocianinas del maíz morado han mostrado un efecto antiproliferativo en carcinogénesis colorrectal, sugiriendo un posible papel inmunosupresor e inhibidor de la proliferación del panus sinovial (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Como limitación, al ser un estudio experimental, sus resultados no pueden extrapolarse directamente al tratamiento de la artritis reumatoide en humanos. Se sugiere realizar estudios más rigurosos con marcadores bioquímicos e inmunológicos de la inflamación. También se plantea la necesidad de purificar la antocianina del maíz morado, determinar dosis efectivas máximas y tóxicas, y explorar su aplicación como terapia adyuvante en la artritis reumatoide en el futuro (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Efecto de las antocianinas y melatonina del maíz morado ceroso sobre la producción de colágeno

En investigaciones, se encontró que las antocianinas de los arándanos inhiben el fotoenvejecimiento en fibroblastos dérmicos humanos irradiados con UVB al reducir las metaloproteinasas de la matriz colanólica. Subproductos del maíz morado, como seda, mazorca y cáscara, han despertado interés por su contenido rico en antocianinas. Tres antocianinas principales, cianidina-3-glucósido (C3G), pelargonidina-3-glucósido (Pg3G) y peonidina-3-glucósido (Pn3G), se identificaron en extractos de maíz morado mediante técnicas como cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) y espectrometría de masas (Rimdusit *et al.*, 2019).

Los extractos hidroalcohólicos de subproductos del maíz morado, especialmente de seda, mostraron altos contenidos de compuestos fenólicos totales y antocianinas. Los fibroblastos de la piel desempeñan un papel clave en la regeneración y cicatrización de heridas, y estudios anteriores indican que las antocianinas pueden aumentar la producción de colágeno en estas células (Rimdusit *et al.*, 2019).

Efecto del extracto de maíz morado rico en antocianinas sobre la presión sanguínea de adultos

Este pequeño ensayo inicial evidenció que, en individuos con prehipertensión o hipertensión en etapa 1, la ingesta de una cápsula de extracto de maíz morado durante un breve período (3 semanas) aparentemente resultó en beneficios, mostrando una reducción en la presión arterial sistólica y diastólica. Ninguno de los participantes estaba utilizando medicamentos antihipertensivos. Los resultados revelaron que, sin importar la edad, género, índice de masa corporal o la lectura inicial promedio de presión arterial, las lecturas disminuyeron desde el inicio hasta la conclusión del estudio, especialmente después de consumir la cápsula de extracto de maíz morado durante las 3 semanas. Aquellos con lecturas iniciales más altas experimentaron la reducción más notable, aunque al final del estudio las lecturas de presión arterial en el grupo 2 comenzaron a mostrar signos de aumento, aunque no estadística ni clínicamente significativo. En resumen, el extracto de maíz morado parece reducir las lecturas de presión arterial, pero este efecto puede disminuir con el tiempo (Finkel *et al.*, 2013).

Este estudio piloto presenta limitaciones, como el tamaño reducido de la muestra y la breve duración del tratamiento (3 semanas). Sería esclarecedor seguir a los participantes durante un periodo más extenso para evaluar posibles cambios en la presión arterial después del uso continuado del extracto de maíz morado. Dada la información obtenida, sería valioso realizar un estudio más amplio a lo largo del tiempo para examinar la eficacia del extracto de maíz morado en la presión arterial. Además, se requieren investigaciones adicionales sobre los mecanismos de acción y la farmacocinética del extracto de maíz morado o las antocianinas en general. La cápsula de 300 mg utilizada en este estudio contenía una cantidad reducida de

antocianinas (6%), por lo que explorar los efectos de dosis mayores podría ser relevante para comprender mejor su impacto a largo plazo en la presión arterial (Finkel *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones de los compuestos nutracéuticos de maíz morado, así como las conclusiones sobre su efecto en el tratamiento de algunas enfermedades.

Características y propiedades funcionales de maíz morado

Las investigaciones científicas indican que los pigmentos hidrosolubles encontrados en el maíz morado, conocidos como antocianinas, tienen la capacidad de ser empleados en las industrias farmacológicas y alimentarias para desarrollar productos funcionales que beneficien la salud de los consumidores, brindándoles un valor añadido significativo. Estudios experimentales han evidenciado que aumentar la ingesta de antocianinas puede reducir la presión arterial en individuos hipertensos y aumentar la capacidad antioxidante total de la sangre. Además, su consumo regular podría ser beneficioso para aquellos que no padecen enfermedades, mejorando su calidad de vida sin provocar efectos secundarios. Aunque las propiedades del maíz morado son desconocidas para muchos consumidores, futuras investigaciones, como las relacionadas con infusiones de antocianina o aceite de maíz morado, y una información adecuada podrían dar a conocer sus atributos, incentivando un consumo más frecuente y sostenido (Guillén-Sánchez *et al.*, 2014).

Análisis de metabolitos primarios y secundarios, bioactividad in vitro y características físicas de maíz morado de dos localizaciones geográficas

El maíz morado cultivado en dos ubicaciones andinas de Perú, tanto en tierras bajas como en tierras altas, exhibió disparidades en la composición de metabolitos primarios y secundarios, así como en la calidad funcional in vitro relacionada con la salud y algunas características físicas. Los granos de maíz morado provenientes de la región montañosa presentaron mayores niveles de ceniza, fibra cruda, contenidos fenólicos totales, ácido ferúlico unido, capacidad antioxidante total de DPPH y actividades inhibitorias de α -amilasa. En contraste, las mazorcas mostraron mayores niveles de flavonoides (antocianinas y quercetina) y la capacidad antioxidante total de ABTS en comparación con las muestras de tierras bajas (Gálvez *et al.*, 2021).

A pesar de una fuerte actividad inhibidora de la α -glucosidasa en el maíz morado (tanto granos como mazorcas), no se observaron efectos en la localización andina. Sin embargo, se identificaron características físicas vinculadas al rendimiento que eran mayores en el maíz morado cultivado en tierras bajas. Este estudio metabolómico, pionero en maíz morado cultivado en áreas andinas, revela que los metabolitos primarios polares relacionados con el ciclo de los carbohidratos, aminoácidos y ácidos tricarbóxicos estaban regulados positivamente en el maíz morado de tierras altas (tanto en granos como en mazorcas). Las diferencias podrían explicarse por posibles factores de estrés abiótico asociados con los entornos andinos de tierras altas, aunque se requiere más investigación para comprender completamente las disparidades metabólicas en el maíz morado adaptado a las condiciones ambientales de la región andina (Gálvez *et al.*, 2021).

Estos resultados metabolómicos preliminares y las funciones relacionadas con la salud forman parte de la base bioquímica y molecular en evolución, que puede ser fundamental para avanzar en estrategias de mejora. Estas estrategias buscan lograr un equilibrio óptimo entre fenotipos relevantes, como rendimiento, contenido de antioxidantes fenólicos y bioactividad relacionada con la salud en el maíz morado cultivado en la región andina (Gálvez *et al.*, 2021).

Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado

Se evaluaron seis tipos de maíz morado peruano para determinar su contenido de antocianinas en la coronta y las brácteas. Se informa por primera vez sobre el contenido de antocianinas en las brácteas del maíz morado, el cual resultó ser superior a los niveles reportados en el pericarpio según la literatura existente. Dos de los cultivares analizados presentaron concentraciones destacadas de antocianinas tanto en la coronta como en las brácteas. El cultivar INIA 601 destacó en la concentración de antocianinas en la coronta con un 6,38%, mientras que UNAC 47 registró un 6,33%. En cuanto a las brácteas, la concentración varió entre un 2,40% para UNC 47 y un 2,94% para INIA 601 (Vásquez *et al.*, 2020).

Estudio comparativo geográfico del contenido de compuestos bioactivos y antocianinas de maíz morado

Los niveles más elevados de antocianinas totales, polifenoles totales, flavonoides y cianidina-3-glucósido se observaron en la mazorca de maíz morado proveniente de Lima (Cañete). Estos hallazgos podrían resultar significativos para los sectores alimentario y farmacéutico (Ccaccya *et al.*, 2019).

Identificación de cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianina

Se sugiere plantar la variante de maíz morado INIA 601 en la región de la sierra peruana, ya que, mediante una gestión agronómica adecuada, es posible alcanzar rendimientos superiores a 2,8 toneladas por hectárea, superando el promedio nacional de maíz amiláceo. Además, esta variedad presenta un contenido promedio de antocianinas en las mazorcas y brácteas del 9,36%. Esta opción se plantea como una alternativa para conectar a los pequeños productores de maíz morado con la agroindustria, brindándoles la oportunidad de aumentar sus ingresos. Para completar la cadena de producción de este tipo de maíz, es esencial investigar la cinética óptima del secado de las mazorcas a nivel de la chacra, con el objetivo de obtener un producto de alta calidad y cantidad de pigmento. Asimismo, se propone explorar la extracción in situ de las antocianinas a nivel de los productores o asociaciones de productores, permitiéndoles generar mayores ingresos y evitando la intermediación (Medina-Hoyos *et al.*, 2020).

Efecto de las antocianinas sobre las hiperlipidemias en ratas albinas

La ingesta de extracto de antocianinas de maíz morado al 20% disminuye los niveles de triglicéridos de 180,8 mg/dL a 48,17 mg/dL, representando así una reducción del 73,4% (Foy, 2010).

La ingestión de extracto de antocianinas de maíz morado al 20% reduce los niveles de colesterol de 96,66 mg/dL a 35,35 mg/dL, lo que implica una disminución del 63,39% (Foy, 2010).

El consumo de extracto de antocianinas de maíz morado al 20% disminuye los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) de 23,62 mg/dL a 3,08 mg/dL, reflejando una disminución del 86,96% (Foy, 2010).

El uso de pigmentos de antocianinas extraídos de maíz morado, consumidos al 5%, reduce los niveles de triglicéridos de 180,6 mg/dL a 26,36 mg/dL, logrando una disminución del 85,41% (Foy, 2010).

La utilización de pigmentos de antocianinas extraídos de maíz morado, consumidos al 5%, disminuye los niveles de colesterol de 96,43 mg/dL a 29,22 mg/dL, representando una disminución del 69,69% (Foy, 2010).

El consumo de pigmentos de antocianinas extraídos de maíz morado, consumidos al 5%, reduce los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) de 23,39 mg/dL a 1,28 mg/dL, lo que equivale a una disminución del 94,52% (Foy, 2010).

Efecto protector osteoarticular del maíz morado en la artritis experimental en ratas

En resumen, se ha identificado una inclinación hacia la mejoría en el proceso inflamatorio de las articulaciones en las extremidades de ratas con artritis inducida por pristane. Esto fue especialmente evidente en los grupos que recibieron las dosis más altas de la variedad morada de *Zea Mays L.*, así como en aquellos tratados con metotrexato, mostrando además una menor progresión radiológica (Flores-Cortez *et al.*, 2018).

Efecto de las antocianinas y melatonina del maíz morado ceroso sobre la producción de colágeno

Se ha observado que la melatonina, presente en plantas y animales, influye en diferentes fases de la reparación de heridas, regulando la inflamación, la proliferación celular y la migración. La melatonina también aumenta el contenido de colágeno en cultivos celulares, activando receptores en fibroblastos y queratinocitos. Aunque la mayoría de los extractos del estudio no promovieron la viabilidad celular de manera evidente, algunos extractos de seda y mazorca indujeron una producción de colágeno significativamente mayor que el ácido ascórbico (Rimdusit *et al.*, 2019).

Se destaca que los contenidos más altos de ciertas antocianinas en la seda, extraídos con solventes hidroalcohólicos, se correlacionaron con una mayor producción relativa de colágeno. Además, se sugiere que la melatonina presente en los extractos de maíz morado también puede contribuir a la inducción de colágeno. La naturaleza hidrófila de las antocianinas presenta un desafío en su transporte a través de la membrana celular, pero la melatonina, a pesar de sus bajos niveles, puede influir en las funciones celulares debido a sus propiedades de alta permeabilidad y la presencia de receptores en la superficie celular (Rimdusit *et al.*, 2019).

Se concluye que la mazorca y la seda de maíz morado son potenciales fuentes de antocianinas y melatonina, con efectos beneficiosos en la producción de colágeno. Es esencial investigar la relación entre estos compuestos bioactivos y el desarrollo de las plantas para comprender mejor su impacto terapéutico (Rimdusit *et al.*, 2019).

Efecto del extracto de maíz morado rico en antocianinas sobre la presión sanguínea de adultos

Los resultados de este breve estudio piloto resultan fascinantes. Debido al tamaño reducido de la muestra y al breve periodo en el cual los participantes consumieron la cápsula de extracto de maíz morado, no se puede determinar con certeza cuál fue el impacto real del tratamiento de manera independiente. Los resultados sugieren la necesidad de llevar a cabo un estudio más amplio para obtener una comprensión más completa del efecto a largo plazo de ingerir extracto de maíz morado a lo largo del tiempo en individuos con prehipertensión que no están bajo tratamiento medicamentoso (Finkel *et al.*, 2013).

REFERENCIAS

- Foy, E. (2010). Los efectos de las antocianinas extraídas de *Zea MAYS L.* (Maíz morado) sobre las hiperlipidemias en ratas albinas. *Biotempo*, Volumen 10, 32-38. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v10i0.856>
- Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., & Paucar-Menacho, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays L.*) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 211-217. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05>

- Mendoza-Mendoza, C.; Mendoza-Castillo, M.; Delgado-Alvarado, Adriana; CastilloGonzález, F.; Kato-Yamakake, T.; & Cruz-Izquierdo, S. (2017). Antocianinas totales y parámetros de color en líneas de maíz morado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40 (4): 471-479. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61054247011>
- Flores-Cortez, D; Villalobos-Pacheco; E. Rojo-Mejia, A; Palomino-Yamamoto, M.; & Martin, Y. (2018). Protección osteoarticular de *Zea mays L.* variedad morada (maíz morado) en artritis experimental en ratas. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 35(3):441-8. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmpesp.2018.353.3454>
- Ccaccya, A.; Soberón, M.; & Arnao, I. (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(2) 206-215. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000200008
- Medina-Hoyos, A.; Narro-León, L.; & Chávez-Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 291-299. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2020.03.01
- Vásquez, V.; Piña, P.; Medina, A.; Cabrera, H.; Seminario, A.; Jiménez, L.; & Seminario, J. (2020). Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays L.*) del Perú. *Manglar* 17(4): 353-358. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.053>
- Rimdusit, T.; Thapphasaraphong, S.; Puthongking, P., & Priprem, A. (2019). Effects of anthocyanins and melatonin from purple waxy corn by-products on collagen production by cultured human fibroblasts. *SAGE Natural Product Communications*. July: 1–6. DOI: 10.1177/1934578X19863510
- Finkel, M.; Sanchez, S.; Mak, T.; Granstein, J.; & Lefkowitz, A. (2013). Anthocyanin-rich purple corn extract and Its effects on the blood pressure of adults. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*. 18(4):237-242. DOI: 10.1177/2156587213482942
- Gálvez, L.; Rios-Gonzales, B.; Ramírez-Pinto, M.; Fuentealba, C.; Pedreschi, R. & Shetty, K. (2021). Primary and phenolic metabolites analyses, in vitro health-relevant bioactivity and physical characteristics of purple corn (*Zea mays L.*) grown at two andean geographical locations. *Metabolitos* 11, 722. <https://doi.org/10.3390/metabo11110722>