

Antocianinas del maíz azul (*Zea mays*) ¿Sustancias inocuas? Parte 5. Revisión bibliográfica de avances en los últimos 10 años

Anthocyanins of blue corn (Zea mays) Inocuous substances? Part 5. Bibliographic review of progress in the last 10 years

Rolando Salvador García-Gómez, Samuel Mendoza-Pérez, María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa*

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química, Laboratorios 301, 302, 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental. Edificio E-3 Alimentos y Química Ambiental, Conjunto E, Circuito de la Investigación Científica S/N, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México
Correos-e (e-mails): rolandoga2000_a@yahoo.com, mcduran@quimica.unam.mx

*Corresponding author / Autora a quien debe dirigirse la correspondencia

Recibido: Enero 15, 2022

Aceptado: Febrero 14, 2022

Resumen

En México, cuna del maíz (*Zea mays*), se consume en grano, tostado (izquitl¹¹), molido (pinole¹²), fermentado (pozol¹³) y nixtamalizado¹⁴ (producción de tortillas y de tamales). Con el consumo del maíz, la población mexicana satisface hasta un 70% de sus necesidades energéticas, un 50% de las proteínas y un 37% del calcio total cuando se consume en forma de tortilla. La nixtamalización es un proceso importante para mejorar el valor nutricional del maíz. Al lixiviar el grano en agua y CaO (1-3%) a 95-100°C durante 60 a 180 minutos y dejando reposar de 12-24 h y, posteriormente, lavarlo con agua para eliminar el exceso de cal se obtiene el maíz cocido o nixtamal. Este proceso produce cambios estructurales y químicos modificando la textura, color y sabor del grano, incrementando la digestibilidad y el balance de isoleucina/leucina aprovechando mejor la proteína y produciendo la liberación de parte de la niacina que no se encuentra biodisponible inicialmente en el grano. Parece obvio pensar que este procedimiento pueda dañar los granos de maíces coloridos. De hecho, en las culturas prehispánicas solamente se nixtamalizaba el maíz blanco. En las últimas décadas se ha popularizado el uso de maíces coloridos incluso nixtamalizados. En esta revisión bibliográfica se presenta lo que se ha publicado en los últimos diez años al respecto. Puede concluirse que la nixtamalización del maíz azul está afectando el contenido de antocianinas y, probablemente, su posible beneficio para la salud de quienes las ingieren ya modificadas. Deben realizarse más estudios *in vivo* para corroborar estos puntos.

Palabras clave: Antocianinas, maíz azul (*Zea mays*), nixtamalización, inocuidad, revisión bibliográfica

Abstract

In Mexico, the cradle of corn (Zea mays), it is consumed in grain, roasted (izquitl¹¹), ground (pinole¹²), fermented (pozol¹³), and nixtamalized¹⁴ (production of tortillas and tamales). With the consumption of maize, the Mexican population satisfies up to 70% of its energy needs, 50% of proteins and 37% of total calcium when it is consumed in the form of a tortilla. Nixtamalization is an

11 *Izquitl* o esquite es una palabra de origen náhuatl que significa que brinca o brota (Cabrera, 2002), como ocurre cuando un grano de maíz o de amaranto se pone en un comal (otra palabra náhuatl, *comalli*) caliente al evaporarse súbitamente el agua que contiene modificando químicamente los almidones / *Izquitl* or *esquite* is a word of Nahuatl origin that means that it jumps or sprouts, as occurs when a grain of corn or amaranth is placed on a hot *comal* (another Nahuatl word, *comalli*) with the water that contains chemically modifying starches (Cruz-Vázquez, 2000)

12 Del náhuatl *pinolli* -que significa harina de maíz-; el pinole es un fino polvo que proviene de la harina de maíz crudo o tostado / From Nahuatl *pinolli* -which means corn flour-; *Pinole* is a fine powder that comes from raw or roasted corn flour (Cabrera, 2002)

13 La palabra *pozole* deriva del náhuatl *pozolli*, y este a su vez de *tlapozonalli*, que significa hervido o espumoso / The word *pozole* derives from the Nahuatl *pozolli*, and this in turn from *tlapozonalli*, which means boiled or sparkling (Cabrera, 2002)

14 *Nixtamal* significa en náhuatl maíz cocido con cal, de *nextli* cal y *tamalli* masa de maíz cocido / *Nixtamal* means in Nahuatl maize dough cooked with lime, from *nextli* lime and *tamalli* cooked maize dough (Cabrera, 2002)

*important process to improve the nutritional value of corn. When the grain is leached in water and CaO (1-3%) at 95-100°C for 60 to 180 minutes and letting it rest for 12-24 hours, then washing it with water to remove excess lime, cooked maize or nixtamal is obtained. This process produces structural and chemical changes modifying the texture, color, and flavor of the grain, increasing its digestibility and the isoleucine/leucine balance, making better use of the protein and producing the release of part of the niacin that is not initially bioavailable in the grain. It seems obvious to think that this procedure can damage the colored maize kernels. In fact, in pre-Hispanic cultures only white maize was nixtamalized. In the last decades, the use and consumption of colored maize, even nixtamalized, has become popular. This bibliographic review presents what has been published in the last ten years in this regard. It can be concluded that the nixtamalization of blue corn is affecting its anthocyanin content and, probably, its possible benefit to the health of those who eat them already modified. Further *in vivo* studies should be performed to corroborate these points.*

Keywords: Anthocyanins, blue corn (*Zea mays*), nixtamalization, safety, bibliographic review

Introducción

En México, el maíz se consume de diversas formas: en grano, tostado, molido, fermentado y nixtamalizado (producción de tortillas). Con el consumo del maíz, la población mexicana satisface hasta un 70% de sus necesidades energéticas, un 50% de las proteínas y un 37% del calcio total cuando se consume en forma de tortilla (Flores-Farías et al., 2000). La nixtamalización es un proceso importante para mejorar el valor nutricional del maíz. Consiste en la lixiviación del grano, mediante un tratamiento alcalino manteniendo en cocción el grano con agua y CaO (1-3%) a 95-100°C durante 60 a 180 minutos, dejando reposar de 12-24 h. Posterior al remojo el maíz se lava dos o tres veces con agua, para retirar el excedente de cal obteniendo el llamado maíz nixtamalizado o nixtamal (Durán-de-Bazúa, 2008; Durán-Domínguez, 1978). Este proceso produce cambios estructurales y químicos modificando la textura, color y sabor del grano, incrementando la digestibilidad y el balance de isoleucina/leucina aprovechando mejor la proteína; además, produciendo la liberación de parte de la niacina la cual no se encuentra biodisponible inicialmente en el grano.

En esta fase de la investigación se estudió el efecto de la nixtamalización de los granos de maíz que contienen antocianinas (Moreno-Morales, 2010; Moreno-Morales et al., 2013). El prolongado tiempo de cocción y de reposo al que es sometido el grano para llevar a cabo el proceso de nixtamalización genera cambios en el contenido de antocianinas (Frías-Hermosillo y García-García, 2011; Frías-Hermosillo et al., 2013). Se sabe que la mayoría de estos compuestos se solubilizan en el agua de cocción con valores de pH elevados y temperaturas extremas, degradando las antocianinas y, por lo tanto, podrían no ser aprovechadas por el ser humano (González-Cruz, 2013; González-Cruz et al.; 2013).

Existe controversia ya que muchos autores declaran que la nixtamalización mejora la calidad de las antocianinas pero los experimentos que se realizaron a inicios de este milenio indicaron que perdieron su calidad nutritiva al ser sometidas al tratamiento drástico representado por la nixtamalización al menos en ganancia de masa corporal (Juárez-Zamora et al., 2013). Por ello, el objetivo de esta investigación bibliográfica fue estudiar el efecto metabólico que pueden tener las antocianinas al consumirse los productos que las contienen después de la nixtamalización en el organismo de quienes lo ingieren, sean personas o modelos animales. Esto se hizo a través de algunas publicaciones sobre los principales compuestos de degradación que generan las antocianinas después del proceso de nixtamalización y el efecto que causan dichos compuestos en el metabolismo.

Estudios previos

Como se sabe, el término antocianina es derivado de los vocablos griegos *anthos* (flor) y *kyaneos* (azul). Estos compuestos son los responsables de los colores azul, púrpura y rojo en plantas y sus partes comestibles, principalmente cereales y frutas. El contenido de antocianinas presentes en maíces pigmentados es de importancia ya que siendo antioxidantes, atacan a los radicales libres presentes en el organismo, evitando el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas (Escalante-Aburto et al., 2013).

“Las leucoantocianidinas presentes en el maíz se transforman a antocianinas mediante el gen *anthocyaninless2* (a2). La transformación de a2 se lleva a cabo en la capa de aleurona mediante un bombardeo de partículas con el ADNc de a2. Conlleva a la producción de células pigmentadas. La forma aglicona de las antocianinas posee una estructura basada en el ion flavilio, que presenta grupos hidroxilo y metoxilo en diferentes posiciones (Figura 1)” (Escalante-Aburto et al., 2013).

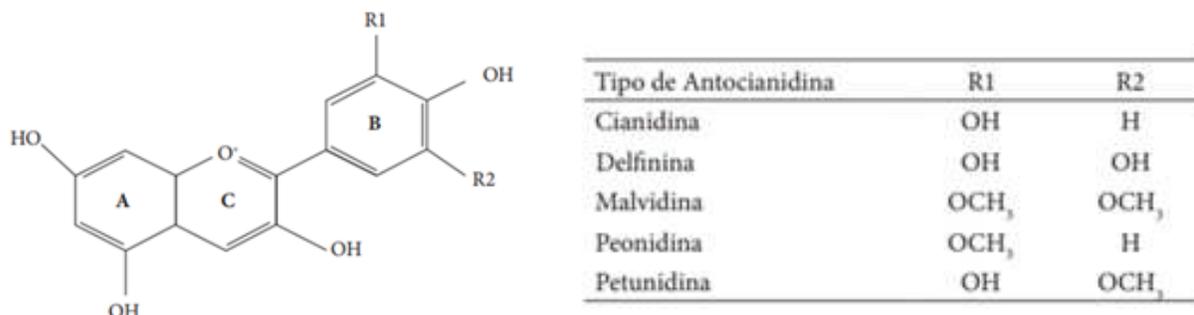


Figura 1. Estructura de antocianidinas en frutas y vegetales (Adaptado por Escalante-Aburto et al., 2013, de De Pascual-Teresa y Sánchez-Ballesta, 2008)

“Consta de un esqueleto carbonado en forma C-6 (anillo A)-C-3 (anillo B)-C-6 (anillo C), cuya estructura forma un anillo cromano¹⁵ unido a un segundo anillo aromático (B) en la posición dos. El tipo de antocianina formado depende del grado o nivel de hidroxilación o metoxilación del anillo (B) de la molécula” (Escalante-Aburto et al., 2013).

“El color que imparten las antocianinas depende del número y posición de los grupos sustituyentes en la molécula. Un aumento en la cantidad de grupos hidroxilo produce pigmentos de tonos azules” y con predominio de grupos metoxilo se presenta una tonalidad roja. Es posible encontrarlas en forma acilada debido a los residuos de glúcidos con derivados de ácidos orgánicos alifáticos. Las formas no aciladas son menos estables que las antocianinas que presentan uno o más grupos acilo (Escalante-Aburto et al., 2013).

La estabilidad de las antocianinas depende de diversos factores como la luz, el oxígeno, el pH, la presencia de iones metálicos (Ca²⁺), entre otros. Es mayor en un medio ácido en el cual la forma predominante es la del ión flavilio, generando un color rojo; mientras que si esta se somete a condiciones de pH básico, el ión flavilio es susceptible a un ataque nucleofílico por parte del agua, produciendo la pseudobase carbinol, seguida de la forma chalcona. Ambas formas son incoloras. De acuerdo con lo antes mencionado, las antocianinas tienen su máxima expresión de color a valores de pH ácidos (pH de 1) y su forma incolora se produce a pH neutros o alcalinos (González-Cruz, 2013).

Durante la nixtamalización el agua de cocción alcanza valores de pH de 11-14 y la temperatura es mayor a los 90°C. Ambos factores y la presencia del calcio afectan de manera importante a las antocianinas (González-Cruz, 2013), a pesar de que el tiempo al que es expuesto el grano es relativamente corto. Las condiciones son muy drásticas y suficientes para modificar químicamente el pigmento del pericarpio del grano. En condiciones alcalinas, el anillo de piridinium de la antocianina se rompe generando la desaparición del color azul dando paso a una coloración amarillo-pálida, que es representativa de la chalcona ionizada. En esta etapa el color no es muy estable, por lo que desaparece rápidamente dependiendo del pH. Una vez que se alcanza este estado, aunque se acidifique el medio, no es posible regresar a la estructura de la antocianina. Entonces se puede decir que el pigmento se ha destruido (González-Cruz, 2013).

¹⁵ Los autores citados denominan al anillo aromático “cromano” [Nota de los autores de esta contribución]

Estudios experimentales han demostrado que el incremento en el consumo de antocianinas puede disminuir la presión sanguínea en personas hipertensas y elevar la capacidad antioxidante total de la sangre. Asimismo, su ingestión regular podría ser útil para personas que no padecen de ninguna enfermedad ya que pueden mejorar su estilo de vida, debido a que no presentan efectos secundarios (Guillén-Sánchez et al., 2014). Es importante mencionar que estos autores hicieron una revisión bibliográfica sobre la presencia de antocianinas en maíz morado crudo adicionado a mayonesas. Así mismo, indicaron que cuando se somete a calor pierde esas propiedades deseables. En otra de sus referencias (Fernandes et al., 2013) donde se realizaron pruebas con células gástricas se hizo énfasis en el hecho del cambio de las diferentes estructuras que se forman al modificar el pH.

En la UNAM se realizó un estudio biológico usando un modelo animal (ratas Wistar macho) desde el destete (Juárez-Zamora, 2011). Los órganos internos obtenidos después de la eutanasia humanitaria fueron almacenados para su estudio histológico y desde entonces está pendiente el estudio del efecto biológico de las antocianinas presentes en maíz azul sujeto a la nixtamalización tradicional y a una segunda cocción para obtener tortillas y de ellas totopos fritos. Por esta razón, a pesar de que este tema de investigación para las estancias estudiantiles como asignatura terminal de la carrera de Química de Alimentos de la Facultad de Química de la UNAM ha sido propuesto desde hace diez años no han habido estudiantes interesados en realizar estos estudios histológicos, especialmente en intestino delgado, hígado y riñones. Esta es la primera ocasión en que se estudiará desde el punto de vista bibliográfico el efecto de estos procesos térmicos y de cambio de pH sobre las antocianinas y de ellas en el metabolismo, ya sea de animales modelo vivos o en tejidos de órganos (*in vitro*).

Antecedentes bibliográficos

La producción mundial de maíz en el 2019 se estima fue de 1,100 millones de toneladas. Los principales productores son Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea, Argentina y México (Micolucci, 2019). En México la producción de maíz entre 2010-2019 fue de 24.4 millones de toneladas y el consumo *per capita* en el año 2020 fue de 335.8 kg (SIAP, 2020). Sin embargo, actualmente no se cuenta con estadísticas oficiales acerca de la producción nacional y mundial de los maíces coloridos. Solamente a nivel estatal existen datos reportados en Chiapas, Estado de México, Sinaloa y Tlaxcala. En los últimos años han aumentado el desarrollo y cultivo de otras variedades e híbridos pigmentados, en Perú, Bolivia, Alemania, China, Estados Unidos y otros países europeos. Como se verá más adelante, el objetivo de esta investigación bibliográfica es hallar referencias a investigaciones experimentales realizadas con maíz azul y sus productos en seres vivos o células provenientes de seres vivos que indiquen los efectos metabólicos de las antocianinas sobre ellos.

Metodología

Se realizó una recopilación de información bibliográfica consultando diversas fuentes de investigaciones sobre el tema en el sistema BIDI UNAM como Tesis UNAM y artículos de revistas científicas indizadas. Para esta investigación se utilizaron las siguientes palabras clave: Antocianinas, ratas Wistar, metabolismo de las antocianinas, maíz colorido, *corn or maize anthocyanin effects on internal organs, anthocyanin effects on living organisms, anthocyanins, anthocyanin effects on rats, maize anthocyanin effects on rats, anthocyanins in cooked versus raw maize*. Es importante informar que no se encontraron muchas investigaciones al respecto. De hecho, la mayor parte de los artículos son revisiones bibliográficas que repiten los beneficios de las antocianinas sin profundizar en los cambios que sufren como consecuencia de la temperatura, el pH, la presencia de iones, etcétera. También se encontró con esta búsqueda bibliográfica que la mayor parte de los artículos relacionados con las antocianinas están dirigidos hacia los frutos que se consumen crudos de los cuales se extraen las antocianinas para los estudios sobre su bondad nutricional. Al respecto de los puntos señalados para realizar esta investigación bibliográfica, a continuación se desglosan de manera ejecutiva.

1. Evaluación de las propiedades químicas y benéficas que poseen las antocianinas, así como el papel que juegan en los maíces coloridos: Se inició la recopilación de la información, como ya se mencionó

buscando artículos relacionados con las propiedades químicas de las antocianinas. Posteriormente se puntualizó la búsqueda de la presencia de antocianinas en maíces coloridos (morado, rojo y azul).

2. Investigación en las bases de datos antes descritas si durante el proceso de nixtamalización son transformadas químicamente las antocianinas presentes en los maíces coloridos: En las bases de datos se buscó cuáles son los factores que generan una alteración en las antocianinas. Después se investigaron específicamente los cambios químicos de las antocianinas durante el proceso de nixtamalización.

3. Indagaciones en las revistas especializadas internacionales sobre el efecto que causa en el organismo la ingesta de las tortillas y/o los productos elaborados con maíz colorido comercial nixtamalizado: Se investigó cuáles eran los efectos benéficos en el organismo de seres vivos al consumir maíz. Posteriormente, se buscaron los efectos benéficos del maíz nixtamalizado. Continuando con la investigación se enfatizó la búsqueda con el maíz colorido.

4. Búsqueda en las bases de datos de las repercusiones metabólicas que pudieran tener las antocianinas del maíz sobre el organismo después de haber sufrido un tratamiento alcalino (nixtamalización): Se inició la búsqueda del tema partiendo de las modificaciones estructurales que ocurren en las antocianinas al someterse a un tratamiento térmico-alcalino para producir el nixtamal (masa de maíz cocido con cal). Posteriormente, se enfatizó la búsqueda partiendo de las posibles repercusiones que producirían las antocianinas alteradas en el organismo.

5. Búsqueda de las repercusiones metabólicas que pudieran tener las antocianinas del maíz sobre el organismo después de haber sufrido un calentamiento de cocción en una tortilladora y de freído posterior después de la cocción (totopos): Se investigaron cuáles son las modificaciones estructurales de las antocianinas al ser sometidas a un tratamiento térmico. También se buscaron artículos relacionados con repercusiones metabólicas de los productos con antocianinas sometidos a un tratamiento térmico.

6. Búsqueda por medio de la biblioteca digital de la UNAM (UNAM-BIDI) y en diversos libros y tesis nacionales e internacionales de datos experimentales en donde se haya reportado información relevante e ilustraciones de tipo histológico de diversos órganos que sirvan como referencia para realizar una comparación teórica entre ellos: Este fue el punto más complicado de la investigación bibliográfica. Las investigaciones encontradas no se dirigen hacia estudios histológicos sino solamente a células gástricas epiteliales estudiadas *in vitro*.

7. Búsqueda de datos experimentales donde se hayan reportado otros hallazgos benéficos o dañinos de tipo histológico en diversos órganos: Se buscaron artículos relacionados con estudios histológicos de los beneficios de las antocianinas en el metabolismo de seres vivos, encontrando algunos artículos en donde utilizaban frutos (arándanos, moras, fresas, maíz, camote) para extraer las antocianinas y hacer los estudios *in vivo* en ratas Wistar.

Se adjunta en el Anexo III un resumen de los artículos más importantes encontrados en esta investigación bibliográfica.

Resultados y discusión

Evaluación de las propiedades químicas y benéficas que poseen las antocianinas, así como el papel que juegan en los maíces coloridos

Se han adjudicado propiedades nutraceuticas a los maíces pigmentados debido a su alto contenido de antocianinas ya que estas actúan como antioxidantes generando una actividad biológica benéfica secuestrando especies reactivas de oxígeno e inhibiendo las enzimas productoras de radicales libres, los cuales se involucran en el desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas (Escalante-Aburto et al., 2013; Guillén-Sánchez et al., 2014).

Las antocianinas del maíz morado pueden ser un antioxidante natural que retarda el envejecimiento celular, principalmente por los mecanismos de acción de la cianidina-3- β -glucósido, pelargonidina-3- β -glucósido, peonidina-3- β -glucósido, ácidos fenólicos, quercetina y hesperidina (Salinas et al., 2013).

Varias investigaciones realizadas a partir de antocianinas extraídas de maíz crudo indicaron que los componentes antioxidantes, que incluyen antocianinas y compuestos fenólicos, su actividad antioxidante y sus cambios durante la cocción tradicional del maíz ceroso púrpura fresco en comparación con el maíz crudo indicaron que el tratamiento térmico provocó disminuciones significativas ($p < 0.05$) en cada compuesto antioxidante y en la actividad antioxidante. La cocción al vapor conservó más compuestos antioxidantes que la ebullición. La ebullición provocó una pérdida significativa de antocianinas y compuestos fenólicos en el agua de cocción. Esta agua de cocción podría ser un coproducto valioso porque el pigmento púrpura permanece ahí. Al comparar los niveles de compuestos antioxidantes en el maíz crudo y cocido, determinaron que la degradación dio como resultado una mayor pérdida que la lixiviación o difusión en el agua de cocción. La separación de los granos de la mazorca antes de la cocción provocó una mayor pérdida de compuestos antioxidantes (Harakotr et al., 2014).

Otra investigación realizada con camotes morados examinó las capacidades antioxidantes de las fracciones pigmentadas de las hojuelas de camote morado *in vitro* y los potenciales antioxidantes de esas hojuelas crudas de papa morada *in vivo* previamente escaldadas para evitar actividad enzimática. Las pruebas *in vivo* se hicieron con ratas previamente alimentadas con una dieta basadas en almidón de maíz el cual fue sustituido con las hojuelas de camote durante 4 semanas. Después de la eutanasia se extrajeron los hígados. Se estudió con extractos hepáticos la actividad de eliminación de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo. Los extractos equivalentes a 600 mg de fracciones pigmentadas de hojuelas de camote inhibieron la oxidación del ácido linoleico. La antocianina principal se identificó como petunidina según los autores. El grado de peroxidación de lípidos hepáticos en el grupo alimentado con la dieta de camote morado fue significativamente menor que en el grupo control con harina de maíz. Los niveles de ARNm hepático de Cu / Zn-superóxido dismutasa (*SOD*), Mn-*SOD* y glutatión peroxidasa (*GSH-Px*) fueron significativamente más altos que los del grupo de control. Los resultados sugieren que las hojuelas de papa morada escaldadas tienen funciones antioxidantes con respecto a la actividad de captación de radicales y la inhibición de la oxidación del ácido linoleico y que mejoran los potenciales antioxidantes en ratas al mejorar el ARNm de Mn-*SOD*, Cu / Zn-*SOD* y *GSH-Px* hepáticos (Han et al., 2006).

La estructura química de la antocianina determina su estabilidad, intensidad de color y actividad biológica potencial. Las antocianinas monoméricas poseen una estabilidad limitada frente a la hidratación y los cambios de pH, mientras que las antocianinas aciladas muestran una estabilidad notable frente a los cambios de pH, temperatura y exposición a la luz. Esta estabilidad se ha atribuido a reacciones de auto asociación y pigmentación intramolecular o intermolecular (Mora-Rochin, 2016).

En la Figura 2 se presentan las estructuras químicas de las principales antocianinas (Salehi et al., 2020).

La revisión de Salehi et al. (2020) tuvo como objetivo analizar exhaustivamente los diferentes estudios realizados sobre esta clase de compuestos, su biodisponibilidad y su potencial terapéutico. Una mirada en profundidad en estudios preclínicos, *in vitro* e *in vivo*.

Los estudios clínicos evaluados por los autores revisados indican los efectos preventivos de las antocianinas sobre la cardioprotección, neuroprotección, antiobesidad, así como sus efectos antidiabéticos y anticancerígenos (Salehi et al., 2020). En los siguientes apartados se verán algunos de los resultados *in vivo* de los efectos positivos de las antocianinas (ACN) en diversos casos clínicos.

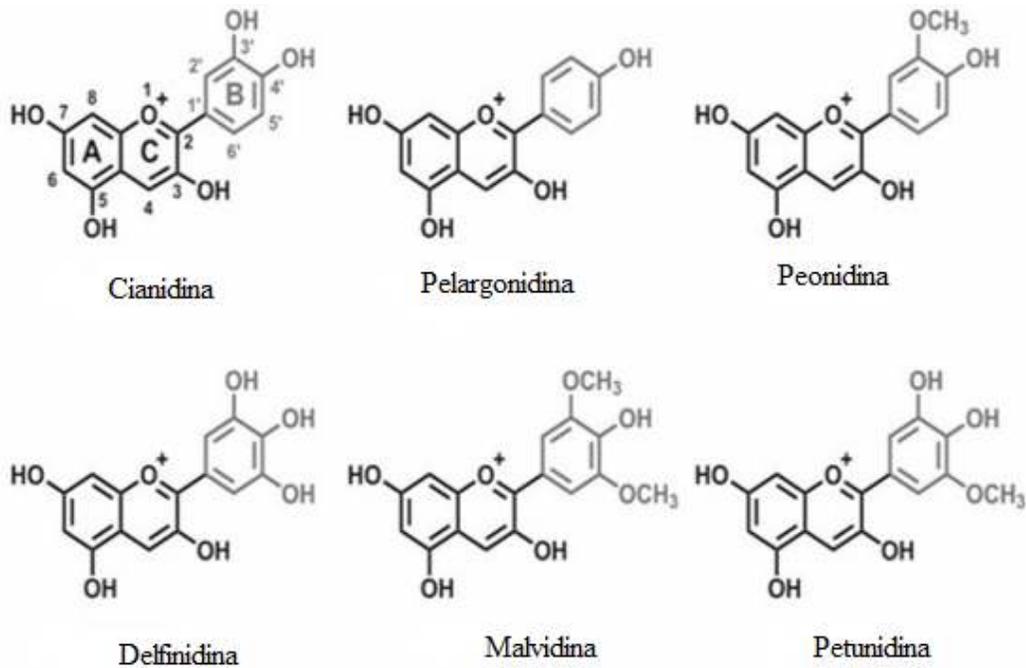


Figura 2. Estructuras químicas de las antocianinas principales: Cianidina, pelargonidina, peonidina, delphinidina, malvidina y petunidina (Tomada de Salehi et al., 2020)

Investigación en las bases de datos antes descritas si durante el proceso de nixtamalización son transformadas químicamente las antocianinas presentes en los maíces coloridos

Salinas-Moreno et al. (2003) evaluaron el efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas en granos de variedades de maíz de colores rojo y azul producidos en ciertas regiones de México. Se reportó que los maíces con pigmentos en el pericarpio presentaron mayores pérdidas (73 y 100%), mientras que los granos con pigmentos ubicados en la capa de aleurona perdieron entre 19.5 y 50.2%, posiblemente por el efecto de protección del pericarpio a la capa de aleurona, la cual mostró menos daño. Además, los autores registraron un incremento en el contenido de cianidina 3-glucósido en harinas nixtamalizadas de maíz azul y un cambio en el perfil de antocianinas de maíces de ambos colores. Esto ocurre, según los autores, por una degradación de compuestos acilados que da lugar a la formación de nuevas estructuras químicas como antocianinas simples. La Figura 3 muestra un grano de maíz señalando las partes que lo componen.

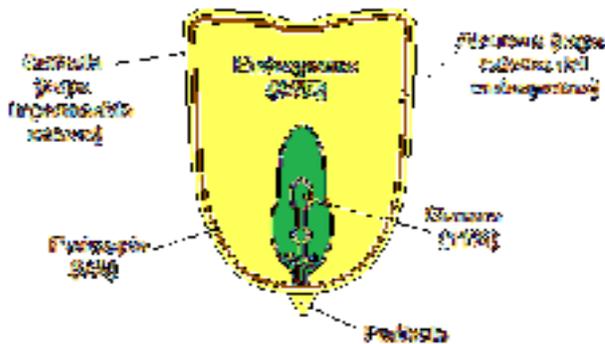


Figura 3. Morfología de un grano de maíz describiendo la proporción que representa cada parte en el grano (Tomada de García-Gallegos, 2019)

En la Figura 4 se presenta los cambios que ocurren en las antocianinas por las modificaciones debidas a los cambios de pH (Magaña-Cerino et al., 2020).

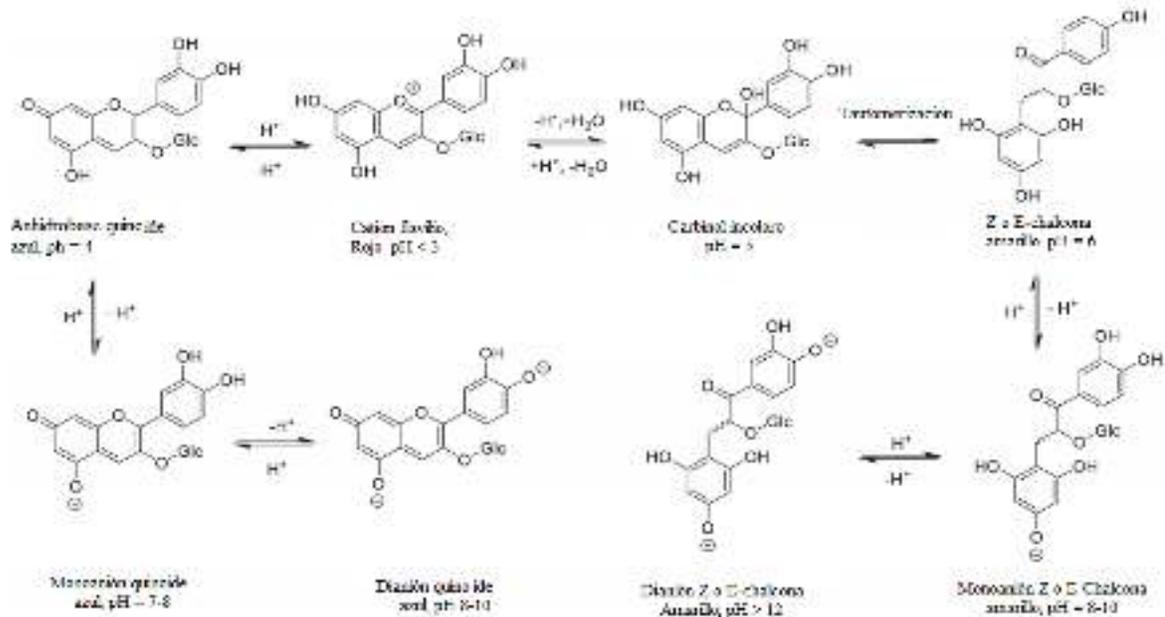


Figura 4. Cambios estructurales de la antocianina en medio acuoso a diferentes valores de pH: Cianidin-3-O-glucósido es la estructura que se muestra; contiene en su mayor parte aglicona abundante en el maíz morado. Para valores de pH bajos (<3), el catión flavilio es la especie química principal formando quinoídes con coloración azul/violeta (pH=4), carbinol incoloro (pH=5) y chalconas de coloración amarilla (pH=6). Las formas ionizadas de chalcona y quinoide están en estado de equilibrio a valores de pH 8-10. A valores de pH superiores a 12, la chalcona dianiónica amarilla es el compuesto principal (Modificada de Magaña-Cerino et al., 2020)

De acuerdo con Escalante-Aburto et al. (2013) durante la nixtamalización tradicional y otros tratamientos alternos ocurren varios factores como la variación de la luz, presencia de oxígeno, variaciones en los valores de pH, presencia del ion calcio y la temperatura que generan alteraciones en la estabilidad de las antocianinas.

Cortés et al. (2005) indican que la mayoría de los alimentos naturales que son fuentes de antocianinas a menudo al ser procesados en condiciones severas de temperatura, presión y pH pueden alterar ampliamente el contenido de antocianinas, perdiendo sus propiedades antioxidantes potenciales. Es deseable que las antocianinas presentes en el maíz pigmentado no se destruyan al someter los alimentos a procesos con condiciones extremas. Evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de hidróxido de calcio utilizadas en el proceso de nixtamalización después de fraccionamiento sobre la estabilidad de los pigmentos encontrados en el maíz azul. El perfil de antocianinas se analizó mediante cromatografía líquida (*HPLC*, por sus siglas en inglés). El contenido total de antocianinas, así como el de antocianinas de tipo acilo, disminuyó durante el proceso de cocción y a medida que aumentaron las concentraciones de hidróxido de calcio utilizado ($p < 0.001$). El contenido de antocianinas fue mayor en la nixtamalización después del proceso de fraccionamiento con hidróxido de calcio al 0.5% que en el proceso de nixtamalización tradicional. En el maíz cocido y nixtamalizado con hasta un 1.5% de hidróxido de calcio, sólo quedó el 16.1% de la antocianina de tipo acilo, en comparación con el 32 y 38% en el maíz crudo original. Por el contrario, el contenido de cianidina y pelargonidina aumentó.

Otra investigación realizó la identificación y cuantificación de las antocianinas presentes en quince especies de maíz azul mexicano de la variedad local Elotero Sinaloa recolectadas en la región noroeste de México. Además, los autores evaluaron el efecto del procesamiento de la nixtamalización tradicional sobre estos compuestos. Las antocianinas de tipo acilo, como la cianidina-3- (600 succinilglucósido) (*Cy-Suc-Glu*) y la cianidina-3- (600 disuccinilglucósido) (*Cy-diSuc-Glu*) fueron los compuestos más abundantes en el maíz azul, representando 52.1 y 15.6% del total de antocianinas, respectivamente.

Otras antocianinas predominantes incluyeron cianidin-3-glucósido (*Cy-3-Glu*), pelargonidin-3-glucósido (*Pg-3-Glu*), pelargonidin-3- (600-malonilglucósido) (*Pg-Mal-Glu*) y cianidina-3 - (600 malonilglucósidos) (*Cy-Mal-Glu*). El maíz azul crudo presentó un perfil de antocianinas similar dominado por derivados de cianidina en (86.9% en promedio). El proceso de nixtamalización aumentó el porcentaje relativo de antocianinas glicosiladas (*Cy-3-Glu* y *Pg-3-Glu*) y disminuyó las antocianinas aciladas (*Cy-Suc-Glu* y *Cy-diSuc-Glu*) en comparación con los granos crudos (Mora-Rochin et al., 2016).

Indagaciones en las revistas especializadas internacionales sobre el efecto que causa en el organismo la ingesta de las tortillas y/o los productos elaborados con maíz colorido comercial nixtamalizado

Se ha comprobado en modelos animales que el maíz colorido al ser nixtamalizado pierde sus propiedades nutraceuticas. Al realizar pruebas biológicas utilizando ratas macho Wistar, Vázquez-Romero (2011) y Juárez-Zamora (2011) alimentaron a los animales modelo con dietas isoproteicas e isocalóricas como se muestra en la Tabla 1 usando productos similares hechos con maíz blanco como controles y dietas con base en caseína como blancos. Las dietas diseñadas en un principio para la alimentación de los grupos control emplearon harinas de maíz blanco crudo, harina de tortilla de maíz blanco, harina de totopo de maíz blanco. De la misma forma se usaron dietas con base en harinas de maíz azul crudo, harinas de tortillas de maíz azul y harinas de totopos de maíz azul. Como grupos blanco iniciales se tuvieron dos: Uno con un 7% de caseína (para comparar con el contenido de proteína en las dietas de maíz) y un segundo grupo con un 10% de caseína (Juárez-Zamora, 2011).

Tabla 1. Dietas usadas en los experimentos que sirvieron de base para el informe final de la estancia estudiantil de Vázquez-Romero (2011)

Dieta	Porcentaje de proteína, %	Ganancia en masa corporal, g
Caseína	10	110
Caseína	7	58
Blanco crudo	7	50
Azul crudo	7	40
Tortilla blanca	7	30
Tortilla azul	7	30
Totopo blanco	7	10
Totopo azul	7	4

La Figura 5 presenta los resultados de esta investigación realizada para cubrir la Estancia Estudiantil de estos dos estudiantes, entonces llamada Laboratorio Experimental de Alimentos.

De acuerdo con los resultados mencionados en la Tabla 1 fue posible observar que tuvieron un mayor incremento en la masa corporal los roedores alimentados con maíz crudo que con tortilla, lo cual comprueba que los roedores no aprovecharon las propiedades nutraceuticas de las antocianinas al ser procesadas siguiendo la nixtamalización y la cocción para preparar las tortillas y peor aún para preparar los totopos a través de una tercera cocción, la fritura.

Relación de eficiencia proteica, REP. Juárez-Zamora (2011) determinó la REP de acuerdo con el método 960.48 de la AOAC (1990). Las ratas fueron pesadas inicialmente y distribuidas homogéneamente de acuerdo con el Método de la "culebra japonesa" (al azar). Las ratas (macho) fueron divididas en lotes de diez ratas cada uno, considerando la masa de cada una. Las ratas fueron colocadas en jaulas individuales. Se mantuvo controlada la temperatura a 24°C y la humedad relativa a 48% de humedad relativa, con ciclos de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. Se les suministraron las dietas preparadas y agua *ad libitum*. Cada día se registró la masa ganada y la cantidad de alimento consumido. Al concluir los 28 días del bioensayo se determinaron los valores de la REP y la REP ajustada obteniendo los resultados mostrados en las Figuras 6a y 6b.

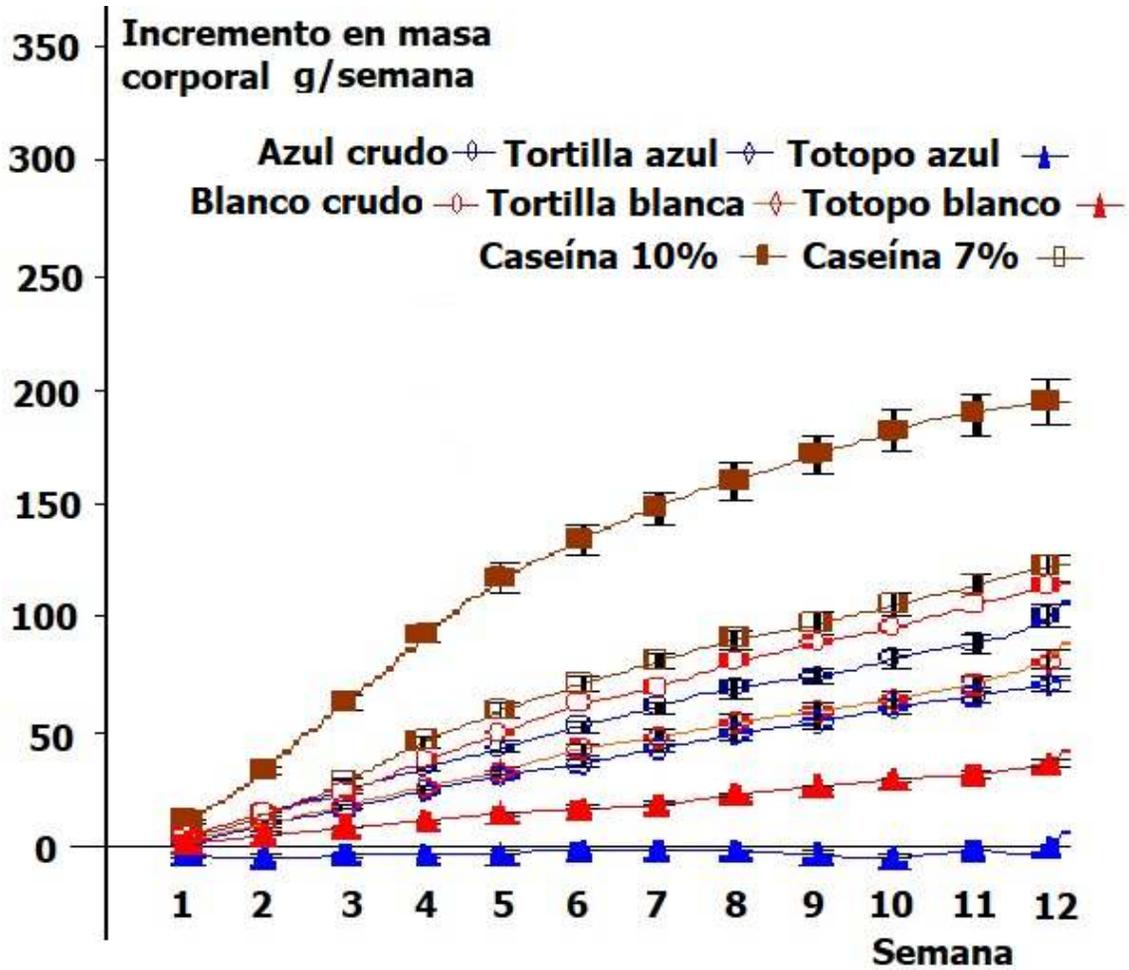


Figura 5. Incremento de la masa corporal de ratas Wistar recién destetadas durante 12 semanas alimentadas con las dietas señaladas en la Tabla 1: Maíz azul y controles de maíz blanco con blancos de caseína) (modificada de Juárez-Zamora et al., 2013)

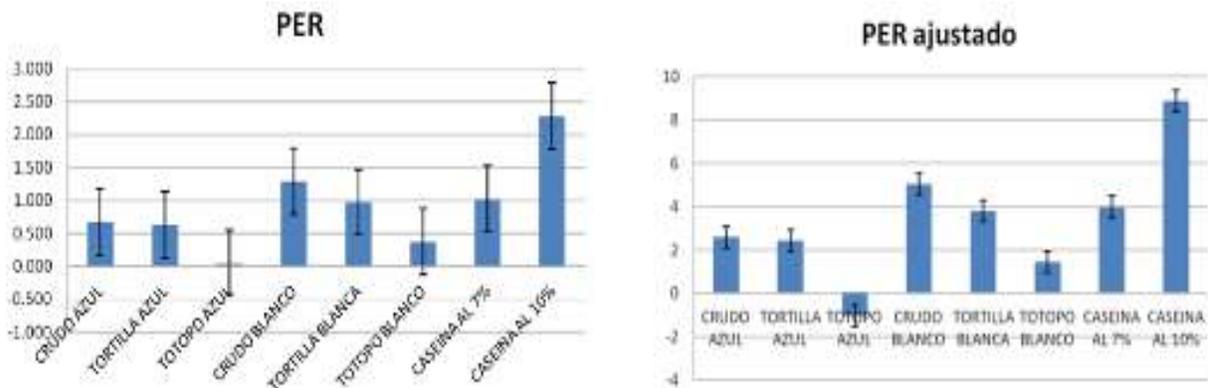


Figura 6a. Valores de la REP para cada una de las dietas (Juárez-Zamora, 2011)

Figura 6b. Valores de la REP ajustada para cada una de las dietas usadas (Juárez-Zamora, 2011)

Nota: REP es en inglés *PER*, *protein efficiency ratio*

Justamente de este experimento biológico es que se tienen almacenados en formol los órganos (hígado, riñones, páncreas, corazón). Por esta razón, esta investigación planteó la búsqueda bibliográfica de datos sobre el efecto de las antocianinas en ellos. Desafortunadamente no se encontró ningún artículo o tesis al respecto.

Búsqueda en las bases de datos las repercusiones metabólicas que pudieran tener las antocianinas del maíz sobre el organismo después de haber sufrido un tratamiento alcalino (nixtamalización)

El pH tiene efecto en la estructura y la estabilidad de las antocianinas. La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. En soluciones acuosas a valores de pH inferiores a dos, básicamente 100% del pigmento se encuentra en su forma más estable o de ion oxonio o catión flavilio de color rojo intenso (Garzón, 2008). A valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición 2, dando lugar a un equilibrio entre la pseudobase carbinol o hemicetal y la forma chalcona, o de cadena abierta. Tanto el hemicetal como la chalcona, son formas incoloras y bastante inestables (Garzón, 2008). A valores de pH superiores a 7 se presentan las formas quinoidales, de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Garzón, 2008).

De acuerdo con la revisión bibliográfica de Magaña-Cerino et al. (2020), la presencia de radicales acilo pueden influir en la absorción y metabolismo de las antocianinas, siendo bio-transformadas principalmente por conjugación con ácido glucurónico y también por reacciones de metilación.

La microbiota juega un papel especial en el metabolismo de las antocianinas (Magaña-Cerino et al., 2020). Al llegar al colon se excretan en la bilis después de la absorción en el estómago y el duodeno. Posteriormente, se hidrolizan para liberar la fracción glucosilada de la aglicona y, en consecuencia, son degradadas en ácidos fenólicos, los cuales son más susceptibles a la reabsorción. En cuanto a su eliminación, el número de antocianinas excretadas por la orina es bajo y el mecanismo de excreción depende de cómo y dónde se bio-transforman (Anexo I).

Búsqueda de las repercusiones metabólicas que pudieran tener las antocianinas del maíz sobre el organismo después de haber sufrido un calentamiento de cocción en una tortilladora y de freído posterior después de la cocción (totopos modificados)

No se encontraron artículos sobre las repercusiones metabólicas en los consumidores de maíz azul nixtamalizado sometido a la segunda cocción en una tortilladora y a la tercera cocción en una freidora. Por ello se presentará uno de los pocos estudios *in vivo* encontrados en la revisión bibliográfica.

Al someter a tratamientos térmicos al maíz morado se afecta su calidad nutricional. Así, Harakotr et al. (2014) investigaron los cambios de los componentes antioxidantes, incluyendo antocianinas y compuestos fenólicos, durante la cocción tradicional del maíz ceroso morado en el oriente. Se usaron como blanco grupos de ratas cuyas dietas estaban basadas en almidón de maíz. Las mazorcas de maíz fueron sometidas a ebullición y cocidas al vapor debido a que estos son los métodos comunes de cocer el maíz. Se pudo comprobar que el proceso de cocción tuvo un impacto significativo sobre la retención de contenido de antocianina monomérica. Cocinar por ebullición dio lugar a mayores descensos (60.7%), seguido por granos enteros hervidos (31.7%), granos cortados cocidos al vapor (19.2%), y los granos enteros cocidos a vapor (3.5%).

Por otro lado, Kim et al. (2012) evaluaron el contenido y la composición de antocianinas mediante cromatografía líquida con detección de matriz de diodos e ionización por espectrometría de masas (*LC-DAD-ESI* / milisegundo) después de la cocción al vapor y horneado de tubérculos de batata púrpura (conocido en México como camote morado y en Hawai'i como poi). A la pulpa se le conoce como "Shinzami". Las antocianinas de Shinzami estaban compuestas de formas mono o diaciladas de ácido p-hidroxibenzoico, ácido cafeico y ácido ferúlico con la estructura básica de cianidina 3-soforósido-5-glucósido o peonidina 3-soforósido-5-glucósido. Se aislaron y confirmaron un total de 15 antocianinas individuales, una de las cuales se presumió que era un compuesto recientemente identificado,

peonidina 3-feruloil-p-hidroxibenzoil soforósido-5-glucósido. Además, las cantidades de cianidina 3-cafeoil-p-hidroxibenzoil soforósido-5-glucósido diacilado y peonidina 3-cafeoil-p-hidroxibenzoil soforósido-5-glucósido fueron las más altas (137 y 565.9 mg/100 g de masa seca, respectivamente) entre los compuestos de cianidina y peonidina. Después de la cocción al vapor, el contenido total de antocianinas se redujo casi a la mitad, mientras que el horneado solamente redujo ligeramente el contenido total de antocianinas.

De acuerdo con Xu y Chang (2008), la estabilidad de antocianinas y otros pigmentos en los alimentos disminuirá con el aumento de temperatura. Investigaron los efectos de los procesos de ebullición y vaporización sobre los componentes fenólicos y las actividades antioxidantes de la soya entera amarilla y negra. En comparación con la soya cruda, todos los métodos de procesamiento causaron disminuciones significativas ($p < 0.05$) en el contenido fenólico total (*TPC*, en inglés), contenido total de flavonoides (*TFC*, en inglés), contenido de taninos condensados (CTC), contenido de antocianinas monoméricas (*MAC*, en inglés), radicales libres de *DPPH*, actividad depuradora (*DPPH*), poder antioxidante reductor férrico (*FRAP*, en inglés) y capacidad de absorción de radicales de oxígeno (*ORAC*, en inglés) en la soya negra. La vaporización a presión provocó aumentos significativos ($p < 0.05$) en *TPC*, CTC, *DPPH*, *FRAP* y *ORAC* en la soya amarilla. La cocción al vapor dio como resultado una mayor retención de los valores de *TPC*, *DPPH*, *FRAP* y *ORAC* en las semillas de soya amarillas y negras en comparación con los tratamientos de ebullición. Para investigar más a fondo el efecto del procesamiento sobre los compuestos fenólicos e identificar la contribución de estos compuestos a los cambios de las actividades antioxidantes, se determinaron cuantitativamente los ácidos fenólicos, las isoflavonas y las antocianinas mediante cromatografía líquida de alta resolución (*HPLC*, en inglés). Los tratamientos de vapor a presión causaron aumentos significativos ($p < 0.05$) en ácido gálico y ácido 2,3,4-trihidroxibenzoico, mientras que todos los tratamientos causaron disminuciones significativas ($p < 0.05$) en dos ácidos fenólicos predominantes (ácido clorogénico y ácido transcinámico) y ácidos fenólicos totales para la soya amarilla y negra. Todo el procesamiento térmico causó aumentos significativos ($p < 0.05$) en agliconas y beta-glucósidos de isoflavonas, pero causó disminuciones significativas ($p < 0.05$) en malonilglucósidos de isoflavonas tanto para la soya amarilla como la negra. Todo el procesamiento térmico provocó disminuciones significativas ($p < 0.05$) de cianidin-3-glucósido y peonidin-3-glucósido en la soya negra. Existieron correlaciones significativas entre las composiciones fenólicas seleccionadas, el contenido de isoflavonas y antocianinas y las propiedades antioxidantes de la soya cocida.

Búsqueda por medio de la biblioteca digital de la UNAM (UNAM-BIDI) y en diversos libros y tesis nacionales e internacionales de datos experimentales en donde se haya reportado información relevante e ilustraciones de tipo histológico de diversos órganos que sirvan como referencia para realizar una comparación teórica entre ellos

Al realizar la búsqueda bibliográfica no se encontraron experimentos realizados con órganos internos de seres vivos que se enfoquen en el efecto de las antocianinas sobre los mismos, por lo cual no fue posible realizar una comparación al respecto.

Búsqueda de datos experimentales donde se hayan reportado otros hallazgos benéficos o dañinos de tipo histológico en diversos órganos

En otra revisión bibliográfica Talavéra *et al.* (2004) señalaron estudios realizados en animales (ratas Wistar mediante la perfusión de glucósidos de antocianina purificados (9.2 nmol/min) o antocianinas de mora (9.0 nmol/min) o arándano (45.2 nmol/min) estudiaron la absorción intestinal de un extracto de antocianina de arándano (Antho 50) el cual contenía 15 antocianinas diferentes derivadas de combinaciones de 5 agliconas (Dp, Cy, Pt, Pn, Mv) y 3 glúcidos (galactosa, glucosa, arabinosa). Los derivados de la delfinidina resultaron inestables a las condiciones experimentales (37°C, pH 6.6) y no se logró establecer la absorción total de las antocianinas de arándano. Sin embargo, los glucósidos de delfinidina del extracto de arándano se absorbieron en altas proporciones en el estómago, lo que constituye un ambiente propicio para su estabilidad. Se ha informado que las antocianinas se absorben rápidamente como glucósidos en el estómago y el intestino delgado (Anexo 1), principalmente en la sección del yeyuno, de modo que pueden llegar a muchos tejidos periféricos y modular los cambios

metabólicos en el organismo (Talavéra et al., 2004). Sin embargo, la concentración plasmática de estos compuestos es muy baja, ya que tienen una baja tasa de biodisponibilidad debido a que, de acuerdo con su estructura química, son inestables a pH neutro. Esto es particularmente importante ya que las antocianinas están expuestas a diferentes condiciones de pH en todo el tracto gastrointestinal, lo que afecta su biodisponibilidad y su bioactividad, por lo que en muchas ocasiones terminan siendo metabolizadas por la microbiota intestinal debido al efecto de la mucosa intestinal y el metabolismo hepático (Magaña-Cerino et al., 2020).

Una investigación científica realizada por Pedreschi y Cisneros-Zevallos (2006), comprobó que las fracciones fenólicas obtenidas a partir de maíz morado tienen propiedades anti-mutagénicas. Este estudio evaluó si las antocianinas de maíz morado retardan la hiperglucemia crónica; el extracto de maíz morado crudo rico en antocianinas suprimió la proliferación de células colorrectales en humanos ejerciendo una interacción con los otros compuestos fenólicos funcionales.

Arroyo et al. (2010) describieron el efecto hipotensor de un extracto de *Zea mays* L. (maíz morado) en ratas hipertensas. Esta reducción de la presión arterial fue explicada por la actividad vasodilatadora, dependiente de óxido nítrico, de dicho extracto. Para realizar el experimento utilizaron cinco grupos de seis ratas Holtzman cada uno; uno sin hipercolesterolemia (control negativo) y cuatro con hipercolesterolemia inducida por consumo de colesterol puro vía oral durante 60 días: Control positivo y tres para las dosis de 250, 500 y 1000 mg/kg, respectivamente. En el día 60 se determinaron los niveles séricos de colesterol total, triglicéridos y colesterol HDL (mg/dL), así como de malondialdehído (mmol/L) para determinar la actividad antioxidante. Se observó una disminución del colesterol total en las ratas hipercolesterolémicas que consumieron dosis de 250 y 500 mg/kg en relación con el grupo control positivo (reducción de 21.5 y 11.2% respectivamente, $p < 0.01$). No se observaron diferencias significativas sobre los niveles de triglicéridos y colesterol HDL. A mayor dosis del extracto de maíz morado se encontró una mayor reducción de radicales libres, con la dosis de 1000 mg/kg se redujo en 56.4% los niveles de malondialdehído ($p < 0.01$). En condiciones experimentales, el consumo crónico del extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado disminuye los niveles de colesterol total y aumenta la capacidad antioxidante. No obstante, diferentes extractos de maíz morado contienen diferentes moléculas adicionales que podrían disminuir o incrementar el efecto vasodilatador de las antocianinas.

El mejoramiento de la agudeza visual y del comportamiento cognitivo como resultado del consumo de antocianinas ha sido reportado por Moreno-Loaiza (2013) donde se demostró que el comportamiento cognitivo y las funciones neuronales de ratas de laboratorio pueden ser mejoradas a través de suplementación nutricional con extractos de arándanos y fresas que también contienen gran cantidad de antocianinas.

De acuerdo con las diversas fuentes consultadas, el método de cocción y las condiciones de pH a que es sometido el maíz colorido son de gran importancia en la retención de nutrientes y la preservación de los pigmentos naturales, ya que si sus productos fueron sometidos a condiciones extremas se genera una pérdida en el contenido de flavonoides. Sin embargo, aunque existen investigaciones científicas sobre las propiedades biológicas de las antocianinas del maíz morado y su poder antioxidante *in vitro*, hay una falta de información sobre pruebas *in vivo*. De acuerdo con Fernandes et al. (2013), el amplio conocimiento de la biodisponibilidad y el metabolismo de las antocianinas es esencial para que sus efectos sobre la salud sean entendidos. Estos autores señalan que la evidencia actual en la literatura describe pobremente el metabolismo de las antocianinas en el ser humano, sin información sobre los efectos biológicos de sus metabolitos.

A diferencia de otros flavonoides, la síntesis química de los metabolitos de antocianinas es limitada debido a su baja estabilidad bajo condiciones extremas (de pH y temperatura) normalmente aplicadas a otros compuestos flavonoides (Dueñas et al., 2012). Sin embargo, algunos metabolitos de antocianinas se han sintetizado enzimáticamente (Fernandes et al., 2009).

De acuerdo con esta revisión bibliográfica, es fundamental determinar si estos nuevos compuestos son responsables de algunas de las actividades biológicas reportadas para las antocianinas. La purificación de metabolitos de antocianinas es crucial.

Conclusiones

Las antocianinas son compuestos presentes de forma natural en el maíz colorido. Estos compuestos confieren propiedades nutraceuticas según algunos de los estudios consultados. Sin embargo, de acuerdo con la información recopilada es posible que el proceso de nixtamalización genere un desaprovechamiento de las antocianinas por el ser humano, como se observó en el experimento pionero realizado en 2011 (Juárez-Zamora, 2011; Juárez-Zamora et al., 2013). El proceso de nixtamalización desestabiliza a estos compuestos y al llegar al estómago no podrían re-estabilizarse a pesar de las condiciones de pH que el mismo posee y a la presencia de la microbiota. Sin embargo, la cantidad de antocianinas que realmente pudieran absorberse es todavía un área de oportunidad.

A pesar de la existencia de diversas investigaciones científicas sobre las propiedades biológicas de las antocianinas del maíz morado y su poder antioxidante *in vitro*, hay una falta de pruebas *in vivo*, las cuales son esenciales para comprender completamente el efecto que generan los procesos térmicos, los cambios de pH y la presencia de iones como el calcio sobre la biodisponibilidad y el metabolismo de las antocianinas y sobre la salud global de quienes las ingieren. Por ello, se continuará la búsqueda de bibliografía sobre sus efectos en órganos internos como los que se tienen almacenados en la Facultad de Química de la UNAM hasta que termine esta pandemia y se puedan estudiar histológicamente para conocer el efecto de las dietas mostradas en la Tabla 1 y elucidar los efectos de la nixtamalización, la segunda cocción para elaborar las tortillas y la tercera cocción para producir los totopos sobre las antocianinas del maíz colorido morado, azul y rojo.

Tal vez habría que explorar el consumo de maíz crudo como pinole ya que la información recopilada en la literatura definitivamente indica que su calentamiento degrada a estos pigmentos.

Reconocimientos

Los autores reconocen el apoyo logístico parcial de la estudiante Miriam Guadalupe Larios-Crispín, con No. de cuenta 312216393, quien realizó su asignatura Estancia Estudiantil en el Semestre 2021-2 y, en el marco de ella, hizo una investigación bibliográfica con la cual cubrió los créditos de esa asignatura. Su informe final estuvo intitulado Efectos de la nixtamalización en las antocianinas del maíz (*Zea mays*) y sus repercusiones metabólicas, siendo redactado primordialmente por los autores.

Bibliografía

- Arroyo, J., Sáez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., de la Cruz, W., Valencia, J. 2010. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays* L.) en ratas hipercolesterolemias. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 24:157-162.
- Cabrera, L. 2022. Diccionario de aztequismos. Revisión y puesta en orden: J. Ignacio Dávila-Garibi. Términos nahuas: Luis Reyes-García. Términos latinos (clasificaciones botánicas y zoológicas): Esteban Inciarte. 5ª edición. ISBN 968-867-038-3. Ed. Colofón S.A. Ciudad de México, México.
- Cortés, G.A., Salinas, M.Y., San Martín-Martínez, E., Martínez-Bustos, F., 2005. Stability of anthocyanins of blue maize (*Zea mays* L.) after nixtamalization of separated pericarp-germ tip cap and endosperm fractions. *Journal of Cereal Science*. 43:57-62.
- Cruz-Vázquez, A. 2000. Evaluación del valor nutricional de "palomitas" de sorgo reventadas con y sin aceite. Tesis de Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/pd2000/285891/Index.html
- De Pascual-Teresa, S., Sánchez-Ballesta, M.T. 2008. Anthocyanins: from plant to health. *Phytochem. Rev.* 7:281-299.
- Dueñas, M., González-Manzano, S., Surco-Laos, F., González-Paramas, A., Santos-Buelga, C., 2012. Characterization of sulphated quercetin and epicatechin metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60:3592-3598.
- Durán-Domínguez, M.d.C. 1978. Procedimiento para cocer maíz por extrusión. Registro: Abril 7, 1978. Aprobación: Dos años después. Dirección General de Inventiones y Marcas. Departamento de Patentes. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. México. Patente Núm. 172126. Terminada a los 20 años. Ciudad de México, México.

- Durán-de-Bazúa, C. 1987. *Recycling of corn processing wastes / Reaprovechamiento de efluentes de la industria del maíz. Informe Final de Proyecto*. 100 pags. Pub. UNAM/UNEP. ISBN 968-36-1644-5. México D.F. 1000 ejemplares/exemplars [Español-Spanish-Inglés-English]. Ciudad de México, México.
- Escalante-Aburto, A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P., Barrón-Hoyos, J.M., Figueroa-Cárdenas, J.d.D., López-Cervantes, J., 2013. La nixtamalización y su efecto en el contenido de antocianinas de maíces pigmentados, una revisión / The nixtamalization process and its effect on anthocyanin content of pigmented maize. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(4):429-437.
- Fernandes, I., Azevedo, J., Faria, A., Calhau, C., de Freitas, V., Mateus, N., 2009. Enzymatic hemisynthesis of metabolites and conjugates of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57:735-745.
- Fernandes, I., De Freitas, V., Reis, C., Mateus, N. 2013. Antioxidant and antiproliferative properties of methylated metabolites of anthocyanins. *Food Chemistry*. 141:2923-2933.
- Flores-Farías, R., Martínez-Bustos, F., Salinas-Moreno, Y., Kil-Chang, Y., González-Hernández, J., Ríos, E., 2000. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalized Mexican maize flour for tortillas. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 80(1):657-664.
- Frías-Hermosillo, M.N., García-García, O. 2011. Comparación del valor nutritivo de maíz crudo, tortillas y totopos de maíz blanco y azul medido como relación de eficiencia proteica. Tesis de Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. Ciudad de México, México.
- Frías-Hermosillo, M.N., García-García, O., García-Gómez, R.S., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2011. Antocianinas del maíz azul (*Zea mays*) ¿Sustancias inocuas? Parte 2. Comparación de escala: Laboratorio *versus* molino-tortillería comercial / *Anthocyanins of blue corn (Zea mays) Inocuous substances? Part 2. Scale factor: Laboratory versus commercial scale maize products mill*. *Ambiens Techné et Scientia México*. 1(1):36-42.
- García-Gallegos, J.C. 2019. Nixtamalización del maíz: Físicoquímica en acción. <http://www.revistaondicula.com/nixtamalizacion-del-maiz-fisicoquimica-en-accion/>.
- Garzón, G.A. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biol.Colomb.* 13(3):27-36.
- González-Cruz, K.P. 2013. Antocianinas en maíz azul, evaluación del efecto de la adición de cal y calor a una antocianina, la pelargonidina. Tesis profesional de Química de Alimentos. Facultad de Química UNAM. Ciudad de México, México.
- Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., Paucar-Menacho, L. 2014. Characteristics and functional properties of purple corn (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*. 5:211-217.
- González-Cruz, K.P., García-Gómez, R.S., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2013. Antocianinas del maíz azul (*Zea mays*) ¿Sustancias inocuas? Parte 3. Evaluación del efecto de la adición de cal y calor a una antocianina, la pelargonidina / *Anthocyanins of blue corn (Zea mays) Inocuous substances? Part 3. Evaluation of the effect of the addition of lime and heat to an anthocyanin, pelargonidine*. *Ambiens Techné et Scientia México*. 1(1):43-56.
- Han, K., Sekikawa, M., Shimada, K., Hashimoto, M., Hashimoto, N., Noda, T., Tanaka, H., Fukushima, M. 2006. Anthocyanin rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. *Br. J. Nutr.* 96:1125-1133.
- Harakotr, B., Suriharn, S., Tangwongchai, R., Scott, M.P., Lertrat, K. 2014. Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. *Food Chemistry*. 164:510-517.
- Juárez-Zamora, E.D. 2011. Efecto de la nixtamalización en las antocianinas de maíces coloridos. Informe Estancia Estudiantil 2011-2. UNAM Facultad de Química. 20 pp. Ciudad de México, México.
- Juárez-Zamora, E.D., Vázquez-Romero, M., García-Gómez, R.S., Salas-Garrido, G., Macías-Rosales, L., Gracia-Mora, M.I., Torres-Torres, N., Tovar-Palacio, A., Ordaz-Nava, G., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2013. Antocianinas del maíz azul (*Zea mays*) ¿Sustancias inocuas? Parte 4. Estudios sobre los efectos de las antocianinas sujetas a calor y cambios en el pH usando modelos de laboratorio / *Anthocyanins of blue corn (Zea mays) Inocuous substances? Part 4. Studies on the effects of anthocyanins subjected to heat and pH changes using laboratory models*. *Ambiens Techné et Scientia México*. 1(1):57-62.
- Kim, H.W., Kim, J.B., Chao, S.M., Chung, M.N., Lee, Y.M., Chu, S.M. 2012. Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. *Food Chemistry*. 130:966-972.
- Magaña-Cerino, J.M., Peniche-Pavía, H.A., Tiessen, A., Gurrola-Díaz, C.M. 2020. Pigmented maize (*Zea mays* L.) contains anthocyanins with potential therapeutic action against oxidative stress. A review. *Food Nutr. Sci.* 70(2):85-99.
- Micolucci, V. 2019. Producción mundial de maíz 2019/2020. <https://www.foodnewslatam.com/paises/89-peru/9203-produccion-mundial-de-maiz-2019-2020.html>.
- Mora-Rochin, S., Gaxiola-Cuevas, N., Gutiérrez-Urbe, J.A., Milán-Carrillo, J., Milán-Noris, E.M., Reyes-Moreno, C., Serna-Saldívar, S.O., Cuevas-Rodríguez, E.O. 2016. Effect of traditional nixtamalization on anthocyanin content and profile in Mexican blue maize (*Zea mays* L.) land races. *LWT Food Science and Technology*. 68:563-569.
- Moreno-Loaiza, O., Paz-Aliaga, A., Mamani-Choquepata, P., Mamani-Quispe, V., Manchego-Rosado, L. 2013. Curva dosis-efecto de las antocianinas de tres extractos de *Zea mays* L. (maíz morado) en la vasodilatación de anillos aórticos de rata. *Rev. Perú. Med. Exp. Salud Pública*. 30:714-728.
- Moreno-Morales, J.J. 2010. Cuantificación de las variaciones de la presencia de antocianinas en harina cruda, harina nixtamalizada, tortillas y totopos de maíz azul (*Zea mays*) originario de Atlacomulco, estado de México, México. Tesis profesional de Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. Ciudad de México, México.
- Moreno-Morales, J.J., Sánchez-Tovar, S.A., García-Gómez, R.S., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2013. Antocianinas del maíz azul (*Zea mays*) ¿Sustancias inocuas? Parte 1. Efecto de la nixtamalización sobre las características físicas y químicas del maíz azul *Zea mays* originario de Atlacomulco, estado de México, México / *Anthocyanins of blue corn (Zea mays) Inocuous substances? Part 1. Effect of nixtamalization on physical and chemical characteristics of blue maize (Zea mays) from Atlacomulco, State of Mexico, Mexico*. *Ambiens Techné et Scientia México*. 1(1):26-35.
- Pedreschi, R., Cisneros-Zevallos, L. 2006. Antimutagenic and antioxidant properties of phenolic fractions from Andean purple corn (*Zea mays* L.). *J. Agric. Food Chemistry*. 54:4557-4567.

- Pérez, I. 2019. Estructura y motilidad del intestino delgado. [En línea] Actualizado al 25 de marzo de 2019. <https://culturacientifica.com/2019/03/25/estructura-y-motilidad-del-intestino-delgado>.
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Cappellini, F., Reiner, Z., Zorzan, D., Imran, M., Sener, B., Kilic, M., El-Shazly, M., Fahmy-M, N., Al-Sayed, E., Martorell, M., Tonelli, C., Petroni, K., Docea, A.O., Calina, D., Maroyi, A. 2020. The therapeutic potential of anthocyanins: Current approaches based on their molecular mechanism of action. *Frontiers in Pharmacology*. 11:1-11.
- Salinas-Moreno, Y., Martínez-Bustos, F., Soto-Hernández, M., Ortega-Paczka, R., Arellano-Vázquez, J.L. 2003. Efecto de la nixtamalización sobre las antocianinas de granos pigmentados. *Agrociencia*. 37:617-628.
- Salinas, Y., García, C., Coutiño, B., Vidal, V. 2013. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 285-294.
- SIAP. 2020. Panorama agroalimentario 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>.
- Talavéra, S., Felgines, C., Texier, O., Besson, C., Manach, C., Lamaison, J., Révész, C. 2004. Anthocyanins are efficiently absorbed from the small intestine in rats. *Journal of Nutrition*. 134(9):2275-2279.
- Vázquez-Romero, M. 2011. Efecto de la nixtamalización en las antocianinas de maíces coloridos. Informe Estancia Estudiantil 2012-1. UNAM Facultad de Química. 20 pp. Ciudad de México, México.
- Xu, B., Chang, S.K.C. 2008. Total phenolics, phenolic acids, isoflavones, and anthocyanin and antioxidant properties of yellow and black soybeans as affected by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56:7165-7175.

A continuación se presentan los tres anexos citados que complementan la revisión bibliográfica realizada.

Anexos

Anexo I. Estructura y descripción del aparato digestivo (Pérez, 2019)



El intestino delgado es un tubo que se extiende desde el estómago hasta el intestino grueso. Se encuentra alojado en la cavidad abdominal, y recibe secreciones del páncreas y del sistema biliar. En la mayor parte de los vertebrados el intestino delgado es el principal órgano de digestión y absorción del alimento. En los terrestres se subdivide en tres áreas: duodeno, yeyuno e íleon.

Una sección transversal del tubo digestivo a la altura del intestino delgado revela la existencia de cuatro capas principales: Mucosa, submucosa, muscular (*muscularis externa*) y serosa.

La mucosa se subdivide en tres láminas. La primera es el epitelio, denominado también membrana mucosa, una lámina epitelial interior que contiene células exocrinas (secretan jugos digestivos), endocrinas (secretan hormonas) y epiteliales (especializadas en la absorción de

nutrientes). La segunda es la lámina propia, una capa un tanto difusa de tejido conjuntivo en el que se insertan las células epiteliales de la membrana mucosa. La lámina propia se encuentra atravesada por finos vasos sanguíneos, conductos linfáticos y fibras nerviosas. Alberga además el tejido linfóide asociado al intestino, que es la barrera de defensa inmunitaria frente a los patógenos del intestino. La mucosa muscular es una fina capa de músculo liso que se encuentra entre la lámina propia y la submucosa.

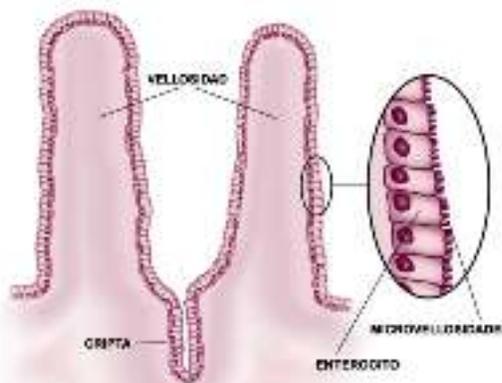
La submucosa es una gruesa capa de tejido conjuntivo, al que debe la pared del intestino delgado su elasticidad. Contiene vasos sanguíneos y linfáticos cuyas ramificaciones se proyectan hacia la mucosa y hacia la capa muscular más externa. La submucosa también alberga una red nerviosa, llamada plexo submucoso o plexo de Meissner.

Por el exterior de la submucosa se encuentra la capa muscular. En la mayor parte del intestino delgado esta capa tiene dos subcapas, una interna, circular, y otra externa, longitudinal. La contracción de la subcapa interna provoca la constricción del tubo allí donde se produce, mientras que la contracción de la exterior provoca el acortamiento del tubo. La contracción combinada y coordinada de ambas subcapas es lo que produce la mezcla de los contenidos intestinales y su propulsión a lo largo del tubo. Entre ambas subcapas se encuentra otra red nerviosa, el plexo mientérico que junto con el plexo submucoso ayuda a regular la actividad intestinal local.

La capa serosa es la capa de tejido conjuntivo que cubre el tubo digestivo. Secreta un fluido seroso de efecto lubricante que previene la fricción entre el aparato digestivo y los órganos adyacentes. No hay discontinuidad entre la serosa y el mesenterio que ancla el tubo digestivo a la pared de la cavidad abdominal.

La estructura del intestino delgado da lugar a un área superficial de gran extensión. La existencia en la mucosa de pliegues, vellosidades y microvellosidades es lo que permite que la superficie interior sea muy superior a lo que cabría esperar de un tubo sin esas particularidades y gracias a ello alcanza una gran magnitud.

La superficie interior de la mucosa se dispone en pliegues circulares que multiplican por tres la superficie interna del tubo. De los pliegues salen proyecciones similares a dedos microscópicos; son los *villus* o vellosidades. Dan una apariencia aterciopelada a la superficie interna del intestino. La superficie de cada *villus* se halla cubierta por células epiteliales, de las que salen las microvellosidades. Estas forman lo que se denomina borde en cepillo (*brushborder* en inglés). Cada célula epitelial puede contener en su parte apical entre 3000 y 6000 microvellosidades y permiten multiplicar por veinte el área superficial de las células. El borde en cepillo alberga enzimas que participan en la digestión y la absorción simultánea de sus productos. En total, la superficie efectiva para la absorción es seiscientas veces mayor de lo que sería en un tubo cuya pared interna fuese lisa.



Borde en cepillo (*brushborder*)

ANEXO II. Glosario (<https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/perfusion>)

Perfusión: Administración intravascular continua de un fármaco o una sustancia.

ANEXO III. Resumen de los artículos más importantes revisados durante la investigación bibliográfica

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
1	El propósito de este trabajo fue estudiar el destino de diversas antocianinas en el	Se realizó la investigación sobre la absorción de antocianinas después de la perfusión <i>in situ</i> del íleon yeyuno en ratas. Se perfundió el intestino durante 45 min con una solución	El análisis de muestras de bilis reveló que la cianidina 3-glucósido y sus derivados metilados (peonidina 3-glucósido peonidinaglucurónido) aparecieron	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Talavéra, S.,

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
	intestino delgado. Varios estudios han demostrado que los flavonoides se absorbieron en este órgano, pero el conocimiento detallado del metabolismo de las antocianinas en el intestino delgado es escaso. Se investigó la absorción de antocianinas después de la perfusión intestinal <i>in situ</i> (segmentos del íleon yeyuno)	fisiológica suplementada con diversas antocianinas. Se perfundieron glucósidos de antocianina purificados (9.2 nmol/min), antocianinas de mora (9.0 nmol/min) y de arándano (45.2 nmol/min). La proporción de glucósidos de antocianina que se absorbió a través del intestino delgado después de la perfusión estuvo influenciada por la estructura química de la antocianina y varió de 10.7 (malvidina 3 glucósido) a 22.4% (cianidina 3 glucósido). Después de la perfusión de 600 nmol/min de antocianinas de mora se recuperó cianidina 3-glucósido nativo en orina y plasma de la aorta y la vena mesentérica. También se identificaron derivados metilados y/o glucuronidos	rápidamente en la bilis	Felgines, C., Texier, O., Besson, C., Manach, C., Lamaison, J., Rémésy, C. 2004. Anthocyanins are efficiently absorbed from the small intestine in rats. <i>Journal of Nutrition</i> . 134(9): 2275-2279
2	El objetivo de esta revisión fue proporcionar información útil sobre la relación entre estructura y actividad (<i>SAR</i> , en inglés) de la glucosilación de antocianidinas para la investigación de la optimización de la estructura y la exploración de las posibles funciones de las antocianinas	Este artículo resume los principales logros sobre las relaciones estructura-actividad de la glucosilación de antocianidinas. Generalmente, mejora la estabilidad, da como resultado el llamado efecto hipsocrómico ¹⁶ , disminuyendo su biodisponibilidad y su actividad anticancerígena. La actividad antioxidante de las antocianidinas o antocianinas está determinada sinérgicamente por el sitio de glucosilación y el tipo y número de glucosilo. En la naturaleza, las tonalidades azules provocadas por la glucosilación pueden verse reforzadas por la formación de las inclusiones vacuolares antocianínicas. Esta revisión podría proporcionar una referencia para la investigación de la optimización de la estructura y la exploración de las funciones de las antocianinas	Muchos investigadores han demostrado que la glucosilación de antocianidinas altera la estabilidad, dando como resultado el efecto hipsocrómico, disminuyendo la biodisponibilidad y la actividad anticancerosa, y disminuyendo, aumentando o no cambiando la actividad antioxidante de las antocianidinas o antocianinas. Aunque se ha logrado un progreso considerable en la investigación de la <i>SAR</i> de la glucosilación de antocianidinas durante las últimas décadas, la relación entre estructura y actividad de la glucosilación no está del todo clara y hay tres aspectos en espera de un estudio más a fondo. En primer lugar, todavía se desconocen varios detalles clave sobre los efectos de la glucosilación sobre la actividad de las antocianidinas o antocianinas y deben confirmarse, por ejemplo, las relaciones entre el sitio de glucosilación y la capacidad de biodisponibilidad o la actividad anticancerosa. En segundo lugar, hasta ahora, algunos resultados sobre los SAR de la glucosilación de antocianidinas fueron paradójicos entre diferentes experimentos. Por ejemplo, la relación entre la glucosilación y la actividad antioxidante, que podría provenir de diferencias en los sistemas experimentales y/o métodos de evaluación. Deberán seleccionarse y establecerse sistemas de investigación <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> razonables y representativos,	REVISIÓN Zhao, C.L., Chen, Z.J., Bai, X.S., Ding, C., Long, T.J., Wei, F.G., Miao, K.R. 2014. Structure-activity relationships of anthocyanidin glycosylation. <i>Molecular Diversity</i> . 18(3): 687-700 Wikipedia, 2021. https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_hipsocr%C3%B3mico

16 El **efecto hipsocrómico** es un cambio de la posición de las bandas espectrales del espectro de absorción, de transmitancia, de reflectancia o de emisión de una molécula hacia una longitud de onda más corta (o una frecuencia más alta). En el espectro visible, el color azul es el que tiene una longitud de onda más baja y, por ello, el efecto se conoce también como *desplazamiento hacia el azul* (Wikipedia, 2021)

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
			acompañados de métodos universalmente aceptados y validados. Por último, una gran cantidad de desarrollos recientes en glucobiología molecular han indicado que los residuos glucosídicos de estos glucósidos pueden ser cruciales para su bioactividad mejorando los parámetros farmacocinéticos asociados	
3	El objetivo de este estudio fue evaluar la actividad antioxidante del maíz azul y la tortilla en diferentes líneas celulares de cáncer	Se determinó el contenido total de polifenoles, antocianinas monoméricas y actividad antioxidante mediante los métodos 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH, en inglés) y reactivos de ácido tiobarbitúrico (TBARS, en inglés) para maíz azul crudo y tortillas. El perfil de antocianinas de tortilla se obtuvo mediante análisis cromatográfico con espectrometría de masas de ionización por electro pulverización (HPLC-ESI-MS). La actividad anti proliferativa del maíz azul y el extracto de tortilla se probaron para carcinoma hepatocelular (<i>HepG2</i> , en inglés), carcinoma de pulmón (<i>H-460</i> , en inglés), adenocarcinoma de cuello uterino (<i>HeLa</i> , en inglés) y adenocarcinoma de mama (<i>MCF-7</i> , en inglés) y líneas celulares de próstata de un humano con cáncer (<i>PC-3</i> , en inglés) mediante el ensayo amberlita XAD-7, ácido acético, bromuro de 3-(4,5-dimetil tiazol-2-il) -2,5-difeniltetrazolio (<i>MTT</i> , en inglés)	Este estudio es el primer informe que muestra que el proceso tradicional de elaboración de tortillas a partir de maíz azul favorece la actividad anti proliferativa en varias líneas de células cancerosas. Esta evidencia destaca la importancia del proceso tradicional de nixtamalización, particularmente su efecto sobre las antocianinas. Los hallazgos sugieren que el consumo de maíz azul y tortilla podría tener un efecto positivo en la salud. Se requiere más investigación para esclarecer el o los mecanismos moleculares involucrados en la actividad anticancerígena observada en el maíz azul de la raza Mixteca y la tortilla de maíz	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Herrera-Sotero, M.Y., Cruz-Hernández, C.D., Trujillo-Carretero, C., Rodríguez-Dorantes, M., García-Galindo, H.S., Chávez-Servia, J.L., Oliart-Ros, R.M., Guzmán-Gerónimo, R.I. 2017. Antioxidant and antiproliferative activity of blue corn and tortilla from native maize. <i>Chemistry Central Journal</i> . 11(1): artículo 110. https://bmcchem.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13065-017-0341-x
4	Este trabajo de revisión tuvo como objetivo recopilar información sobre el maíz morado como alternativa al uso de colorantes artificiales de alimentos por sus beneficios a la salud al incluirlo en la dieta: Disminución de enfermedades cardiovasculares (hipertensión arterial), reducción del colesterol, lucha contra la diabetes, siendo el más resaltante la acción antioxidante	Las fracciones fenólicas obtenidas a partir de maíz morado tienen propiedades anti-mutagénicas. Este estudio evaluó si las antocianinas de maíz morado retardan la hiperglucemia crónica; el extracto de maíz morado rico en antocianinas suprimió la proliferación de células colorrectales en humanos ejerciendo una interacción aditiva con los otros compuestos fenólicos funcionales (Jing y Giusti, 2007; Jing et al., 2008). Arroyo et al. (2010) describieron el efecto hipotensor de un extracto de <i>Zea mays</i> L. (maíz morado) empleando ratas hipertensas. Esta reducción de la presión arterial fue explicada por la actividad vasodilatadora, dependiente de óxido nítrico, de dicho extracto. No obstante, diferentes extractos de maíz morado contienen diferentes moléculas adicionales (Arroyo et al., 2010) que podrían disminuir o incrementar el efecto vasodilatador de las antocianinas	Se definió al maíz morado como el mejor sustituto para colorantes alimenticios artificiales, debido a su origen natural y alto contenido en antioxidantes. Las investigaciones científicas demuestran que los pigmentos hidrosolubles presentes en el maíz morado denominados antocianinas, pueden utilizarse en las industrias farmacéuticas y alimentarias con la finalidad de obtener un producto funcional que beneficie la salud de sus consumidores otorgándole un alto valor agregado. Estudios experimentales han demostrado que el incremento en el consumo de antocianinas puede disminuir la presión sanguínea en personas hipertensas y elevar la capacidad antioxidante total de la sangre. Asimismo, su ingestión regular podría ser útil para personas que no padecen de ninguna enfermedad ya que pueden mejorar su estilo de vida, debido a que no presenta efectos secundarios. Las propiedades que posee el maíz morado son poco	REVISIÓN Guillén-Sánchez, J., Mori-Arismendi, S., Paucar-Menacho, L. 2014. Characteristics and functional properties of purple corn (<i>Zea mays</i> L.) var. subnigrovioláceo. <i>Scientia Agropecuaria (Perú)</i> . 5: 211-217 Jing, P., Giusti, M. 2007. Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (<i>Zea mays</i> L.) color extract. <i>Food Chem. Toxicol.</i> 72: 366-368

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
			conocidas por quienes lo consumen, pero investigaciones futuras (infusiones de antocianina o aceite de maíz morado) y una adecuada información dará a conocer las facultades que posee, lo cual motivaría su consumo intensivo y permanente	Jing, P., Bomser J., Schwartz, S., He, J., Magnuson, B., Giusti, M. 2008. Structure function relationships of anthocyanins from various anthocyanin-rich extracts on the inhibition of colon cancer cell growth. <i>J. Agric. Food Chem.</i> 56: 9391-9398 Arroyo, J., Saez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., de la Cruz, W., Valencia, J. 2010. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) en ratas hipercolesterolemias. <i>Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública.</i> 24: 157-162
5	El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de los extractos de maíz azul comercial nativo, gelatinizado obtenidos por tratamiento ácido-metanol sobre las fracciones nutricionales de almidón <i>in vitro</i> tales como: Almidón de rápida digestión (<i>RDS</i> , siglas en inglés), almidón de digestión lenta (<i>SDS</i> , siglas en inglés) y almidón resistente (<i>RS</i> , siglas en inglés)	El maíz azul pigmentado se obtuvo del campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, Texcoco, Estado de México, México, durante la temporada 2012-2013. La harina se obtuvo como se informó anteriormente (Camelo Méndez y Bello-Pérez, 2014). Como control se utilizó harina de maíz blanco comercial (Naturelo, Querétaro, México). Para los ensayos <i>in vitro</i> de digestibilidad del almidón se utilizó almidón de maíz normal (Ingredion México S.A, México). Las muestras (5 g de harina de maíz) se homogeneizaron en 15 mL de una mezcla orgánica de metanol-agua (75% de metanol acidificado con 5% de HCl [1 N]), manteniendo en agitación durante 1 h y centrifugando (3000xg) durante 10 min a 4°C. El extracto alcohólico resultante se filtró y el disolvente se evaporó en atmósfera de nitrógeno. Los extractos de maíz se prepararon frescos antes de cada experimento para evitar la degradación de los compuestos. Los extractos se purificaron por evaporación rotatoria al vacío re-suspendiéndolos en 15 mL de agua	El análisis cromatográfico de los extractos de maíz azul mostró la presencia de siete antocianinas, donde la cianidina-3- (600-malonilglucósido) fue la principal. Los extractos de maíz azul modificaron las fracciones de almidón nutricional <i>in vitro</i> (disminución del <i>RDS</i>) mientras que el contenido de <i>RS</i> aumentó (1.17 y 2.02 veces para el almidón de maíz nativo y gelatinizado comercial, respectivamente) cuando se agregaron extractos de antocianinas al almidón hasta en un 75% (masa de almidón). Esta observación preliminar proporcionó la base para una evaluación adicional de la idoneidad del extracto de maíz azul como modificador natural del almidón por la posible interacción del almidón-antocianinas. Los extractos de antocianinas pueden ser adecuados para producir alimentos funcionales con mayor contenido de <i>RSM</i> con beneficios potenciales para la salud humana	INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA Camelo-Méndez, G.A., Agama-Acevedo, E., Sánchez-Rivera, M.M., Bello-Pérez, L.A. 2016. Effect on <i>in vitro</i> starch digestibility of Mexican blue maize anthocyanins. <i>Food Chemistry.</i> 211: 281-284 Camelo-Méndez, G.A., Bello-Pérez, L.A. 2014. Antioxidant capacity of extractable and non-extractable polyphenols of pigmented maize. <i>Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences.</i> 4(59): 6-13

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		<p>destilada para evitar la interferencia del solvente en los ensayos <i>in vitro</i>. Los análisis cromatográficos con espectrometría de masas de ionización por electro pulverización (<i>HPLC-ESI-MS</i>, en inglés) de las antocianinas de maíz azul hicieron en un equipo Shimadzu LC-MS (Tokio, Japón), acoplado a uno de Agilent Technologies (Palo Alto, CA, EE. UU.) La detección también se realizó en un SPD-M20A UV-Vis equipado con una fuente ESI y un analizador de masas de trampa de iones de cuadrupolo simple, conectado al equipo cromatográfico a la salida de la celda DAD. Las antocianinas se identificaron por su tiempo de retención, espectros UV-Vis y espectros de masas, así como por comparación con una biblioteca de datos y estándares disponibles</p>		
6	<p>El objetivo de la presente investigación fue evaluar la digestibilidad <i>in vitro</i> del almidón en tortillas elaboradas con maíz azul y evaluar la influencia del almacenamiento en frío sobre esta característica nutricional relevante de las tortillas</p>	<p>Se prepararon tortillas a partir de dos variedades de maíz (azul y blanco regular) y se compararon con respecto a la composición química y la digestibilidad <i>in vitro</i> del almidón, es decir, almidón disponible (<i>AS</i>), total (<i>RS</i>) y contenido de almidón resistente retrógrado (<i>RRS</i>), tasa de amilosis e índice glucémico predicho (<i>pGI</i>, siglas en inglés). El impacto sobre la digestibilidad de la cámara frigorífica (4°C) también se investigó. Se prepararon experimentalmente tortillas a partir de maíz nixtamalizado a nivel de laboratorio, utilizando condiciones estandarizadas durante todo el proceso. Se cocinaron lotes de 5 kg de maíz pigmentado (maíz azul), generados a través de un programa de mejoramiento del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, Texcoco, Estado de México, México, en 15 L de cal en suspensión. Se añadió cal (base de 10 g kg⁻¹ de masa del grano) y el maíz se cocinó durante 1 hora a temperatura de ebullición y luego se dejó reposar en el mismo recipiente de cocción con el líquido (nejayote) durante 16 h. La solución de cocción, se separó (contiene una parte importante de las antocianinas) y el nixtamal resultante se lavó tres o cuatro veces con agua del grifo para eliminar el pericarpio y el exceso de cal (disolviéndose más antocianinas en esta agua de lavado). El nixtamal se molió utilizando un triturador de piedra comercial (Nixtamex, Ciudad de México) con piedras de 6.5 cm de ancho y 12.5 cm de diámetro añadiendo agua a razón de 90 mL/kg. La masa se moldeó en una tortilladora comercial (Tortilladoras González, Naucalpan, México), obteniendo</p>	<p>La tortilla de maíz azul exhibió un mayor contenido de proteínas y lípidos que la tortilla blanca. Esta característica es importante ya que ambos componentes pueden interactuar con la amilosa y cadenas lineales más largas de amilopectina, fenómeno que atenúa la retrogradación. El menor contenido total de almidón de la tortilla azul puede resultar en una disminución de las interacciones entre las cadenas de almidón y conducir a una textura más suave de la tortilla pigmentada. El menor contenido de almidón disponible en la tortilla azul refleja una menor concentración total de almidón en esta tortilla. La tortilla azul contiene almidón menos resistente que la blanca. En ambos tipos de producto, la <i>RS</i> aumentó ligeramente con el tiempo de almacenamiento, lo que indica una tendencia a la retrogradación del almidón relativamente baja en estos materiales. Tal suposición parece estar respaldada por el contenido reducido de almidón resistente retrógrado detectado. La tortilla pigmentada tuvo un <i>pGI</i> más bajo que la tortilla blanca y este parámetro no cambió durante el almacenamiento. Además de su textura más suave percibida, el <i>pGI</i> más bajo de la tortilla pigmentada puede ser atractivo para personas con requisitos nutricionales o metabólicos particulares</p>	<p>INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA</p> <p>Hernández-Uribe, J.P., Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J.J., Tovar, J., Bello-Pérez, L.A. 2007. Chemical composition and <i>in vitro</i> starch digestibility of pigmented corn tortilla. <i>Journal of Science of Food and Agriculture</i>. 87(13): 2482-2487</p>

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		<p>círculos finos de 2 mm de grosor para obtener tortillas. Las tortillas control fueron preparadas con maíz blanco y se compraron en una tortillería comercial donde se utilizó la misma tortilladora. Ya frías las tortillas se empacaron en bolsas de polietileno (20 x 30 cm, Plásticos de México, S.A. de CV, México) y se almacenaron durante 1, 2, 4 y 7 días a 4°C. Una muestra se separó inmediatamente después de enfriarse a temperatura ambiente, como la muestra "tiempo de almacenamiento cero"</p>		
7	<p>Los objetivos de esta investigación fueron identificar y cuantificar las antocianinas de quince especies de maíz azul mexicano de la variedad local Elotero Sinaloa recolectadas en la región noroeste de México. Además, se evaluó el efecto del procesamiento tradicional de nixtamalización sobre estos compuestos</p>	<p>El estudio se realizó en 15 granos azules contrastantes que corresponden a una variedad típica de la región noroeste de México: Elotero Sinaloa. El de maíz pigmentado provino de polinización abierta mantenida por agricultores tradicionales en el municipio de Concordia ubicado en (23 170 1800 N, 106 40 300 W), estado de Sinaloa, México. Todos los materiales se cultivaron y cosecharon durante 2013. Los cultivos se manejaron siguiendo las recomendaciones estándar. Las muestras de maíz se almacenaron a 4°C hasta su posterior procesamiento. Las características físicas del grano se determinaron utilizando procedimientos estándar: masa específica de grano (<i>TW</i>, siglas en inglés) de acuerdo con los procedimientos estándar oficiales de grano de EE. UU. (AACC, 2000; Método 55-10) y masa de mil granos (<i>TK7</i>, siglas en inglés) pesando 100 granos seleccionados al azar al 13% de humedad del grano. El índice de flotación (<i>FI</i>, siglas en inglés), como medida indirecta de la dureza, se evaluó mediante el procedimiento propuesto por Vázquez-Carrillo et al. (2015). Para determinar el contenido total de antocianinas se realizaron extracciones de muestras molidas (250 g) mezcladas con 10 mL de solución de metanol acidificada con 36.5 g/L de HCl (95:5 mL: mL). Las muestras se agitaron durante 30 min y se centrifugaron (3000xg) durante 5 min (Sorvall RC5C, Sorvall Instruments, Dupont, Wilmington, DE, EE. UU.) y se recogieron los sobrenadantes. Se tomaron lecturas de absorbancia a 535 nm y se corrigieron para la absorbancia de fondo a 700 nm usando un lector de microplacas (Synergy HT, Bio-Tek Instruments, Inc., Winooski VT, EE. UU.) y utilizando coeficientes de extinción molar de 25.965 Abs/Mxcm y una masa molecular de 449.2 g/mol. Se calcularon los contenidos totales de antocianinas expresados como mg de</p>	<p>El maíz azul crudo presentó un perfil de antocianinas similar dominado por derivados de cianidina en 86.9% en promedio. La nixtamalización aumentó el porcentaje relativo de antocianinas glucosiladas (<i>Cy-3-Glu</i> y <i>Pg-3-Glu</i>, en inglés) y disminuyó las antocianinas aciladas (<i>Cy-Suc-Glu</i> y <i>Cy-diSuc-Glu</i>, en inglés) en comparación con los granos crudos. Los resultados obtenidos indican que el maíz azul nativo mexicano estudiado contenía patrones de antocianina predominando los derivados de cianuro acilado. Esta información podría ser útil para seleccionar el mejor maíz pigmentado para la derivación de productos alimenticios con potencial nutracéutico. El estudio actual mostró diferencias sustanciales en el contenido de antocianinas y los perfiles de composición entre el maíz azul nativo de México. También hubo un alto predominio de antocianinas aciladas como cianidin-3- (600-succinilglucósido) y cianidin-3- (600-disuccinilglucósido). Curiosamente, el porcentaje relativo más alto de antocianinas aciladas en relación con el total de antocianinas fue de 82.9%. Es de destacar que las tortillas obtenidas a partir de maíz azul nixtamalizado (FAUAS-220, FAUAS-419, FAUAS-437, FAUAS-447, FAUAS-485 y FAUAS-512) retuvieron entre 45.0 y 60.1% del total de antocianinas en comparación con sus respectivos granos crudos. Estos resultados indicarían que los diferentes granos de maíz azul nativo de México podrían ser prometedores para el desarrollo de alimentos funcionales o como fuente de colorantes naturales</p>	<p>INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA</p> <p>Mora-Rochín, S., Gaxiola-Cuevas, N., Gutiérrez-Urbe, J.A., Milán-Carrillo, J., Milán-Noris, E.M., Reyes-Moreno, C., Serna-Saldívar, S.O., Cuevas-Rodríguez, E.O. 2016. Effect of traditional nixtamalization on anthocyanin content and profile in Mexican blue maize (<i>Zea mays</i> L.) landraces. <i>LWT – Food Science and Technology</i>. 68: 563-569</p> <p>Vázquez-Carrillo, G., Santiago-Ramos, D., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sanchez, E., Guerrero-Herrera, M.J. 2015. High oil content maize: Physical, thermal and rheological properties of grain, masa and tortillas. <i>LWT-Food Science and Technology</i>. 60: 156-161</p> <p>Abdel-Aal, E.M. y Hucl, P. 1999. A rapid method for quantifying total antocyanins in blue aleurone and puple pericarp wheats. <i>Cereal Chemistry</i>. 76: 350-354</p>

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		equivalente de cianidina 3-glucósido (<i>CGE</i> , siglas en inglés) por 100 g de masa seca (<i>DW</i> , siglas en inglés) (Abdel-Aal y Hucl, 1999)		
8	El presente estudio de toxicidad de 90 días se condujo para determinar los posibles efectos tóxicos del color morado del maíz (<i>PCC</i> , purple corn color, en inglés) y estimar el posible riesgo toxicológico para el ser humano con la administración en la dieta de ratas F344 de ambos géneros	Se probó un <i>PCC</i> que contiene 26.4% de antocianinas, 57.7% de polifenol y glucosa y 10% de ácido cítrico fabricado comercialmente por San-Ei Gen FFI, Inc. (lote no. 020508) almacenado a 2-4°C protegido de la luz en un refrigerador comercial. El compuesto de prueba se incorporó a los niveles requeridos en investigación para dietas controladas (Oriental Yeast Co., Ltd., Tokio, Japón). En este estudio se analizó la estabilidad del <i>PCC</i> en dietas preparadas, y se confirmó que era estable durante 5 semanas a temperatura ambiente. Por lo tanto, la preparación de la dieta se realizó a intervalos de 3 a 4 semanas. El análisis de homogeneidad y contenido en las dietas preparadas confirmó la homogeneidad satisfactoria, y el contenido de cada dieta analizado estaban dentro de los rangos aceptables. Se emplearon grupos de 10 ratas macho y 10 hembras (dietas control con 0% <i>PCC</i> , 0.5%, 1.5% y 5.0%) durante 90 días. Los animales fueron observados diariamente para detectar anomalías y monitorear las masas corporales individuales semanalmente. Se midieron el consumo de alimentos y agua. Después del lapso de estudio se realizó la eutanasia y se recolectaron los órganos internos para hacer estudios histológicos	No se produjeron muertes durante el tratamiento. Tampoco hubo cambios relacionados con el tratamiento en la masa corporal, el consumo de alimentos y agua, oftalmología, hematología, datos de la masa de órganos (estudios histopatológicos). Con respecto de las condiciones generales y la patología macroscópica se observaron manchas de pelaje y heces negras en las ratas de los grupos de las dietas de 1.5 y 5.0%. Además, la orina era marrón y se encontró material negro en estómago, intestinos delgado y grueso más evidentes para las ratas que recibieron 5.0%. Se consideró que estos cambios eran debidos a las antocianinas. El análisis de química clínica (colesterol total, fosfolípidos y triglicéridos) mostró reducciones significativas para ambos géneros del grupo de 5.0%, pero no se consideraron toxicológicamente significativos. Usando el nivel sin efectos adversos observados (<i>NOAEL</i> en inglés) para los grupos de 5.0% (ratas macho: 3542 mg/kg/día, ratas hembra: 3849 mg/kg/día) para <i>PCC</i> indicaron que no hubieron respuestas negativas para las concentraciones suministradas en esta experimentación	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Nabae, K., Hayashi, S.M., Kawabe, M., Ichihara, T., Hagiwara, A., Tamano, S., Tsushima Y., Uchida, K., Koda, T., Nakamura, M., Ogawa, K., Shirai, T. 2008. A 90-day oral toxicity study of purple corn color, a natural food colorant, in F344 rats. <i>Food and Chemical Toxicology</i> . 46(2): 774-780
9	Este estudio usando arroz, soya y maíz que contienen antocianinas tiene como objetivo determinar si la antocianina de arroz negro (<i>BRA</i> , en inglés), la antocianina de soya negra (<i>BSA</i> , en inglés) y la antocianina de maíz morado (<i>PCA</i> , en inglés) pueden alterar la masa corporal al aliviar tanto el estrés oxidativo como la inflamación en la obesidad inducida por la dieta	El arroz negro, la soya negra y el maíz morado se obtuvieron del Centro de Logística Agrícola en Tianjin, China. Se pesaron muestras de arroz, soya y maíz extrayendo tres veces con disoluciones de metanol/ácido fórmico (9:1, v/v). Se eliminó el solvente mediante evaporación rotatoria al vacío y el extracto purificado se absorbió en una columna de Amberlite XAD-7 equilibrada. La columna se saturó con ácido fórmico al 1% y las antocianinas de unión se eluyeron con ácido fórmico al 1% en metanol. La solución eluida se sometió nuevamente a evaporación al vacío y el concentrado se extrajo con acetato de etilo hasta que no se observara cambio de color. Se emplearon 72 ratones macho C57BL/6 (de 4 semanas de edad) en el Centro de Animales de Laboratorio de la Academia de Ciencias Médicas Militares de Beijing y se mantuvieron en una habitación con ciclos alternados de luz/oscuridad de 12	La dosificación de <i>BRA</i> , <i>BSA</i> o <i>PCA</i> (200 mg kg ⁻¹) o de <i>orlistat</i> (100 mg kg ⁻¹) redujo la masa corporal en 9.6, 13.3, 16.6 o 9.8%, respectivamente. Además, el consumo de <i>BRA</i> , <i>BSA</i> o <i>PCA</i> podrá aumentar el contenido de ácido butírico fecal, disminuyendo la peroxidación lipídica y disminuyendo los niveles de expresión génica. Por tanto, <i>BRA</i> , <i>BSA</i> o <i>PCA</i> mejoran la obesidad inducida por la dieta aliviando, tanto el estrés oxidativo como la inflamación	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Wu, T., Guo, X.Q., Zhang, M., Yang, L., Liu, R., Yin, J.J. 2017. Anthocyanins in black rice, soybean and purple corn increase fecal butyric acid and prevent liver inflammation in high fat diet-induced obese mice. <i>Food & Function</i> . 8(9): 3178-3186

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		<p>h/12 h a 23±3°C con dieta <i>ad hoc</i> para estos especímenes y agua ambos <i>ad libitum</i>. Los especímenes se aclimataron durante una semana y se dividieron en seis grupos según un diseño de bloques aleatorios: Un grupo control alimentado con una dieta baja en grasas (<i>NC</i>, en inglés), un grupo control alimentado con una dieta alta en grasas (<i>HFD</i>, en inglés), un grupo control positivo alimentado con <i>HFD</i> más 100 mg kg⁻¹ de tetrahidrolipstatina (conocida como 'orlistat') que actúa a un nivel fisiológico completamente distinto, disminuyendo la absorción de los triglicéridos de cadena larga y los tres grupos en estudio con antocianina alimentados con la dieta <i>HFD</i> y <i>BRA</i>, <i>BSA</i> o <i>PCA</i>, respectivamente, a dosis de 200 mg kg⁻¹. El equivalente en humanos de las dosis de antocianinas basadas en la masa corporal fue de 2 mg por kg de masa corporal. No se observaron efectos adversos durante el período experimental de 12 semanas. Al final del experimento, todos los ratones fueron anestesiados con ketamina-HCl después de 12 h de ayuno y la eutanasia fue realizada por decapitación. Se recolectaron inmediatamente muestras de suero, hígado y tejido adiposo. Se pesaron y colocaron en hielo y luego se almacenaron a -80°C hasta su uso posterior</p>		
10	<p>El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de las fracciones fenólicas libres y ligadas del maíz morado peruano variedad AREQ-084 sobre el crecimiento de dos especies de bacterias del ácido láctico con potencial probiótico como <i>Lactobacillus helveticus</i> y <i>Bifidobacterium longum</i>, así como la actividad antimicrobiana contra un patógeno relevante para el cáncer gástrico</p>	<p>La variedad de maíz morado AREQ-084 fue proporcionada por el banco de germoplasma del Programa de Investigación en Maíz de la Universidad Agraria de La Molina (UNALM), ubicada en la ciudad de Lima, Perú. La muestra de maíz utilizada en el estudio se cosechó en 2010. Las mazorcas se secaron parcialmente en el campo (dentro de los sacos) hasta un 15% de humedad. Se obtuvo una muestra de grano compuesta derivada de 100 plantas seleccionadas. Luego se secaron los granos en un secador de aire forzado a 40°C durante 3 días hasta 8% de humedad y se almacenaron a 5°C y 70 a 90% de humedad relativa en cuartos de almacenamiento. En este estudio se utilizaron muestras representativas (200 a 300 g de semillas secas maduras). Las semillas se molieron hasta 500 µm almacenando las harinas a -20°C hasta el análisis. Para la extracción de la fracción fenólica libre, una muestra de 5 g de maíz morado en polvo se mezcló con 20 mL de metanol/acetona/agua (45:45:10, v/v/v) acidificada con HCl al 0.1% agitando en un agitador orbital a 200</p>	<p>Los resultados indicaron que los compuestos fenólicos de este maíz morado peruano pueden usarse potencialmente como ingredientes alimentarios funcionales. Si se destinaran a otras aplicaciones de salud deberán hacerse estudios para corroborar que sean potencialmente compatibles y sin efectos secundarios negativos sobre las bacterias beneficiosas asociadas con la salud intestinal. Este estudio proporcionó conocimientos científicos iniciales sobre el papel potencial de las fracciones fenólicas libres y unidas del maíz morado. Para el siguiente estudio debe considerarse el microbioma intestinal y las propiedades antimicrobianas de estos compuestos fenólicos contra otras bacterias, virus y microorganismos patógenos, incluidas las sinergias antimicrobianas con otros agentes antimicrobianos individuales que podrían vencer la resistencia a los antimicrobianos. Por último, se recomiendan futuros estudios <i>in vivo</i> para comprender mejor la</p>	<p>INVESTIGACIÓN ORIGINAL PRELIMINAR QUÍMICA</p> <p>Gálvez-Ranilla, L., Christopher, A., Sarkar, D., Shetty, K., Chirinos, R., Campos, D. 2017. Phenolic composition and evaluation of the antimicrobial activity of free and bound phenolic fractions from a Peruvian purple corn (<i>Zea mays</i> L.) accession. <i>Journal of Food Science</i>. 82(12): 2968-2976</p>

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		<p>rpm durante 63 min a temperatura ambiente y en ausencia de luz. Se centrifugaron los homogeneizados (2665xg) durante 15 min, se recuperó el sobrenadante y se aplicó una segunda extracción sobre el residuo en las mismas condiciones de disolvente durante 30 min. Después de la centrifugación, ambos sobrenadantes se combinaron y se evaporaron al vacío hasta sequedad a 45°C. Se reconstituyeron con 10 mL de agua Milli-Q. El extracto final se corrigió a un pH de 6.5 a 7 y se mantuvo a -20°C hasta el análisis. Las fracciones fenólicas unidas se extrajeron mezclando 0.5 g de maíz morado en polvo con 2 mL de metanol/acetona/agua (45:45:10, v/v/v) acidificado con HCl al 0.1%. La fracción fenólica libre se extrajo en las mismas condiciones experimentales que se indicaron anteriormente. Los sobrenadantes se emplearon en otra experimentación y el residuo se suspendió en 20 mL de NaOH 3 N, lavando abundantemente con gas nitrógeno para eliminar el solvente y se hidrolizó con agitación a temperatura ambiente durante 88 min. La mezcla se acidificó a un pH de aproximadamente 2.5 con HCl concentrado y la fracción fenólica unida se extrajo seis veces con 10 mL de acetato de etilo. El sobrenadante se recuperó después de centrifugar (2665xg) durante 5 min. Las fracciones de acetato de etilo se mezclaron, se evaporaron al vacío hasta sequedad a 45°C y se reconstituyeron en 5 mL de agua Milli-Q. El extracto final se corrigió a un pH de 6.5 a 7 y se almacenó a -20°C hasta su análisis</p>	<p>posible interacción entre la microbiota intestinal y los compuestos fenólicos del maíz morado</p>	
11	<p>El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de las antocianinas (ACN) presentes en el maíz morado para mejorar la secreción de insulina y la captación de glucosa hepática en las células pancreáticas y hepatocitos, a través de la activación del receptor de ácidos grasos libres-1 (<i>FFAR1</i>, en inglés) medida como concentración efectiva para la</p>	<p>Se usó un cultivo celular de doble capa con células conocidas en inglés como <i>Caco-2</i>, células <i>INS-1E</i> o <i>HepG2</i> para corroborar el efecto de un extracto rico en antocianinas del pericarpio de maíz morado (<i>PCW</i>, en inglés), así como cianidin-3-O-glucósido (C3G) puro (ACN), peonidin-3-O-glucósido (P3G), pelargonidin-3-O-glucósido. Se utilizó delfinidin-3-O-glucósido (D3G) con fines comparativos. También se utilizaron C3G semipurificado (<i>C3G-P</i>, en inglés) y formas condensadas (<i>CF-P</i>, en inglés) aisladas de <i>PCW</i>. La concentración fue 100 µM</p>	<p>La secreción de insulina estimulada por glucosa (<i>GSIS</i>, en inglés) mejorada con ACN pura para las células <i>INS-1E</i> estuvo entre 18 y 40% ($p < 0.05$) en comparación con las células no tratadas. El extracto de <i>PCW</i> aumentó la <i>GSIS</i> en un 51%. El D3G fue la antocianina más eficaz para la activación del receptor de ácidos grasos libres-1 (<i>FFAR1</i>) con una <i>EC50</i>: 196.6 µM. El <i>PCW</i> mostró potencial de activación de <i>FFAR1</i> (<i>EC50</i>: 77 µg/mL). El <i>PCW</i>, así como C3G y D3G, aumentaron la expresión de <i>FFAR1</i>, de fosfolipasa (<i>PLC</i>, en inglés) y la fosforilación relacionada con la vía secretora de insulina dependiente de <i>FFAR1</i>. El tratamiento con 100 µM de P3G y C3G aumentó ($p < 0.05$) la captación de glucosa en las células</p>	<p>REVISIÓN / INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA</p> <p>Luna-Vital, D.A., de Mejia, E.G. 2018. Anthocyanins from purple corn activate free fatty acid-receptor 1 and glucokinase enhancing <i>in vitro</i> insulin secretion and hepatic glucose uptake. <i>PLoS One</i>. 13(7): e0200449</p>

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
	mitad de los células en estudio (<i>EC50</i> , en inglés) y glucoquinasa (<i>GK</i> , en inglés), respectivamente		<i>HepG2</i> en un 19% y un 31%, respectivamente. El <i>PCW</i> aumentó la captación de glucosa en células <i>HepG2</i> en un 48%. Se determinó que <i>CF-P</i> fue el más efectivo para activar a la <i>GK</i> (<i>EC50</i> : 39.9 μ M) y los extractos de <i>PCW</i> tenían una eficacia de <i>EC50</i> : 44 μ g/mL. Las ACN del maíz morado también redujeron la fosforilación de AMPK y la expresión de PEPCK en Células <i>HepG2</i> , conocidas por estar relacionadas con la reducción de la gluconeogénesis. Esta investigación demostró por primera vez que las ACN dietéticas pueden mejorar la actividad de los nuevos biomarcadores <i>FFAR1</i> y <i>GK</i> y potencialmente mejorar las comorbilidades de la diabetes tipo 2	
12	La glomeruloesclerosis diabética es el endurecimiento de los glomérulos renales que pueden provocar insuficiencia renal. En una etapa temprana de la glomeruloesclerosis ocurre expansión y disfunción de la filtración renal. El maíz morado ha sido clasificado como un alimento funcional y es rico en antocianinas que ejercen actividades potencialmente preventivas de enfermedades. El estudio <i>in vitro</i> con células mesangiales renales humanas indicó que la fracción de maíz morado rica en antocianinas (<i>PCB</i> , en inglés) puede atenuar los niveles altos de glucosa (<i>HG</i> , en inglés)	Las células mesangiales se cultivaron durante 3 días en un medio que contenía glucosa 33 mM en presencia de 1 a 20 mg/mL. En el estudio animal <i>in vivo</i> se trataron ratones db/db con 10 mg/kg de extractos polifenólicos ricos en antocianinas de maíz morado (<i>PCE</i> , en inglés) durante 8 semanas	La alta concentración de glucosa <i>HG</i> incrementó la producción mesangial del biomarcador de fibrosis de colágeno IV y del factor de crecimiento del tejido conectivo (<i>CTGF</i> , en inglés), pero fue notablemente atenuada al agregar <i>PCB</i> . El <i>PCB</i> atenuó la hiperplasia mesangial promovida por <i>HG</i> que parecía atribuirse a una mayor expresión del factor de crecimiento derivado de plaquetas. La administración de 8 semanas de <i>PCE</i> redujo el nivel de glucosa en plasma de los ratones db/db y albuminuria grave mejorada. Además, el <i>PCE</i> disminuyó la acumulación de fibra de colágeno en glomérulos renales y la expresión del <i>CTGF</i> . Las expresiones proteicas de nefrina y podocina, proteínas clave para la función de barrera de la pared capilar glomerular en la filtración fueron reprimidas por el tratamiento con <i>PCE</i> . El maíz morado puede ser un potente agente terapéutico para el tratamiento de la glomérulo esclerótica asociada con la diabetes que acompaña a la proteinuria y la disfunción de filtración renal	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Li, J., Kang, M.-K., Kim, J.-K., Kim, J.-L., Kang, S.-W., Lim, S.S., Kang, Y.-H. 2012. Purple corn anthocyanins retard diabetes-associated glomerulosclerosis in mesangial cells and db/db mice. <i>European Journal of Nutrition</i> . 51(8): 961-973
13	Este estudio fue diseñado para investigar si el extracto de maíz morado rico en antocianinas (<i>PCE</i> , en inglés) previene la angiogénesis glomerular en	En el estudio <i>in vivo</i> empleando ratones db/db tratados con 10 mg/kg de <i>PCE</i> durante 8 semanas, <i>PCE</i> alivió la angiogénesis glomerular de los riñones diabéticos atenuando la inducción del factor de crecimiento endotelial vascular (<i>VEGF</i> , en inglés) y del factor inducible por hipoxia (<i>HIF-1α</i> , en inglés). La administración oral	Las células endoteliales humanas se cultivaron en un medio acondicionado mesangial. El <i>PCE</i> disminuyó el factor de crecimiento endotelial vascular (<i>VEGF</i> , en inglés). Los daños a las células expuestas a una concentración alta de glucosa (33 mM) y a un factor inducible por hipoxia (<i>HIF</i> , en	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Kang, M.-K., Lim, S.S., Lee, J.-Y., Yeo, K.M., Kang, Y.-H. 2013. Anthocyanin-rich

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
	condiciones hiperglucémicas	de PCE retrasó la proliferación endotelial en riñones de ratón db/db, evidenciada por la inducción del marcador endotelial de la molécula de adhesión de células endoteliales plaquetarias (<i>PECAM</i> , en inglés). El PCE disminuyó la inducción mesangial y endotelial de las proteínas angiopoyetinas (<i>Angpt</i> , en inglés) en condiciones de hipoglucemia. En la inducción y activación del receptor 2 del <i>VEGF</i> (<i>VEGFR2</i> , en inglés) se amortiguó tratando con PCE a los ratones db/db	inglés) también pudieron ser atenuados por el PCE. Asimismo, atenuó la inducción del marcador endotelial de la molécula de adhesión de células endoteliales plaquetarias (<i>PECAM</i> , en inglés). Estos resultados demostraron que el PCE antagoniza la angiogénesis glomerular debido a la hiperglucemia crónica y la diabetes a través de perturbaciones en el sistema ligando-receptor vinculado con la vía de señalización renal (<i>VEGFR2</i>). Por lo tanto, el PCE puede ser un potente agente terapéutico dirigido a la angiogénesis anormal que conduce a insuficiencia renal humana	purple corn extract inhibits diabetes associated glomerular angiogenesis. <i>Plos One</i> . 8(11): e79823
14	El objetivo del trabajo fue comprobar que el consumo a largo plazo de flavonoides específicos (antocianinas) incluidos en los alimentos normales hace más resistente el corazón de ratas a un infarto de miocardio	Los granos de maíz que diferían específicamente en su acumulación de antocianinas se utilizaron para preparar alimentos para roedores en los que las antocianinas estaban presentes o ausentes. Se alimentaron ratas Wistar macho con una dieta rica en antocianinas (rica en ACN) o la dieta libre de antocianinas (sin ACN) durante un período de 8 semanas	Las antocianinas fueron significativamente absorbidas y detectadas en la sangre y la orina de los grupos de ratas alimentadas con la dieta rica en ACN. En los preparativos de Langendorff, los corazones de las ratas alimentadas con la dieta rica en ACN fueron más resistentes a la isquemia regional y al daño por reperfusión. Además, en este modelo <i>in vivo</i> de oclusión coronaria y reperfusión, el tamaño del infarto se redujo en las ratas que consumieron la dieta rica en ACN comparado con las que consumieron la dieta libre de ACN ($p < 0.01$). La cardio-protección se asoció con un aumento de los niveles de glutatión miocárdico, lo que sugiere que las antocianinas dietéticas podrían modular las defensas antioxidantes cardíacas. Estos hallazgos sugieren importantes beneficios potenciales para la salud de alimentos ricos en antocianinas y enfatizan la necesidad de desarrollar alimentos funcionales ricos en antocianinas con actividades protectoras para promover la salud humana	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Toufeksian, M.C., de Longeril, M., Nagy, N., Salen, P., Donati, M.B., Giordano, L., Mock, H.P., Peterek, S., Matros, A., Petroni, K., Pilu, R., Rotilio, D., Tonelli, C., de Leiris, J., Bouchet, F., Martins, C. 2008. Chronic dietary intake of plant-derived anthocyanins protects the rat heart against ischemia reperfusion injury. <i>Journal of Nutrition</i> . 138(4): 747-752
15	Esta investigación tuvo el objetivo de examinar las actividades antidiabéticas y de protección de las células beta por las antocianinas del maíz morado (PCA, en inglés) en un cultivo de células beta pancreáticas de ratones db/db	Se compraron ratones macho <i>C57BL/KsJ db/db</i> de seis semanas de edad de Orient Bio (Sungnam, Corea) y se aclimataron durante 1 semana antes de ser asignados aleatoriamente a los grupos experimentales. Los animales fueron alojados en una habitación con un ciclo de luz-oscuridad de 12 a 12 h (de 8:00 a.m. a 8:00 p.m.), a una temperatura de $23 \pm 1^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del aire de $55 \pm 5\%$. Durante el período de aclimatación, los animales fueron alimentados con comida estándar para roedores (LabDiet, Richmond, VA, EE. UU.) y agua <i>ad libitum</i> . La administración del extracto de maíz morado a los ratones se hizo cuando	Para probar la actividad de protección de las células beta con el PCA, se examinaron los ratones. Solamente el PCA tenía actividad de secreción de insulina. Debe mencionarse que los ratones db/db carecen de un receptor de leptina funcional por mutación homocigótica del gen del receptor de leptina. Desarrollan espontáneamente obesidad, hiperinsulinemia e intolerancia a la glucosa a las 4-6 semanas de edad, progresando a diabetes por alrededor de las 10 semanas de edad (Leiter, 1989). La disminución del nivel de insulina del plasma y el aumento del nivel de glucosa en	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Hong, S.H., Heo, J.I., Kim, J.H., Kwon, S.O., Yeo, K.M., Bakowska-Barczak, A.M., Kolodziejczyk, P., Ryu, O.H., Choi, M.K., Kang, Y.H., Lim, S.S., Suh, H.W., Huh, S.O., Lee, J.Y. 2013. Antidiabetic and beta cell-protection activities of purple

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		tenían siete semanas de edad divididos en cuatro grupos (8 ratones por grupo): El grupo de control de la diabetes y tres grupos de tratamiento. Los extractos de antocianinas se obtuvieron de maíz morado (<i>Zea mays var. kculli</i>) (Zana Export Co. Perú). Los animales fueron alimentados disolviéndolo en agua en una concentración de 10 mg/kg/día durante 7 semanas. Como control positivo se añadió glibemiprida, al agua potable y administrada a una dosis de 10 mg/kg/día. El grupo control negativo no ingería nada con el agua potable. Durante el experimento, se midieron la masa y los niveles de glucosa en sangre cada semana. El nivel de insulina en sangre se midió en el primer día y el último día del experimento	sangre están correlacionados con una degeneración de los islotes pancreáticos y la destrucción de las células beta de los islotes. Por tanto, se han utilizado ampliamente como un modelo para la diabetes tipo II. El PCA mostró una reducción eficiente del nivel de glucosa en sangre, en comparación con la glibemiprida. El PCA también mostró una mayor secreción de insulina. Curiosamente, la población de células pancreáticas secretoras de insulina (células beta) aumentó drásticamente aproximadamente 80% mientras que los ratones de control negativo y tratados con glibemiprida mostraron 54 y 50%, respectivamente	corn anthocyanins. <i>Biomolecules & Therapeutics</i> . 21(4): 284-289 Leiter, E.H. 1989. The genetics of diabetes susceptibility in mice. <i>FASEB J</i> . 3: 2231-2241
16	En este estudio se determinaron los componentes antocianinas y no antocianinas de extractos de maíz morado (<i>PCE</i> , en inglés) por medio de análisis cromatográficos con espectrometría de masas de ionización por electro pulverización (<i>HPLC-ESI-MS</i> , en inglés) investigando su actividad antidiabética y mecanismos utilizando ratones C57BL/KsJ db/db	Se adquirieron ratones C57BL/KsJ db/db de seis semanas de edad en el laboratorio central (SLC, Japón). Todos los animales se aclimataron al ambiente del laboratorio durante 1 semana antes del experimento. A los ratones se les permitió el libre acceso al agua potable y la comida. Estaban a temperatura ambiente (22±2°C) y humedad (50±10%) constantes en un ciclo automático de 12 h de luz/12 h de oscuridad. Los ratones fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos: Control de la diabetes (<i>DC</i> , en inglés), <i>PCE</i> 10 mg/kg (<i>PCE</i> 10), <i>PCE</i> 50 mg/kg (<i>PCE</i> 50), pinitol 10 mg/kg (Pinitol 10). Cada grupo fue tratado con fármacos por vía oral, una vez al día durante 8 semanas. Durante el experimento, las masas corporales y los niveles de glucosa en sangre de los ratones se midieron una vez cada semana	En comparación con el grupo de <i>DC</i> , los niveles de glucosa en sangre en ayunas fueron un 68% más bajos en el grupo de <i>PCE</i> 50 y un 51% más bajos en el grupo pinitol 10. Además, el grupo <i>PCE</i> 50 mostró niveles de péptido C y adiponectina 2 veces mayores. En la morfología de los islotes pancreáticos, los ratones tratados con <i>PCE</i> o pinitol mostraron una significativa prevención del daño de las células β pancreáticas y mayor contenido de insulina. El extracto de maíz morado aumentó la fosforilación de la proteína quinasa activada por adenosin monofosfato (<i>AMP</i> y <i>AMPK</i> , en inglés) y la disminución de la fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (<i>PEPCK</i> , en inglés), glucosa. Los genes de la 6-fosfatasa (<i>G6pasa</i> , en inglés) en el hígado y también aumentaron las expresiones del transportador de glucosa 4 (<i>GLUT4</i> , en inglés) en el músculo esquelético. Estos resultados sugirieron que el <i>PCE</i> ejerció efectos antidiabéticos a través de la protección de las células β pancreáticas, un aumento de la secreción de insulina y la activación de <i>AMPK</i> en el hígado de ratones C57BL/KsJ db/db	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Huang, B., Wang, Z., Park, J., Ryu, O., Choi, M., Lee, J.-Y., Kang, Y., Lim, S. 2015. Anti-diabetic effect of purple corn extraction C57BL/KsJ db/db mice. <i>Nutrition Research and Practice</i> . 9(1): 21-29
17	El objetivo del artículo de revisión fue describir la presencia de antocianinas del maíz pigmentado y sus estructuras químicas. Así como la biosíntesis, biodisponibilidad y estabilidad. Finalmente, se	En este artículo se realiza una recopilación de diversas investigaciones, por lo cual no existe un proceso experimental	Las antocianinas representan una clase prometedora de antioxidantes se encuentra naturalmente en plantas que mejoran su resistencia al estrés y valor nutricional a través de diversos mecanismos biológicos. Varios estudios <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> corroboran el efecto antioxidante y biológico de las antocianinas de maíz. El maíz es un cultivo básico ampliamente aceptado como ingrediente alimentario; por lo	REVISIÓN Magaña-Cerino, J M., Peniche-Pavía, H A., Tiessen, A., Gurrola-Díaz, C M., 2020. Pigmented maize (<i>Zea mays</i> L.) contains anthocyanins with potential therapeutic action

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
	discutieron estudios <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> de antocianinas de maíz que demostraron su potencial nutracéutico, antioxidante entre otros efectos biológicos		tanto, podría ser útil como aditivo funcional para prevenir envejecimiento, obesidad y síndrome metabólico. Su consumo permanente también podría reducir el aumento de casos con enfermedades crónicas, enfermedades degenerativas como diabetes, cáncer y enfermedades cardiovasculares. La eficacia antioxidante de las antocianinas de maíz pigmentado ha sido menos documentada tanto <i>in vivo</i> como <i>in vitro</i> . Como existe una amplia diversidad de antocianinas que se pueden encontrar en plantas, el proceso y los ingredientes secundarios que mejoran el potencial nutracéutico del maíz coloreado todavía están en estudio. El maíz pigmentado tiene propiedades que necesitan ser explotadas e investigadas a fondo	against oxidative stress A review. <i>Food Nutr. Sci.</i> 70(2): 85-99
18	Este trabajo tuvo el objetivo de determinar la estabilidad relativa y la extractabilidad de las desoxiantocianinas del sorgo (<i>sorghum 3-DXA</i> , 3-deoxyanthocyanin, en inglés), que poseen propiedades químicas y bioquímicas excepcionales comparadas con las de las antocianinas del maíz bajo extracción asistida por microondas (<i>MAE</i> , en inglés)	Se utilizaron espectrometría UV-Vis y UPLC-MS / MS (<i>Ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometer</i> en inglés) para caracterizar las propiedades. La <i>3-DXA</i> se mantuvo estructuralmente estable a las condiciones de <i>MAE</i> hasta 1200 W/100°C/30 minutos. La <i>MAE</i> aumentó el rendimiento de la <i>3-DXA</i> de sorgo en un 100% en comparación con el control (3100 frente a 1520 mg/g). Por otro lado, tanto el maíz como las antocianinas eran inestables y se degradaban rápidamente bajo la <i>MAE</i>	Se detectaron ésteres en extractos de de sorgo y maíz, lo que indica que se produjo una degradación de la pared celular durante la <i>MAE</i> . Por lo tanto, la extracción mejorada de <i>3-DXA</i> en el microondas se debió a su estabilidad estructural, junto con una mejora difusión de la matriz celular debido a la rotura de la pared celular del sorgo inducida por microondas	INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA Herrman, D.A., Brantsen, J.F., Ravisankar, S., Lee, K.M., Awika, J.M. 2020. Stability of 3-deoxyanthocyanin pigment structure relative to anthocyanins from grains under microwave assisted extraction. <i>Food Chemistry</i> . 333:1-9
19	El objetivo de este estudio fue investigar la distribución de antocianinas en varios órganos (vejiga, próstata, testículos, corazón y tejido adiposo) en ratas alimentadas con una dieta enriquecida con antocianinas de mora durante 12 días	La cianidina 3-glucósido y la cianidina 3,5-diglucósido fueron compradas en Extrasynth (Genay, Francia). El extracto de antocianina de mora fue suministrado por Ferlux Mediolanum (Cournon d'Auvergne, Francia). Dieciséis ratas Wistar macho nacidas en el Institut National de la Recherche Agronomique y con una masa de 1220 g fueron alojadas dos por jaula en habitaciones con temperatura controlada (22°C) con un período de luz/oscuridad de 8 a 20 y 20 a 8 h y acceso a alimentos de 8 a 16 h. Fueron alimentados con una dieta control semi-purificada y divididos al azar en dos grupos (cada grupo comprende ocho ratas) e individualmente alojadas en jaulas metabólicas equipadas con	Las proporciones de derivados de antocianinas (antocianinas metiladas y derivados conjugados con glucurono) difieren según el órgano considerado. La vejiga contenía los niveles más altos de antocianinas seguidas de la próstata. La próstata, los testículos y el corazón contenían cianidina 3-glucósido nativa y una pequeña proporción de monoglucurónido de cianidina. Cianidina 3-glucósido y derivados metilados estaban presentes en el tejido adiposo. Por lo tanto, la alimentación con antocianinas en ratas dio como resultado una amplia distribución de derivados de la antocianina a varios órganos. La identificación de los tejidos diana de las	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Felgines, C., Texier, O., Garcin, P., Besson, C., Lamaison, J.L., Scalbert, A. 2009. Tissue distribution of anthocyanins in rats fed a blackberry anthocyanin-enriched diet. <i>Nutr. Food Res.</i> 53: 1098-1103

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		separadores de orina y heces. Recibieron durante 12 días (25 g dieta/rata/día) ya sea la dieta control (grupo de ratas control) o la dieta suplementada con 20 g de extracto de mora por kg de dieta (p. ej. 14.4 mmol de antocianinas por kg de dieta) (grupo de estudio con alimentación con antocianina)	antocianinas puede entonces ayudar a comprender los mecanismos de acción de las antocianinas in vivo	
20	El objetivo del artículo fue examinar las capacidades antioxidantes de las fracciones pigmentadas de hojuelas de camote morado <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	Las hojuelas de camote morado KM (morado claro) y H92 (morado oscuro medio) fueron un amable obsequio del Centro Somatech, House Foods Corporation, Japón. La preparación de hojuelas de patata fue el siguiente: los camotes KM y H92 se lavaron con agua y se secaron al aire sobre papel de filtro, y luego fueron pelados y cortados en rodajas. Los tubérculos en rodajas fueron tratados con escaldado al vapor para minimizar las reacciones enzimáticas de la luz al degradar las antocianinas. A continuación, fueron triturados y se secaron en un secador de tambor y, finalmente, se molieron en hojuelas. Para la preparación de fracciones pigmentadas, 50 g de hojuelas de camote fueron sometidos a extracción por exposición a ácido acético al 5% tres veces durante la noche a temperatura ambiente. La suspensión se centrifugó (5500 x g) durante 20 min y la extracción del precipitado resultante se hizo en las mismas condiciones. Nuevamente, el sobrenadante se centrifugó (28,400 x g) durante 30 minutos. La capa superior se separó y se aplicó directamente sobre resina Diaion HP-20 (Nippon Rensui Co., Tokio, Japón). Los glúcidos, proteínas y sales se eliminaron mediante lavado. Se absorbió en la columna con ácido acético al 1%. La antocianina retenida por la resina se eluyó con una mezcla de etanol-agua al 70%. El etanol se eliminó usando un evaporador rotatorio al vacío a 35°C y el eluido se diluyó con agua y se liofilizó para dar fracciones pigmentadas ricas en antocianinas. Se probaron con ratas de laboratorio	Las ratas que se alimentaron con hojuelas de camote morado al 25% (KM o H92) incorporadas a la dieta durante 4 semanas. La antocianina principal se identificó como petunidina. Las ratas control fueron alimentadas con una dieta con maicena comercial en lugar de hojuelas de camote durante 4 semanas. El nivel de potencial antioxidante en suero en el grupo que ingirió H92 fue significativamente más alto que en el grupo control. El grado de peroxidación de lípidos en el grupo H92 fue significativamente menor que en el grupo control. La enzima Cu/Zn-superóxido dismutasa hepática (<i>SOD</i> , en inglés), los niveles de ácido ribonucleico mensajero, ARNm de Mn- <i>SOD</i> y glutatión peroxidasa (<i>GSH-Px</i> , en inglés) en el grupo H92 fueron significativamente más altos que los del grupo control. Se encontraron también diferencias significativas en los niveles de ARNm de Cu/Zn- <i>SOD</i> y Mn- <i>SOD</i> entre los grupos KM y control. Los resultados sugieren que las hojuelas de ambos camotes morados tienen funciones antioxidantes con respecto a la actividad de eliminación de radicales y la inhibición de la oxidación del ácido linoleico, y que mejoran los potenciales antioxidantes para las ratas mejorando la expresión hepática de ARNm de Mn- <i>SOD</i> , Cu / Zn- <i>SOD</i> y <i>GSH-Px</i>	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Han, K., Sekikawa, M., Shimada, K., Hashimoto, M., Hashimoto, N., Noda, T., Tanaka, H., Fukushima, M., 2006. Anthocyanin rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. <i>Br. J. Nutr.</i> 96: 1125-1133
21	El objetivo del artículo es identificar los efectos de las antocianinas en los mecanismos del metabolismo asociados a la obesidad utilizando investigaciones recientes	En este artículo se realiza una recopilación de diversas investigaciones, por lo cual no existe un proceso experimental	Hay cinco mecanismos contra la obesidad que se originaron en las antocianinas disponibles en las frutas y verduras de colores. Estos mecanismos son inhibición de la absorción de lípidos, aumentando el gasto energético, regulación del mecanismo lipídico, control de la ingesta alimentaria y la regulación de la microbiota intestinal. En medicina y terapia nutricional ha habido un impacto significativo de las antocianinas sobre la reducción / regulación de la resistencia a la	REVISIÓN Yildiz, E., Guldaz, M., Ellergezen, Acar, A.G., Gurbez, O. 2020. Obesity-associated pathways of anthocyanins. <i>Food Science and Technology (Campinas)</i> , 41 (suppl 1). June 2021

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
			insulina y los niveles de insulina en ayunas. Se han explicado los efectos antiinflamatorios de las antocianinas suficientemente por muchos investigadores	https://doi.org/10.1590/ft.39119
22	Se evaluó a valores de pH que cubren el rango fisiológico del estómago, asegurando la integridad de la monocapa celular	Las células MKN-28 que se originan en el epitelio gástrico humano fueron amablemente proporcionados por IPATIMUP (Porto, Portugal). Las células se mantuvieron a 37°C en una atmósfera de 5% CO ₂ y 90% humedad relativa. El medio de cultivo completo fue RPMI 1640 AQmedia que contenía un 10% de suero bovino fetal (SBF) inactivado por calor y un 1% de antibiótico / antimicótico. Se usaron antocianinas y derivados de compuestos de antocianinas	El presente trabajo describe las condiciones óptimas de crecimiento para el modelo funcional de células gástricas humanas para estudiar la biodisponibilidad de antocianina y derivados de compuestos de antocianinas. Esta línea celular también representa un buen modelo para otras pruebas de detección. Estos procedimientos podrían proporcionar nuevos conocimientos sobre la biodisponibilidad de otros fármacos fenólicos, así como otros fármacos ejemplificados aquí para ácido acetilsalicílico	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Fernandes, I., De Freitas, V., Reis, C., Mateus, N. 2013. Antioxidant and antiproliferative properties of methylated metabolites of anthocyanins. <i>Food Chemistry</i> . 141: 2923-2933
23	El objetivo de este estudio fue avanzar en el conocimiento sobre las antocianinas extraídas de maíz púrpura obtenidas mediante la combinación de extracción asistida por solvente y ultrasonido, basado en los perfiles de antocianina monoméricas e individuales	Material vegetal: La harina de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) fue generosamente suministrada por un productor local (condado de Brăila, Rumanía), en septiembre de 2019. La harina con un contenido de agua <12% se selló en una botella marrón y se mantuvo a 4 °C hasta el análisis. La harina se tamizó a través de un tamiz de malla 100 y se usó para la extracción de antocianinas. Se extrajo una cantidad de 10 g de harina tamizada con 90 mL de etanol al 70% y 10 mL de HCL 1N. La extracción se realizó utilizando sonicación en un baño de agua (MRC Scientific Instruments, Holon, Israel) a 40°C durante 30 min, seguido de centrifugación a (5000×g) durante 10 min a 4°C. El sobrenadante fue recogido y la extracción se repitió tres veces. Después de la extracción, los sobrenadantes recogidos se agruparon y concentraron a presión reducida a 40°C, utilizando un evaporador rotatorio al vacío (AVC 2-18, Christus, Reino Unido). El extracto obtenido se disolvió en agua ultrapura, se caracterizó y se utilizó para los experimentos cinéticos	Los resultados indicaron la aparición de reacciones de auto-asociación intermolecular y eventos de co-pigmentación intramolecular, que podrían ayudar a explicar los hallazgos de la degradación cinética. Se estudió la relación entre la degradación térmica de las antocianinas y la actividad antioxidante y más a fondo la liberación <i>in vitro</i> . Los extractos sin calentar mostraron una alta estabilidad bajo ambiente gástrico, mientras que después de calentar a 180°C, la digestión terminó rápidamente después de 60 min. Después de una digestión intestinal simulada, las antocianinas se redujeron lentamente hasta un máximo del 12% para los extractos sin calentar, mientras que se encontró una disminución del 83% después del calentamiento preliminar a 180°C. La degradación térmica de las antocianinas se correlacionó positivamente con la disminución <i>in vitro</i> de actividad antioxidante	INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA Slavu, M., Aprodu, J., Milea, S.A., Enachi, E., Râpeanu, G., Bahrim, G.E., Stănciuc, N. 2020. Thermal degradation kinetics of anthocyanins extracted from purple maize flour extract and the effect of heating on selected biological functionality. <i>Foods</i> . 9:1-13
24	Esta revisión tuvo como objetivo analizar exhaustivamente los diferentes estudios realizados sobre esta clase de compuestos, su biodisponibilidad y su potencial terapéutico	La suplementación de ratones bajo con un extracto rico en ACN de maíz morado dio como resultado una menor proliferación de macrófagos en estructuras en el tejido adiposo causadas por una supresión de la señalización NF-kB. Además de atenuar la inflamación del tejido adiposo <i>in vivo</i> , las ACN también mostraron una reprogramación duradera de macrófagos del tejido adiposo y perfiles de adipocitos hacia el fenotipo antiinflamatorio, alteración en la expresión de genes implicados en el metabolismo de los lípidos	El interés en las ACN no solamente se basa en su color, sino también por su efecto beneficioso para la salud. Las ACN se absorben rápidamente y aparecen solamente en el torrente sanguíneo pocos minutos después del consumo. Es necesario planificar estudios futuros para permitir una mejor comprensión de los mecanismos por los cuales logran sus efectos y su farmacocinética	REVISIÓN Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Cappellini, F., Reiner, Z., Zorzan, D., Imran, M., Sener, B., Kilic, M., El-Shazly, M., Fahmy-M, N., Al-Sayed, E., Martorell, M., Tonelli, C., Petroni, K., Docea, A.O., Calina, D., Maroyi, A. 2020. The therapeutic

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		protege la oxidación de ácidos grasos y disminuir la biosíntesis <i>in vivo</i> de grasas ácidos y colesterol		potential of anthocyanins: Current approaches based on their molecular mechanism of action. <i>Frontiers in Pharmacology</i> . 11: 1-11
25	El objetivo de este estudio fue fraccionar los diferentes compuestos fenólicos presentes en el maíz morado andino para determinar sus funciones específicas como anti-mutágenos y antioxidantes	El extracto en polvo se preparó mediante extracción de mazorcas molidas (malla 60) en una solución acuosa al 60% solución de etanol a temperatura ambiente durante 48 h (1 kg de mazorcas / 7 L de solvente). El extracto obtenido se filtró y se secó por pulverización (180°C temperaturas de entrada y salida de 85°C) utilizando maltodextrinas como portador (0.5 kg de maltodextrina/100 L de extracto). Un kilogramo de <i>PCE</i> seco contenía 40% de maltodextrina	Las propiedades anti mutagénicas y antioxidantes de diversas fracciones fenólicas obtenidas del maíz morado se examinaron mediante la prueba de Ames y el ensayo antirradical 2,2-difenil-1-picril-hidrazi (<i>DPPH</i> , en inglés), antocianinas en la fracción acuosa (<i>WF</i> , en inglés) y una fracción de acetato de etilo (<i>EAF</i> , en inglés) mostraron un comportamiento antimutagénico dependiente de la dosis frente al mutágeno alimentario Trp-P-1 con valores de <i>C150</i> (de 321.7) (21.36 y 95.2 (10.95 µg de ácido clorogénico equiv/placa, respectivamente, lo que indica que el <i>EAF</i> era un anti-mutágeno más potente. Las actividades antioxidantes para <i>WF</i> y <i>EAF</i> fueron 1.019 (0.05 y 0.838) (0.11 µg de Trolox equiv /µg de fenólicos), respectivamente. El fraccionamiento adicional de <i>WF</i> y <i>EAF</i> reveló un acetato de etilo EA-IV, con alta potencia anti mutagénica que contenía un derivado de quercetina. El mecanismo de acción anti-mutagénica del <i>WF</i> es predominantemente un efecto de bloqueo sobre el S-9 sistema de activación del mutágeno, mientras que, para el <i>EAF</i> , es un mecanismo dual que implica el bloqueo de la mezcla S-9 y una acción depuradora en electrófilos de <i>Trp-P-1</i> .	INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA Pedreschi, R., Cisneros-Zevallos, L. 2006. Antimutagenic and antioxidant properties of phenolic fractions from Andean purple corn (<i>Zea mays</i> L.). <i>J Agric. Food Chemistry</i> . 54: 4557-4567
26	El objetivo de esta revisión es compilar el conocimiento disponible acerca del contenido y los tipos de antocianinas identificadas en diferentes variedades de maíces (<i>Zea mays</i> L.) pigmentados	En este artículo se realiza una recopilación de diversas investigaciones, por lo cual no existe un proceso experimental único	Estudios han corroborado que la cianidina 3-glucósido es la antocianina más abundante en maíces coloridos, seguida de la pelargonidina 3-glucósido y peonidina 3-glucósido. Además, se ha detectado la presencia de un gran número de compuestos acilados en los granos de maíz. Durante la nixtamalización del grano se pierde mediante solubilización gran cantidad de estos compuestos, porque se degradan, por la remoción del pericarpio y por la labilidad térmica, especialmente durante la nixtamalización tradicional. Las nuevas opciones de nixtamalización, la fraccionada y la	REVISIÓN Escalante-Aburto, A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P., Barrón-Hoyos, J.M., Figueroa-Cárdenas, J.d.D., López-Cervantes, J. 2013. La nixtamalización y su efecto en el contenido de antocianinas de maíces pigmentados, una revisión. <i>Rev. Fitotec. Mex.</i> , 36(4): 429-437.

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
			de extrusión, han mostrado que es posible retener mayor cantidad de antocianinas (de 38 a 58%) en los productos desarrollados con estas tecnologías	
27	Determinar la actividad hipocolesterolemica y antioxidante del consumo crónico del extracto hidroalcohólico atomizado del maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) en ratas hipercolesterolémicas	Se utilizaron cinco grupos de seis ratas Holtzmann cada uno, uno sin hipercolesterolemia (control negativo), y cuatro con hipercolesterolemia inducida por consumo de colesterol puro vía oral durante 60 días: Control positivo y tres para las dosis de 250, 500 y 1000 mg/kg, respectivamente. En el día 60 se determinaron los niveles séricos de colesterol total, triglicéridos y colesterol HDL (mg/dL), así como de malondialdehído (mmol/L) para determinar la actividad antioxidante. Se comparó la diferencias de medias con ANDEVA y test de Tukey	Se observó una disminución del colesterol total en las ratas hipercolesterolémicas que consumieron dosis de 250 y 500 mg/kg en relación con el grupo control positivo (reducción de 21.5 y 11.2% respectivamente, $p < 0.01$). No se observaron diferencias significativas sobre los niveles de triglicéridos y colesterol HDL. A mayor dosis de maíz morado se encontró una mayor reducción de radicales libres, con la dosis de 1000 mg/kg se redujo en 56.4% los niveles de malondialdehído ($p < 0.01$). En condiciones experimentales, el consumo crónico del extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado disminuye los niveles de colesterol total y aumenta la capacidad antioxidante	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Arroyo, J., Sáez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., de la Cruz, W., Valencia, J. 2010. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) en ratas hipercolesterolemias. <i>Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública</i> . 24: 157-162
28	El objetivo de este trabajo es revisar y discutir la información disponible sobre contenido y caracterización de antocianinas en el grano de maíz (<i>Zea mays</i> L.), con énfasis en los maíces de razas mexicanas	En este artículo se realiza una recopilación de diversas investigaciones, por lo cual no existe un proceso experimental	El contenido y tipo de antocianinas en el grano de maíz varían de acuerdo con el color del grano y la concentración del pigmento en las distintas estructuras. Los granos de color rojo magenta concentran las antocianinas en el pericarpio y en la capa de aleurona, y poseen hasta 10 veces más antocianinas que los de grano azul/morado cuyas antocianinas se concentran solamente en la capa de aleurona. El perfil cromatográfico de antocianinas en el grano magenta revela la presencia de hasta 11 antocianinas derivadas de cianidina (73.3 a 75.7%), pelargonidina (8.3 a 9.3%) y peonidina (16.0 a 17.5%). Los maíces de grano azul/morado presentan un perfil parecido al de grano magenta, con predominancia de derivados monoacilados de cianidina	REVISIÓN Salinas, Y., García, C., Coutiño, B., Vidal, V. 2013. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. <i>Rev. Fitotec. Mex.</i> 285-294
29	El objetivo de la investigación fue obtener mediante una hemisíntesis de diferentes mono sulfatos de queratina y epitequina importantes en el metabolismo	Se obtuvieron por hemisíntesis diferentes mono sulfatos de quercetina y epicatequina con interés metabólico y se caracterizaron en cuanto a su comportamiento cromatográfico y espectros de absorción y masa. Tres de estos compuestos se aislaron adicionalmente y sus estructuras se dilucidaron mediante espectrometría de masas y resonancia magnética nuclear H y C utilizando técnicas unidimensionales y bidimensionales (coherencia heteronuclear cuántica simple y correlación de enlaces	El cálculo de los desplazamientos de protones y carbono provocados por la sulfatación permitió asignar la posición del grupo sulfato en los flavonoides, de manera que los compuestos se identificaron como quercetina-3'-O-sulfato, quercetina 4'-O-sulfato, y epicatequina 4'-O-sulfato. Se encontró que la sulfatación en la posición 3 inducía un gran desplazamiento hacia arriba en el carbono que contiene el grupo sulfato y desplazamientos hacia abajo de los carbonos	INVESTIGACIÓN ORIGINAL QUÍMICA Dueñas, M., González-Manzano, S., Surco-Laos, F., González-Paramas, A., Santos-Buelga, C. 2012. Characterization of sulphated quercetin and epicatechin metabolites. <i>Journal of Agricultural and</i>

	OBJETIVO	PROCESO	EFICIENCIA	REFERENCIA
		múltiples hetero nucleares)	adyacentes, mientras que no se observaron cambios significativos hacia arriba o hacia abajo con respecto al flavonoide original cuando se produjo la sulfatación en la posición 4	<i>Food Chemistry</i> . 60: 3592-3598
30	Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la fase II de la metabolización de las antocianinas que es probable que ocurra <i>in vivo</i>	Se incubaron antocianinas (delfinidina, cianidina y malvidin-3-glucósidos) con enzimas de fase II en presencia de cofactores activados para obtener conjugados de glutatión, compuestos metilados y glucuronidados. En general, las tres antocianinas analizadas se metabolizaron <i>in vitro</i> . Se detectaron dos compuestos por HPLC después de la incubación de la fracción citosólica de hígado humano con cianidin-3-glucósido y un compuesto con delfinidin-3-glucósido. Estos compuestos se identificaron como productos monometilados	El análisis <i>LC-MS</i> produjo datos de masa que se ajustan a las estructuras de antocianina que llevan un grupo metilo adicional en el anillo B. Se detectaron varios compuestos mediante <i>HPLC</i> después de la incubación de microsomas de hígado humano con malvidina, cianidina y delfinidin-3-glucósidos. Estos compuestos se identificaron como productos de monoglucuronidos después del análisis por <i>HPLC</i> . La conjugación con glutatión también se produjo como lo demuestran los datos de masa obtenidos. Se detectaron dos formas de equilibrio de antocianinas (flavilio y calcona o aductos de agua) conjugadas con glutatión. En general, los datos del presente trabajo muestran la viabilidad de la hemisíntesis enzimática <i>in vitro</i> de metabolitos y conjugados de glutatión de antocianinas. Este primer enfoque experimental puede permitir además el logro de nuevas formas purificadas de antocianinas, algunas de las cuales no ocurren en la naturaleza, y también la determinación de si estos compuestos son las formas bioactivas responsables de algunas de las actividades biológicas reportadas para las antocianinas	INVESTIGACIÓN ORIGINAL BIOQUÍMICA Fernandes, I., Azevedo, J., Faria, A., Calhau, C., de Freitas, V., Mateus, N. 2009. Enzymatic hemi synthesis of metabolites and conjugates of anthocyanins. <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i> . 57: 735-745
31	El objetivo de esta revisión fue ofrecer un esquema actualizado sobre el potencial de las antocianinas como colorantes de origen natural, y de sus propiedades químicas y bioactiva	En este artículo se realizó una recopilación de diversas investigaciones, pero prácticamente ninguna provee información novedosa experimental	Las antocianinas son pigmentos naturales que imparten colores a las plantas para funciones no suficientemente clarificadas. Estos pigmentos representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos para alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos y para la obtención de productos con valor agregado dirigidos al consumo humano. Sin embargo, todavía hay mucho por aprender en cuanto a su estabilidad en matrices específicas y a la relación entre su estructura, la actividad biológica de los metabolitos bioactivos, los efectos sinérgicos y las dosis efectivas. Estos temas son objeto de investigaciones actuales y futuras	REVISIÓN/ Garzón, G.A. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. <i>Acta Biol. Colomb.</i> 13(3): 27-36