



EDITORIAL
NAVEGANTE



EFECTOS DE ANTOCIANINAS EXTRAÍDAS DEL **MAÍZ MORADO** SOBRE HIPERLIPIDEMIAS EN **RATAS ALBINAS**

Enzio Carol Foy Valencia
Roger Wilfredo Asencios Espejo
Eduardo Mauricio Sánchez Durand



Enzio Carol Foy Valencia

Correo: efoy@une.edu.pe

Perfil: Biólogo. Magister en Biología Aplicada. Dr. En Educación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7591-813X>

Afiliación: Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”

Roger Wilfredo Asencios Espejo

Correo: rasencios@une.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1801-2758>

Afiliación: Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”

Eduardo Mauricio Sánchez Durand

Correo: esanchez@une.edu.pe

Perfil: Ingeniero Industrial – Magister en Ciencias de la Educación – Dr. en Ciencias de la Educación

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0736-212X>

Afiliación: Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”

EFECTOS DE ANTOCIANINAS EXTRAÍDAS DEL MAÍZ MORADO SOBRE HIPERLIPIDEMIAS EN RATAS ALBINAS

Enzio Carol Foy Valencia

Roger Wilfredo Asencios Espejo

Eduardo Mauricio Sánchez Durand



EDITORIAL
NAVEGANTE

Todas nuestras publicaciones son sometidas a revisión doble-ciego de pares externos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación cuenta con licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN: 978-628-7736-15-3

© Enzo Carol Foy Valencia

© Roger Wilfredo Asencios Espejo

© Eduardo Mauricio Sánchez Durand

2024

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13951637>

©Editorial Navegante

www.editorialnavegante.com

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos.

Diseño de carátula y composición: Editorial Navegante

Edición electrónica: Editorial Navegante

Editado en Colombia/ *Published in Colombia*

EFECTOS DE ANTOCIANINAS EXTRAÍDAS DEL MAÍZ MORADO SOBRE HIPERLIPIDEMIAS EN RATAS ALBINAS

Enzio Carol Foy Valencia

Roger Wilfredo Asencios Espejo

Eduardo Mauricio Sánchez Durand



EDITORIAL
NAVEGANTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	14
-------------------	----

CAPÍTULO I

EL MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.): PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS.....	16
---	----

1.1. Maíz morado (Zea mays L.)	17
1.2. Estudios científicos en ratas de laboratorio	19
1.3. Maíz morado como alimento funcional.....	20
1.4. Beneficioso contra la hipertensión	20
1.5. Secado y deshidratación	21
1.6. Efectos de la antocianina y antioxidantes	23

CAPÍTULO II

LA OBESIDAD Y LAS HIPERLIPIDEMIAS	25
2.1. Factor de riesgo: La obesidad	26
2.1.1. Enfermedades cardiovasculares	28
2.1.2. Hipertensión arterial.....	29
2.1.3. Diabetes mellitu.....	30
2.2. Hiperlipidemias.....	30
2.3. Riesgo de enfermedad cardiovascular y su relación los lípidos	31
2.3.1. Riesgo cardiovascular y colesterol HDL.....	32
2.3.2. Riesgo cardiovascular y triglicéridos	33
2.4. Efectos de la disminución de la colesterolemia	33

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS ANTOCIANINAS.....	36
3.1. Antocianinas	38
3.2. Características funcionales.....	42
3.3. Antocianinas como componentes nutricionales.....	44

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS ANTOCIANINAS EXTRAÍDAS DEL MAÍZ MORADO SOBRE LAS HIPERLIPIDEMIAS EN RATAS ALBINAS	46
4.1. Tipo de investigación.....	48
4.2. Nivel y método de investigación	48
4.3. Diseño de investigación.....	49
4.4. Objetivo general.....	50
4.4.1. Objetivos específicos	51
4.5. Variables.....	51
4.6. Universo, población y muestra	52
4.7. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos.....	53
4.8. Evaluación del efecto de los pigmentos del maíz morado sobre los niveles de colesterol, triglicéridos y lipoproteínas LDL.....	54
4.8.1. Distribución de frecuencias e histogramas por variables de la información obtenida.....	57
4.8.2. Porcentajes de variación del perfil lipídico	65
4.8.3. Contrastación de hipótesis	66
4.9. Análisis de resultados	78

CAPÍTULO V

REFLEXIONES PERTINENTES SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LAS ANTOCIANINAS DEL MAÍZ MORADO EN LA SALUD DE LOS SERES HUMANOS	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	52
Tabla 2. Variación de los niveles de triglicéridos (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con chicha morada con el 20 %...	54
Tabla 3. Variación de los niveles de triglicéridos (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con antocianinas al 5 %.....	55
Tabla 4. Variación de los niveles de colesterol (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con chicha morada con el 20 %.....	55
Tabla 5. Variación de los niveles de colesterol (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con antocianinas al 5 %	56
Tabla 6. Variación de los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con chicha morada con el 20 %	56
Tabla 7. Variación de los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con antocianinas al 5 %.....	57
Tabla 8. Porcentaje de variación de triglicéridos mg/dl en un período de 30 días.....	65
Tabla 9. Porcentaje de variación de colesterol mg/dl en un período de 30 días.....	65
Tabla 10. Porcentaje de variación de colesterol LDL mg/dl en un período de 30 días.....	66

Tabla 11. A las dos semanas: dieta hipergrasa	66
Tabla 12. Estadística descriptiva de la Tabla 11	67
Tabla 13. A las cuatro semanas: dieta experimental	67
Tabla 14. Estadística descriptiva de la tabla 13	68
Tabla 15. Correlación de triglicéridos con antocianina: dieta hipergrasa a las dos semanas	68
Tabla 16. Estadística descriptiva de la Tabla 15.....	69
Tabla 17. Correlación de triglicéridos con antocianina: dieta experimental a las cuatro semanas	69
Tabla 18. Estadística descriptiva de la Tabla 17.....	70
Tabla 19. Correlación de colesterol con chicha morada: dieta hipergrasa a las dos semanas.....	70
Tabla 20. Estadística descriptiva de la Tabla 19	71
Tabla 21. Correlación de colesterol con chicha morada: dieta experimental a las cuatro semanas	71
Tabla 22. Estadística descriptiva de la Tabla 21	72
Tabla 23. Correlación de colesterol con antocianina: dieta hipergrasa a las dos semanas.....	72
Tabla 24. Estadística descriptiva de la Tabla 23	73
Tabla 25. Correlación de colesterol con antocianina: dieta experimental a las cuatro semanas.....	73
Tabla 26. Estadística descriptiva de la Tabla 25.....	74
Tabla 27. Correlación de LDL para chicha morada: dieta hipergrasa a las dos semanas	74
Tabla 28. Estadística descriptiva de la Tabla 27.....	75
Tabla 29. Correlación de LDL para chicha morada: dieta experimental a las cuatro semanas.....	75

Tabla 30. Estadística descriptiva de la Tabla 29.....76

Tabla 31. Correlación de LDL para antocianina: dieta hipergrasa a las dos
semanas76

Tabla 32. Estadística descriptiva de la Tabla 3177

Tabla 33. Correlación de LDL para antocianina: dieta experimental a las
cuatro semanas77

Tabla 34. Estadística descriptiva de la Tabla 33 78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Niveles de triglicéridos (mg/dl) con chicha morada.....	57
Figura 2. Niveles de triglicéridos (mg/dl) promedios con chicha morada	58
Figura 3. Niveles de triglicéridos (mg/dl) con antocianinas.....	58
Figura 4. Niveles de triglicéridos (mg/dl) promedios con antocianinas	59
Figura 5. Niveles de triglicéridos (mg/dl) promedios para chicha morada y antocianinas	59
Figura 6. Niveles de colesterol mg/dl con chicha morada	60
Figura 7. Niveles de colesterol mg/dl promedios con chicha morada	60
Figura 8. Niveles de colesterol mg/dl con antocianinas.....	61
Figura 9. Niveles de colesterol mg/dl promedios con antocianinas	61
Figura 10. Valores de colesterol mg/dl promedios para chicha morada y antocianinas	62
Figura 11. Niveles de LDL mg/dl con chicha morada.....	62
Figura 12. Niveles de LDL mg/dl promedios con chicha morada.....	63
Figura 13. Niveles de LDL mg/dl con antocianinas.....	63
Figura 14. Niveles de LDL mg/dl promedios con antocianinas	64
Figura 15. Niveles de LDL mg/dL promedios con Chicha Morada y Antocianinas	64

INTRODUCCIÓN

El incesante consumo de alimentos elaborados con contenidos altos en lípidos ocasiona enfermedades al sistema circulatorio en el ser humano; de allí que se busca alimentos o productos naturales que puedan solucionar dichos problemas de salud sin los efectos colaterales que pueden ocasionar el uso de productos o medicamentos sintéticos o no naturales; siendo así que, el maíz morado y sus pigmentos constituyen un alimento promisorio para el mejoramiento de la salud humana.

El maíz amiláceo (*Zea mays* L.) es una planta oriunda del continente americano. En el caso del maíz amiláceo morado, este se encuentra en el área andina de Bolivia, Chile, Argentina, Ecuador y Perú. Se consume como grano sancochado, harina y preparación de bebidas. Además, se emplea para la obtención de pigmentos como la antocianina que se utiliza como colorante de alimentos, cosméticos, textiles y pinturas.

En lo referente al maíz morado, se determina que es una especie exclusiva que se cultiva en Perú, la cual tiene un uso tradicional que data de cientos de años, pues ha servido para la elaboración de platos, postres y bebidas. Su color va en una escala desde el morado rojizo al morado muy oscuro. Actualmente, el maíz morado tiene un uso extendido en la gastronomía nacional, siendo ingrediente en diferentes productos alimenticios más elaborados. La antocianina, punto central de las investigaciones, se ubica fundamentalmente en la coronta del maíz morado y se exporta desde Perú hacia países de Europa y Asia, los cuales la utilizan para dar balance al color de los licores de fantasía. En el mercado nacional, la antocianina es usada para dar color a productos como el yogur y en menor proporción

en las bebidas alcohólicas, de forma especial en vinos. En lo que respecta al empleo farmacéutico de las antocianinas, en oftalmología estas son conocidas por sus propiedades que permiten incrementar la agudeza visual y la visión nocturna; asimismo, se usan para tratar las diversas enfermedades relacionadas con la circulación sanguínea debido a un registro alto de colesterol.

Los efectos del consumo de los pigmentos del maíz cuentan con una acción reductora sobre las concentraciones elevadas de los lípidos sanguíneos, motivo por el que resulta conveniente emprender la investigación, puesto que para el mantenimiento de la buena salud es preferible el consumo de productos naturales debido a que son de fácil acceso, tienen un menor costo y son confiables.

Perú es una nación que posee cultivos comerciales de maíz morado que le permiten acceder de forma fácil y rápida a dicha materia prima. Además, presenta más de 100,000 hectáreas listas para realizar siembra sostenida del producto; asimismo, esta variedad de maíz abarca una gran cantidad de grupos fenólicos y un flavonoide especial: la antocianina.

Las antocianinas son un tipo de flavonoides complejos, que se caracterizan por: permitir la regeneración de los tejidos, tener un gran efecto antioxidante, fomentar la formación de colágeno mejorando la microcirculación, aumentar el flujo de la sangre y disminuir el colesterol, entre otras propiedades adicionales.

De esta manera, las consecuencias prácticas a las que se pueden llegar con esta investigación son, por ejemplo, la preparación o elaboración de medicamentos bajo la forma de cápsulas o extractos del maíz morado que reduzcan o controlen las elevaciones de los lípidos, además de la elaboración de refrescos envasados de maíz morado natural o preparados a base del pigmento antocianina que tendrían la propiedad de ser reductores de lípidos sanguíneos.

CAPÍTULO I

EL MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.): PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

La planta que mayor evolución y domesticación ha registrado es el maíz. No se conoce con exactitud de dónde proviene originariamente este, debido a que ha sido encontrado por el hombre de forma bastante evolucionada, sin tener un antecedente próximo que se pueda rastrear, a pesar de haberse generado grandes búsquedas de sus formas primarias silvestres.

A diferencia de los cereales europeos que cuentan con variedades que se encuentran en sus formas naturales, el maíz es conocido solo por la especie cultivada (*Zea mays*). Así, desde hace ya varias décadas, muchas teorías han tratado de dar respuesta al origen y evolución del maíz; la que tiene mayor acogida es aquella que afirma que el teocintle de Chalco (*Zea mays ssp mexicana*) es el predecesor directo del maíz.

Con el paso de los años, el cultivo de maíz se fue extendiendo y, hoy en día, todas las naciones latinoamericanas siembran y cosechan maíz. De esta manera, tanto el maíz como los frijoles son alimentos básicos de la dieta de países como México y otros de América Central. En el caso de los

EE.UU., se da una producción a gran escala, donde se cosecha anualmente más de 100 millones de toneladas, dicha cantidad hace que los montos en ventas sean muchas veces mayores que los alcanzados por las ventas anuales de oro y plata, por ejemplo. En ese sentido, el área cultivada y el valor de venta del maíz son superiores a todas las otras producciones agrícolas de ese país.

El maíz forma parte de la familia de las gramíneas, su crecimiento puede ir desde el medio metro a los seis metros de alto. Las hojas forman una larga vaina ligada al tallo y un limbo más flexuoso, alargado y ancho. Dos o tres mazorcas envueltas en espatas nacen del tallo, muy ceñidas a la axila de las hojas. Se pueden encontrar filas de granos en cada mazorca y la cantidad de estas puede variar de ocho a treinta. Además, a cada grano le corresponde un largo hilo que sobresale por el extremo de la mazorca. Por último, el tallo está rematado en uno de sus extremos por una panoja de pequeñas flores masculinas, estas se vuelven secas y de color pardo cuando el polen ha sido aventado.

1.1. Maíz morado (*Zea mays* L.)

El maíz morado es un cultivo autóctono peruano y mexicano, cuyas culturas prehispánicas lo tomaron como sagrado. Ya sea que se encuentre en estado cultivado o no, este florece en diferentes países americanos. Se debe mencionar que el maíz morado se producía en Perú precolombino y se conocía como sara, kulli sara u oro (Ortiz, 2013).

El *Zea mays* L. de color morado es una diversidad genética del maíz peruano, conformado en su mayoría (85 %) por grano y solo 15 % por coronta (tusa), este tiene entre sus componentes el pigmento conocido como antocianina, la cual se ubica en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano, conformándose como uno de los más importantes alimentos de la culinaria de Perú; así, por ejemplo, es utilizado en la elaboración de refrescos y postres típicos (Otiniano, 2012).

Los constituyentes químicos en el maíz morado son: grasas, resinas, saponinas, sales de potasio, sodio, fósforo, ácido salicílico y azufre, y sus compuestos fenólicos (Arroyo et al., 2007), los cuales funcionan como antioxidantes, tomando especies reactivas de oxígeno y retrayendo las enzimas generadoras de radicales libres (Atmani et al., 2011).

Entre los compuestos fenólicos se encuentran las antocianinas; objetivamente, pigmentos hidrosolubles que se pueden encontrar en el reino vegetal (Aguilera et al., 2011). Estos son los pigmentos hidrosolubles más importantes para la visión humana, en razón del color púrpura que muestran. La tonalidad de las antocianinas se relaciona con ciertos aspectos específicos, como son los sustituyentes glicosídicos en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos y de acilación, estos desarrollan consecuencias en el color de las antocianinas hacia las pigmentaciones púrpura y el lugar de estas en el grupo flavilio; verbigracia, si se incrementan los hidroxilos del anillo fenólico se vuelve más intenso el color azul, en tanto que la intromisión de metoxilos desarrolla la formación del color rojo (Aguilera et al., 2011).

Las antocianinas se hallan en distintas estructuras, como hojas, tallo, vaina e inflorescencias, esto en el maíz; en tanto que en la mazorca se encuentran en cáscara y grano. Se debe resaltar que en el grano existe la presencia de antocianinas sobre todo en el pericarpio (Salinas et al., 2013).

Ciertos estudios señalan la presencia de cianidina 3-glucósido en el grano del maíz morado, como la más importante antocianina (flavonoide) dentro de la referida planta. También se encontraron otras antocianinas como cianidina 3- (6"- malonil glucósido) y peonidina 3- glucósido (Fukamachi et al., 2008). Cabe anotar que la cianidina 3-glucósido, una antocianina de importancia que se encuentra en el maíz morado, elimina el 7.12-dimetilbenzo antraceno, induciendo a la carcinogénesis mamaria, señalando que la pigmentación del maíz puede servir como medio quimioterapéutico alentador (Fukamachi et al., 2008). Entonces, estos pigmentos resultan atractivos por dos razones. La primera, debido a su influencia en las parti-

cularidades sensoriales de los alimentos (De Pascual y Sánchez, 2008), las que determinan su conducta tecnológica en la producción de alimentos; la segunda, por su complicidad en provecho de la salud humana (Otiniano, 2012).

1.2. Estudios científicos en ratas de laboratorio

Una investigación de carácter científico dada por Pedreschi y Cisneros-Zevallos (2006) dio a conocer que las fracciones fenólicas conseguidas desde el maíz morado cuentan con características antimutagénicas. Este análisis midió si las antocianinas de maíz morado detienen la hiperglucemia crónica; la solución acuosa de maíz morado abundante en antocianinas eliminó la manifestación de células colorrectales en personas y desarrolló un contacto aditivo con los demás elementos fenólicos funcionales (Jing y Giusti, 2007; Jing et al., 2008).

Por su parte, Arroyo et al. (2007) explicaron el impacto hipotensor de un extracto de *Zea mays* L. en ratas hipertensas. Dicha disminución de la presión arterial se justificó por la actividad vasodilatadora, que depende del óxido nítrico, de dicho extracto. Sin embargo, distintos compuestos de maíz morado presentan desiguales moléculas extras que estarían en la capacidad de reducir o aumentar el efecto vasodilatador de las antocianinas.

El aumento de la capacidad visual y la conducta cognitiva como consecuencia del consumo de antocianinas se reportó por Mamani et al. (2013), los autores determinaron que la conducta mental y el funcionamiento neuronal de las ratas de laboratorio se puede mejorar mediante el suministro de suplementos alimenticios que tienen entre sus componentes fresas y arándanos que presentan abundantes antocianinas de la misma manera que el maíz morado. Lo que demuestra que las antocianinas manifiestan características funcionales llamativas, representando un tipo de componente necesario en el manejo de enfermedades.

1.3. Maíz morado como alimento funcional

Esta planta es un antioxidante congénito que prolonga la vejez de las células, sobre todo por los procedimientos de acción de la pelargonidina-3- β -glucósido, la cianidina-3- β -glucósido, la peonidina-3- β -glucósido, quercetina, ácidos fenólicos y hesperidina (Salinas et al., 2013; Bhornchai et al., 2014). Ciertos estudios aprueban sus características farmacológicas, debido a que combaten los daños colaterales de los radicales libres, la carcinogénesis y el estrés oxidativo.

Se evidenció que por su elevado nivel de antocianinas presenta un resultado que potencia la actividad del superóxido dismutasa (SOD) en animales monogástricos. Por consiguiente, su uso afectaría, además, la condición del mecanismo de defensa antioxidante en los rumiantes (Hosoda et al., 2012). Desde otro ángulo, existe evidencia de que ciertas antocianinas que se encuentran en el maíz cuentan con resultados favorecedores en la manifestación del ARNm y el desarrollo de superóxido dismutasa (SOD), que es una enzima antioxidante de importancia en los organismos vivos (Han et al., 2006).

Asimismo, se señala que los rumiantes menores son capaces de experimentar estrés oxidativo influenciado por su etapa fisiológica, las estaciones climatológicas y la nutrición (Celi et al., 2010). Con el propósito de combatir al perjuicio oxidativo, la defensa antioxidante es llevada a cabo fundamentalmente por el desenvolvimiento de elementos antioxidantes que frenan las enzimas y los radicales libres que fomentan la radicalización del peróxido (Jacob, 1995).

1.4. Beneficioso contra la hipertensión

En la escena internacional, las enfermedades cardiovasculares llevan a 20 millones de muertes anualmente. Se calcula que la hipertensión es la razón de cerca de 45 % de los decesos por cardiopatías a nivel mundial (World Health Organization, 2009). En el caso peruano, esta afección es una pro-

blemática de salud pública debido a que en la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar del 2012, se evidenció que un 29.7 % de la población adulta mayor manifestó haber sido informada que sufre de hipertensión arterial por parte de un médico o especialista; de ese grupo solo el 70.1 % llevaban un tratamiento farmacológico (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2012). Por otro lado, es importante resaltar que, pese al éxito en el manejo de esta enfermedad tanto por normas de prevención como por tipo farmacológico, se continúa buscando alternativas para disminuir los inconvenientes vinculados con esta afección.

1.5. Secado y deshidratación

El secado en alimentos es un método que sirve para que los microorganismos no puedan crecer y, por ende, no alteren la composición de estos y donde se ha demostrado que su actividad de agua se reduce. Esta práctica se ha usado desde tiempos remotos, cuando todavía no existían los aparatos que hoy en día permiten una conservación mayor de los alimentos (Aguilera et al., 2011).

El proceso de secado o deshidratación no es para nada complicado y permite que la actividad de agua sea lo bastante menor para evitar el crecimiento microbiano, pero, de todos modos, se deben seguir los cuidados especiales desde que comienza la operación hasta su finalización. Así, se puede señalar que los alimentos sometidos a procesos de desecación natural si bien son aceptables para ser consumidos, no tienen tanta similitud con los productos frescos a partir de los cuales se han preparado. Por otro lado, la meta de los sistemas modernos de secado se sustenta en conseguir productos que al ser rehidratados adquieran una calidad lo más semejante a la de los alimentos frescos originarios.

También se debe añadir que los alimentos deshidratados tienen algunas atribuciones mayores sobre los alimentos conservados por otros procesos, puesto que tienen menos peso y volumen, además de que no es necesario que se preserven en ambientes refrigerados. Por ello, permiten

ahorrar en espacio de almacenaje y energía (Kay et al., 2004).

Por su parte, se debe precisar que la deshidratación, del mismo modo que otros procesos o métodos de conservación, provoca algunos cambios químicos y la inhibición de los microorganismos forma parte solo de una de las consecuencias que se deben vencer para conservar los alimentos adecuadamente (Kay et al., 2004).

Como ya se mencionó de forma general, el secado de alimentos parte de la supresión de la humedad que está contenida en estos. Ahora bien, cuando se habla de deshidratación, este concepto engloba a todos los métodos en los que se efectúa la supresión del agua de los alimentos bajo ciertas condiciones dadas, como velocidad del aire, temperatura, humedad, entre otros, utilizando maquinaria adecuada que tiene un diseño para esa función. Una vez que se deshidrata un alimento, sus características químicas y físicas se alteran, pues la pérdida de humedad, la temperatura y la concentración de solutos intervienen sobre las vitaminas, grasas, proteínas, carbohidratos, pigmentos y enzimas (Aguilera et al., 2011).

Además, la cantidad de proteínas que se pierden depende de la temperatura a la que se deshidrate un alimento, por lo que no existe un solo grado de pérdida. Así también las vitaminas, que son compuestos muy sensibles al calor, son parcialmente consumidas y el grado de consumo residirá en el cuidado que se tenga en el proceso preliminar a la deshidratación, del cuidado en su ejecución, del proceso de deshidratación seleccionado y de las condiciones de almacenamiento (Kenji et al., 2012).

Para el caso de las hortalizas y frutas, los carbohidratos son mayores si se comparan con las proteínas y grasas, y la disminución de esta provoca una decoloración con tonalidad café, este proceso se controla con la aplicación de dióxido de azufre, el cual trabaja como antioxidante (Hosoda, 2012).

1.6. Efectos de la antocianina y antioxidantes

Pese a que existen ciertas investigaciones de carácter científico acerca de las particularidades biológicas de las antocianinas del maíz morado y su efecto antioxidante *in vitro*, se da una ausencia de pruebas *in vivo*. El amplio entendimiento del metabolismo y la biodisponibilidad de las antocianinas son, entonces, parte fundamental para que sus acciones en el bienestar humano sean comprendidas. Ahora bien, no existe mucha evidencia en la literatura sobre el tema, pues no se ha estudiado a profundidad el metabolismo de las antocianinas en el hombre, por lo que no hay muchos datos sobre las consecuencias biológicas de sus metabolitos (Fernandes et al., 2013).

Una de las funciones de las antocianinas que se planteó fue que estas se absorbían en el estómago (Fernández et al., 2012; Passamonti et al., 2003; Talavera et al., 2003) y el intestino delgado (Talavera et al., 2004), también se hallaron en el torrente sanguíneo y orina de forma intacta y/o de manera conjugada (Felgines et al., 2003; Kay et al., 2005; Wu et al., 2002). No obstante, la identificación de metabolitos derivados se ha visto restringida debido a sus disminuidas concentraciones en la sangre, su diversidad y la ausencia de reglamentos de orden global.

A diferencia de otros flavonoides, la síntesis química de los metabolitos de antocianinas es reducida debido a su inestabilidad cuando se sintetizan mediante condiciones (temperatura y pH) que generalmente se aplican a otros compuestos flavonoides que cuentan con metabolitos (Dueñas et al., 2012). Sin embargo, ciertos metabolitos de antocianina se sintetizaron de forma enzimática (Fernandes et al., 2013). Debido a que es preciso resolver si estos compuestos son responsables de ciertas acciones biológicas manifestadas por las antocianinas, entonces, la purificación de metabolitos de antocianinas es fundamental.

Últimamente, distintos componentes que contienen antocianinas se están integrando a alimentos, donde dichos elementos necesitan análisis científicos a futuro con el fin de garantizar sus efectos fisiológicos.

CAPÍTULO II

LA OBESIDAD Y LAS HIPERLIPIDEMIAS

Cuatro décadas atrás, en el mundo, la cantidad de individuos con bajo peso era superior al de los individuos obesos. Ello se ha revertido y en estos días la cantidad de seres humanos obesos es el doble al total de personas con bajo peso (Ali et al., 2015). De mantenerse la tendencia, en el año 2030, casi el 50 % de población mundial tendrá sobrepeso y más de la quinta parte sufrirá de obesidad.

Según la Organización Mundial de la Salud (2016), desde la década de los ochenta, la obesidad se ha duplicado a nivel mundial, alcanzando a más de 1 900 millones de adultos mayores de 18 años con sobrepeso en el 2014, de los cuales más de 600 millones tienen obesidad. En lo que respecta a los niños, asimismo, se tienen más de 41 millones de menores de 5 años con obesidad o sobrepeso en el planeta, estas cifras han ido escalando en los últimos 15 años hasta llegar a los 11 millones.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016), en el continente americano, el 58 % de las

personas tienen obesidad y sobrepeso (un aproximado de 360 millones de individuos), siendo Bahamas (69 %), Chile (63 %) y México (64 %) los países de América Latina y El Caribe que cuentan con los porcentajes más altos en la región.

Entonces, se puede afirmar que la obesidad se ha configurado como un grave problema de salud pública debido a que es un factor de riesgo para el desarrollo de diversas enfermedades y que tienen una tasa de morbi-mortalidad mundial alta. Así, un IC alto se vincula con inconvenientes metabólicos de diversos tipos, siendo mayor la propensión a problemas cardiovasculares como, por ejemplo, accidentes cerebrovasculares o coronariopatías. El riesgo de diabetes mellitus de tipo 2 se eleva en proporción al aumento del IMC. De la misma manera, un IMC alto incrementa el peligro de padecer ciertos cánceres (Ezzati et al., 2004).

En el caso peruano, si se toma como referente el IMC nacional promedio, es de preocupación que se cuente con que el IMC para hombres en Perú se registra en 25.7 y para mujeres en 26.8, o sea, una considerable cantidad de ciudadanos peruanos tienen sobrepeso (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2015).

2.1. Factor de riesgo: La obesidad

Esta es considerada un elemento patológico muy frecuente en el hombre desde la antigüedad, que continúa y aumenta a través del tiempo por aspectos genéticos y ambientales, hasta volverse, en la actualidad, en una pandemia con resultados adversos para la salud (Bierman, 1984, p. 23).

La obesidad es un síndrome de etiopatogenia de múltiples factores que se particulariza por el incremento del tejido graso, lo que causa un desequilibrio en la estructura del cuerpo y va acompañada de ciertas patologías como las siguientes: diabetes mellitus no insulínica, hipercolesterolemia e hipertensión, además de otras enfermedades como el cáncer. De acuerdo con ello, esta patología, de manera directa o por medio

de sus enfermedades vinculadas, disminuye la calidad y tiempo de vida de los individuos que la sufren (Hubert et al., 1983). En los últimos años, se calcula que el número de individuos obesos en el planeta son alrededor de 300 millones (Migliaccio et al., 2013).

Este aumento en la preeminencia de la obesidad se encuentra vinculado con la alimentación y el sedentarismo. El incremento de carbohidratos y grasas saturadas en las comidas diarias, así como la reducción de la ingesta de vegetales y verduras, también el poco ejercicio físico, ya sea por falta de tiempo o por hábitos que no conllevan actividad física alguna, como mirar la televisión o laborar desde la computadora, son los aspectos más relevantes en el devenir de este inconveniente de salud global (Contreras, 2002).

A este respecto, cabe mencionar que un factor de riesgo es toda particularidad o aspecto hallable en un individuo o un colectivo que se vincula con un incremento en la posibilidad de sufrir o estar particularmente frente a un proceso de morbilidad. Ya sean biológicos, ambientales, socioculturales, económicos o de conducta, los factores de riesgo son agregados que elevan las consecuencias de situaciones con respecto a la salud que podrían ser aisladas, provocando enfermedades que pueden llegar a ser graves o mortales.

En cuanto a los aspectos biológicos, sociales y psicológicos, la obesidad motiva diferentes riesgos; así, se presentan en el tiempo mediante diferentes enfermedades. Desde una perspectiva respiratoria son comunes las apneas en el sueño, la disminución en la tolerancia al deporte o ejercicios físicos; también se agravan los signos asmáticos o se incrementan las posibilidades de presentar asma (Loaiza y Atalah, 2006). Por otro lado, en los menores aumentan las posibilidades de presentar enfermedades como hipertrofia del ventrículo izquierdo, hipertensión arterial o problemas cardiovasculares, provocando que años más tarde esos niños tengan problemas graves de salud relacionados con el corazón y la circulación sanguínea (Brotanek et al., 2007).

Es común además el síndrome metabólico, que se manifiesta en niños desde los ocho años y se relaciona con una sintomatología que condiciona el estado físico del cuerpo: colesterol, obesidad, triglicéridos elevados, modificaciones en el metabolismo de los carbohidratos, entre otros (Brotanek et al., 2007). También son comunes los problemas en el hígado y la bilis, así como anemia por falta de hierro, esta última causada por una alimentación de bajo valor nutritivo, pero altamente calórica (Brotanek et al., 2007).

El riesgo de muerte súbita se triplica y se duplica en lo que se refiere a la presencia de enfermedades cerebrovasculares, insuficiencia cardíaca congestiva y cardiopatía isquémica, en tanto que tener diabetes mellitus es 93 veces más probable cuando el IMC pasa el rango de 35.13. Asimismo, la obesidad disminuye el tiempo de vida varios años y se vincula a un peligro doble de padecer cáncer de riñón o de mama en mujeres menopáusicas (Brotanek et al., 2007).

Desde una perspectiva psicológica, la obesidad genera depresión, problemas de comportamiento alimenticio, baja autoestima y asilamiento, con ello se daña el círculo de vínculos individuales, familiares e intelectuales. Además, estas personas tienen propensión a presentar depresión y apearse a conductas adictivas (Brotanek et al., 2007). Mientras que, en términos sociales, perjudica a las personas en el momento de hallar trabajo o pareja, incrementa los costos familiares y sociales en relación con el tratamiento de las enfermedades y las muertes, así como los gastos para cubrir las necesidades de los enfermos y su medicación.

2.1.1. Enfermedades cardiovasculares

Resulta controversial determinar si la obesidad por sí sola es un elemento de peligro independiente de la cardiopatía coronaria aterosclerótica o manifiesta su influjo como un factor que condiciona diferentes aspectos, sobre todo diabetes, hipertensión arterial y dislipidemias. El análisis de Framingham reveló que por cada 1 % de aumento del peso, se incrementa

en 6.5 mmHg la presión arterial, 12 mg/dl el colesterol plasmático y 2 mg/dl la glicemia (De Fronzo y Ferrannini, 1991).

El impacto es más fuerte cuando se integran personas jóvenes de menos de 40 años y sobre todo cuando el estudio se da por tiempo prologando. Hubert, revisando la población de Framingham, halló un vínculo independiente tras diez años de estudio, verificando que en varones la repercusión de la enfermedad cardiovascular es doble cuando estos tienen un índice de peso mayor a 130, en comparación con los que presentan índices menores a 110. De tal forma, se determina que, si bien se da una polémica cuando se acepta que la obesidad es un elemento de peligro que no depende de la enfermedad coronaria, la razón con mayor relevancia determina que se da un resultado a futuro y que este resulta ser visible en relación a otras enfermedades vinculadas (De Fronzo y Ferrannini, 1991).

La repartición de la grasa corporal es algo extra en la asociación de obesidad con aterosclerosis y su relación con los elementos que ya se señalaron, por lo que en una obesidad de predominio toracoabdominal es más frecuente el incremento del riesgo cardiovascular.

2.1.2. Hipertensión arterial

La relación entre hipertensión arterial y obesidad es un estado permanente. Stamler (2010) analizó el predominio de la hipertensión en una población aproximada de un millón de individuos en de EE. UU., indicando que las personas con obesidad entre 20 y 39 años tienen 50 % más propensión a padecer hipertensión que los individuos de peso promedio. En ese sentido, se tiene un análisis longitudinal que evidencia que, a mayor peso, mayor presión arterial y cuando el individuo obeso pierde peso se registra una disminución en las cantidades de tensión.

Los procedimientos patogénicos no son evidentes, aunque se ha propuesto que la obesidad explicaría este vínculo al producir resistencia insulínica, provocando hiperinsulinemia. La insulina disminuye la expulsión

renal de sodio y mediante este proceso expande la masa extracelular y la volemia, incrementando el deterioro del corazón y la resistencia periférica, los cuales son los más importantes elementos moderadores de la presión arterial (Stamler et al., 1978).

También, la hiperinsulinemia altera los iones intracelulares e incrementa el tono simpático, lo que vuelve mayor la reactividad vascular y la proliferación celular. Ello hace favorable la hipertensión; no obstante, existen posiciones que critican el funcionamiento de la hiperinsulinemia a partir de algunos estudios en animales. Pese a ello, resulta inapelable que una de las normas más eficientes para que la hipertensión disminuya en una persona obesa es la disminución del peso. (Stamler et al., 1978).

2.1.3. Diabetes mellitus

La investigación epidemiológica y clínica han dejado notar una objetiva circulación entre intolerancia a la glucosa, diabetes mellitus no insulino-dependiente y la obesidad. Niveles no tan elevados de obesidad están en la capacidad de aumentar el peligro de desarrollar diabetes (diez veces más que una persona sin sobrepeso), dicho peligro aumenta a medida que la obesidad es mayor. Además, se asocia a la distribución de la grasa corporal, registrándose en mayor grado en la obesidad de tipo toracoabdominal.

2.2. Hiperlipidemias

La mayor cantidad de colesterol en la sangre provoca que la probabilidad de sufrir un infarto de miocardio o un infarto cerebral aumenten; estas enfermedades disminuyen cuando el colesterol sanguíneo baja, por ende, existe una relación directa entre la fracción del colesterol de baja densidad (LDL) y los infartos. El colesterol que se absorbe en el intestino procede de la ingesta de alimentos, pero también de la elaboración hepática y los ácidos biliares. Este ingresa al torrente sanguíneo como pequeñas partículas al mismo tiempo que los fosfolípidos y otras proteínas, donde estas pueden presentar diferentes densidades. Las denominadas partículas tras-

ladan el colesterol hasta los tejidos. La LDL es la partícula fundamental que deja el colesterol en las paredes de las arterias, produciéndose placas de ateroma. En cambio, la partícula HDL o de alta densidad lleva el colesterol desde los tejidos al hígado, produciendo un efecto fundamentalmente protector de aterosclerosis. De esta manera, el colesterol elevado aumenta el peligro de problemas cardiovasculares, asociándose a diabetes mellitus, antecedentes familiares cardiovasculares, hipertensión, entre otros (Izquierdo et al., 2012).

Las hiperlipidemias se refieren al incremento en la concentración de lípidos en el plasma sanguíneo. En principio, se considera a un hipercolesterolemia cuando se manifiesta un incremento de las cantidades de colesterol. Asimismo, se entiende por hipertrigliceridemia cuando se tiene más de 200 mg/dl con registros de colesterol por debajo de los 200 mg/dl. Si ambas cifras están en desproporción o aumento, se está frente a un caso de hiperlipidemias mixtas (Fernández et al., 2012).

Por otro lado, el aminoramiento de lípidos en la sangre se vincula a otras enfermedades como la malnutrición, el hipotiroidismo, anemia, malabsorción gastrointestinal; sin embargo, también se puede dar el caso de que estos se ubiquen por debajo del rango normal, pero sin una identificación clínica por sí sola. Los niveles mayores de otros tipos de lípidos y el colesterol casi nunca presentan síntomas, pero se ha comprobado que las variaciones en los lípidos están relacionadas con enfermedades cardiovasculares.

2.3. Riesgo de enfermedad cardiovascular y su relación los lípidos

Si bien la arteriosclerosis es una enfermedad multifactorial, las investigaciones más recientes apoyan la hipótesis lipídica. La aterogénesis se da mediante diferentes fases, a lo largo de los años, iniciándose con la aparición de la estría grasa en la primera década y prosiguiendo con la estría fibrosa una vez que comienza la segunda o tercera década y, por último, la placa compleja por calcificación, trombosis y hemorragia, que son cau-

santes de accidentes cerebrovasculares, infarto de miocardio, entre otros (Orozco-Beltrán et al., 2008).

Los experimentos llevados a cabo hoy en día han producido evidencia que prueba que este proceso tiene su origen en la disfunción endotelial debido a varios factores, entre los más resaltantes está la variación de la LDL que se da en la mayoría de los casos oxidativamente. El endotelio alterado, funcional o estructuralmente, oxida la LDL, incrementando su permeabilidad y liberando los agentes quimiotácticos y mitógenos, los cuales captan monocitos a la pared arterial. Estos se aglomeran en el subendotelio arterial, se llenan de colesterol por endocitosis no controlada por el receptor de LDL y se modifican en células espumosas. Estas células expulsan sustancias quimiotácticas y mitógenas que afectan a nuevos monocitos circulantes y células musculares lisas de la capa media. Producto de estas sustancias, las células proliferan y emigran en la subíntima arterial, donde expulsan colágeno, glicosaminoglicanos y se llenan de colesterol hasta convertirse en células espumosas (Obregón y Valenzuela, 2009).

2.3.1. Riesgo cardiovascular y colesterol HDL

Existen varias investigaciones epidemiológicas que sustentan la existencia de una correlación inversa y estrecha entre las concentraciones de cHDL y la prevalencia y mortalidad por causa cardiovascular, con un valor independiente, potente y predictivo, con mayor énfasis en mujeres. No obstante, se conoce que las mujeres en edad fértil poseen una frecuencia de patología cardiovascular menor que los varones, este hecho se conecta con los niveles más elevados de cHDL, provecho que se va perdiendo con la menopausia y, valida lo anteriormente dicho, pues se da una recuperación del cIDL al recibir terapia hormonal sustitutiva con estrógenos.

Así, el análisis de los resultados de pesquisas que han utilizado fármacos ha evidenciado que una parte sustancial de los casos donde se ha evitado la mortalidad por enfermedades cardiovasculares no depende del aumento logrado en la concentración de cHDL, pero se debe advertir que todavía

no se ha realizado ninguna investigación prospectiva con fármacos, donde se actúe únicamente sobre el cHDL. En ese sentido, la potencia del cHDL como predictor del peligro o riesgo ha sido calculada en un meta-análisis, concluyéndose que añadiduras de 1 mg/dl disminuyen la mortalidad cardiovascular en 1.5 - 2.7 % en varones y 2.5 - 4.7 % en mujeres.

2.3.2. Riesgo cardiovascular y triglicéridos

Siempre ha existido un debate sobre el papel que desempeñan los triglicéridos como elemento de riesgo cardiovascular. Actualmente, se tiene la data necesaria que sustenta su poder predictivo cuando se conjuga con otros elementos de peligro, con énfasis en los niveles menores de cHDL. No obstante, todavía no se tiene claramente si la hipertrigliceridemia aislada es un elemento de riesgo que no depende de otros. Este hecho se puede deber a la variedad de las hipertrigliceridemias; así, mientras las partículas IDL son aterógenas, los triglicéridos vehiculizados por quilomicrones o por VLDL, de tamaño grande, no parecen ser aterógenos. A su vez, la diferencia entre ambas clases de partículas no puede darse con las determinaciones analíticas habituales.

Ahora bien, la significación de la concentración de triglicéridos en la identificación del denominado síndrome X, en los años más recientes, ha cobrado mayor relevancia, donde se ha visto que coexiste una moderada elevación de los triglicéridos con HDL baja, que potencia el desarrollo de hipertensión arterial, obesidad troncular e intolerancia hidrocarbonada, junto a un peligro cardiovascular alto y que se conecta patogénicamente a un estado de resistencia a la insulina con hiperinsulinismo.

2.4. Efectos de la disminución de la colesterolemia

Se tiene registro que la intervención para aminorar el colesterol plasmático, a pesar de que se da una reducción de la mortalidad cardiovascular, no influye en la tasa total de muertes. Se ha explicado que este hecho se da por el incremento en la tasa de mortalidad debido a diferentes razones re-

lacionadas con el cáncer, la patología cardiovascular y muertes violentas, especialmente. Por ello, este aspecto ha disminuido el interés al momento de llevar a cabo programas de intervención sobre las hiperlipemias.

Asimismo, los estudios epidemiológicos muestran que las poblaciones con pequeñas tasas de colesterolemia y, consecuentemente, de muerte por enfermedades cardiovasculares poseen un horizonte de vida igual o superior a las sociedades occidentales y menor tasa de muertes debido a cáncer de próstata, colon, mama y neoplasias relacionadas con bajos niveles de colesterol. Además, las investigaciones experimentales muestran que la regularidad de estos tumores tiene un lazo con el consumo excesivo de grasas.

En cuanto a la revisión de los estudios prospectivos, aquí se pueden recabar datos contradictorios, aunque en la mayor parte de estos no se halla relación entre la mayor presencia de cáncer y la disminución del colesterol. En cambio, la frecuencia del pólipo adenomatoso (precursor del cáncer de colon) y, en una investigación, el cáncer de colon, tienen una conexión con registros de colesterol altos en la sangre. Por su parte, otros estudios indican que a niveles menores de 160 mg/dl se establece una mayor frecuencia de cáncer de colon. Ya sea el caso que se dé, lo que sí se puede afirmar con seguridad es que en pacientes con un tratamiento hipocolesteremiante, las concentraciones de colesterol de este tipo son poco frecuentes.

Otro punto que se debe aclarar es que debido al largo tiempo de duración en la evolución subclínica del cáncer, cabe la posibilidad que en algunas pesquisas se haya tomado en cuenta a pacientes con cánceres sin diagnosticar. Además, se tiene conocimiento que el colesterol puede disminuir debido a la presencia del cáncer de colon por el aumento de los receptores para LDL a causa de las citoquinas, enfermedad crónica con malnutrición y pérdida de peso, entre otros.

Finalmente, no se tienen evidencias de que la disminución de las concentraciones de colesterol a partir de intervenciones con fármacos y dietéticas se acompañe de un incremento de la mortalidad por motivos distintos a las de origen cardiovascular. De cualquier forma, tal peligro no desaparecería si las concentraciones de colesterol fueran superiores a 160 mg/dl. Ahora bien, con los medios actuales, no es fácil llegar a concentraciones inferiores a 160 mg/dl de colesterol total en pacientes hipercolesterolémicos en tratamiento.

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS ANTOCIANINAS

Las antocianinas son una agrupación de pigmentos rojos, hidrosolubles, extensamente repartidos en el reino vegetal (Fennema, 1993). En términos químicos las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, es decir, se encuentran conformadas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la cual se le añade un azúcar mediante un enlace β -glucosídico. La composición química elemental de estas agliconas es el ión flavilio (Badui, 2006), conocido también como 2-fenil-benzopirilio (Wong, 1995), el cual se basa en dos conjuntos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); generalmente el falvilio se desempeña como catión (Badui, 2006). Las agliconas libres mu ocasionalmente se encuentran en los alimentos, salvo probablemente como elementos traza de las reacciones de degradación (Fennema, 1993). Del total de antocianidinas que se tienen conocimiento en la actualidad, unas 20 aproximadamente, las de mayor importancia son la cianidina, pelargonidina, peonidina, delfinidina, malvidina y peonidina, nombres que provienen del origen vegetal de donde se aislaron por vez primera; la aleación de estas con los distintos azúcares provoca 150 antocianinas aproximadamente. La

ramnosa y la glucosa son los carbohidratos que normalmente están, luego de la xilosa, la arabinosa y la galactosa, en situaciones, la rutinosa, la soforosa y la gentobiosa. El pigmento de las antocianinas tiene que ver con diferentes aspectos esenciales, como el lugar de los sustituyentes químicos que encierran en el grupo flavilio; por ejemplo, si se incrementan los hidroxilos del anillo fenólico se vuelve más intenso el color azul, asimismo, la conducción de metoxilos genera la constitución del color rojo.

A este respecto, las antocianinas son importantes por dos fundamentos. En primer lugar, por su influencia en las características sensoriales de los alimentos, las cuales inducen su conducta tecnológica en el manejo de alimentos. En segundo lugar, por su injerencia en la salud humana mediante distintas rutas (De Pascual y Sánchez, 2008). Las antocianinas les resultan interesantes a las industrias de colorantes alimenticios en razón a su poder para teñir productos con colores atractivos (Konczak y Zhang, 2004). Últimamente, diferentes productos que se componen de antocianinas se están integrando a alimentos procesados, donde tales productos necesitan investigaciones para patentar sus efectos fisiológicos. En la actualidad, las antocianinas de maíz morado y azul vienen usándose en la preparación de tortillas azules pigmentadas de forma natural; así, se toma en cuenta a las antocianinas como colorantes para la alimentación. Más allá de volver mejor la apariencia general, resultan beneficiosas para la salud humana. Diferentes investigaciones revelan información científica de que los extractos ricos en antocianinas son positivos para la vista, en el desarrollo de la actividad antioxidante, además de atrapar radicales y funcionar como agentes quimioprotectores. Las antocianinas además desempeñan un rol en las características antidiabéticas tales como el manejo de la secreción de insulina, de lípidos y efectos vasoprotectivos (Shipp & Abdel-Aal, 2010). Por consiguiente, las características funcionales de las antocianinas incluyen un nuevo punto de visto para el consumo humano.

3.1. Antocianinas

Estas forman parte de los más importantes pigmentos solubles en líquidos observables a la vista humana. Forman parte del grupo de los flavonoides y su estructura elemental es un núcleo de flavón, el cual se basa en anillos aromáticos vinculados por una unidad de tres carbonos. El nivel de hidroxilación y metilación en el anillo “B” de la molécula implica el tipo de antocianidina, que es la aglicona de la antocianina. Pese a que se conocen doce antocianinas distintas, las que se presentan con mayor frecuencia en plantas son: delfinidina, pelargonidina, petunidina, peonidina, malvidina y cianidina. Las antocionidinas en las plantas no se agregan como tal, sino en su forma glucosilada; o sea, asociadas a cierto azúcar y, en dicho escenario, se conocen como antocianinas. El azúcar de la molécula les brinda mucha estabilidad y solubilidad, sobre todo si se vincula a la antocianidina en la posición 3 del grupo fenólico, aunque puede además realizarlo en las posiciones 5 y 7. En referencia a la cantidad de azúcares en su composición, las antocianinas se dividen en triglucósidos, diglucósidos y monoglucósidos. Los azúcares presentes son de tres tipos: trisacáridos, disacáridos y monosacáridos. Los monosacáridos más usuales son pentosas como arabinosa y xilosa, o bien hexosas, donde la D-glucosa se presenta con mayor habitualidad, pese a que además se encuentran en la galactosa o ramnosa. Los disacáridos más conocidos son gentobiosa, sambubuosa, soforosa y rutinosa. Los trisacáridos que se reportan hasta el momento son lineales como la gentotriosa, o bien variados como xilosilrutinosa o glucosilrutinosa (Strack y Wray, 1989). En ciertas situaciones, los azúcares se acilan con conjuntos que se desprenden del ácido acético o alguno de los cuatro ácidos ciámicos. Se ha notado que la presencia de estos grupos en la molécula de antocianidina le brinda equilibrio entre las circunstancias extremas de temperatura y pH. Al encontrarse en la molécula de antocianina azúcares, se conocen como no aciladas; además, si también en los azúcares se presentan uno o varios radicales acilo, se conocen como aciladas (Salinas et al., 2010).

Las antocianinas se encuentran en diversos órganos de las plantas, tales como hojas, flores, frutas, raíces y tallos (Brouillard, 1982). Estos pigmentos se encuentran diluidos de forma uniforme y con normalidad en la solución vacuolar de células epidérmicas. No obstante, en algunas especies, las epidérmicas se encuentran en zonas discretas de la vacuola celular, denominadas antocianoplastos (Pecket y Small, 1980). La más importante fuente de antocianinas son las frutas rojas, sobre todo uvas rojas, batatas, vegetales, maíz morado, cereales y vino rojo entre los líquidos (Harbone, 1993).

La extracción de antocianinas es frecuentemente realizada con etanol o metanol encerrando una mínima proporción de ácido (15 %, HCl 1M) con el propósito de conseguir la forma del catión flavilio, el cual es equilibrado en un ambiente muy ácido. No se encuentra diferencia radical en la eficiencia de extracción entre el etanol y el metanol o en lecturas de absorbancia (Abdel-Aal y Hucl, 1999). Es conveniente utilizar metanol debido a su menor toxicidad, sobre todo en ensayos clínicos y usos alimenticios. Además de ello, si los extractos cuentan con materiales lipídicos, la adición de un solvente orgánico como hexano podría suprimir ciertas sustancias que se encuentren en los mencionados materiales. En ese sentido, el ácido podría ocasionar hidrólisis parcial de las fracciones acil en antocianinas aciladas, sobre todo en las que cuentan con ácidos dicarboxílicos tales como ácido malónico, volviendo deseable la utilización de ácidos débiles, tal como el ácido cítrico o tartárico con el propósito de conservar los sustituyentes dicarboxílicos perennes (Castañeda et al., 2009; Escribano et al., 2004). El pH además ha evidenciado que cuenta con un influjo importante acerca de las lecturas de absorbancia, la restauración del extracto y del pigmento de los extractos de antocianinas. A valores de pH que son muy pequeños ($\text{pH} < 2$), los extractos de trigo morado y azul mostraron una modificación de color rojo a rojo oscuro luego de la separación, de igual forma, a pH mayor ($\text{pH} > 4$), los extractos evidenciaron un tono amarillo (Abdel-Aal y Hucl, 1999).

Se conoce que el procedimiento utilizado normalmente en estos tiempos es la cromatografía líquida de elevada resolución en fase reversa (RP-HPLC) debido a que hace posible la disgregación sincrónica, la identificación y cuantificación de los compuestos de antocianinas sin necesitar demasiada pureza de los extractos (Escribano et al., 2004). Las columnas con diámetro interior de 4.5 nm y 100-300 nm de largo son frecuentemente conservadas a temperatura ambiente, y los sistemas de elusión son binarios, utilizando solventes acidificados acuosos como ácido fórmico, ácido perclórico o ácido acético en un solvente orgánico como metanol (Zhang et al., 2004). Las antocianinas separadas se detectan y cuantifican a 525 nm, mientras que la identificación de antocianinas se encuentra sustentada en los momentos de retención correspondientes y espectros ultravioleta-visibles (UV-Vis) comparado con la de los promedios originales puros tales como delphinidina-3-rutinósido, delphinidina-3-glucósido, cianidina-3-galactósido, cianidina-3-glucósido, cloruro de cianidina y cianidina-3-rutinósido que se pueden hallar fácilmente en términos comerciales. El contenido completo de antocianinas es medido en $\mu\text{g/g}$, utilizando una curva promedio para la cianidina-3-glucósido o también delphinidina-3-glucósido (las antocianinas más normales en granos) [Abdel-Aal y Hucl, 2003]. Los espectros de absorción UV-Vis de una antocianina proporcionan contenido acerca de la esencia de la antocianidina, modelo de glucosilación y probablemente de acilación (Da Costa et al., 2000). Las antocianinas cuentan con una categoría de absorción extensa al término del azul del espectro visible y con una absorción máxima medida en las regiones de 500-525 nm (Abdel-Aal et al., 2008). Sumado a ello, la electroforesis capilar (CE) se ha empleado para desunir los compuestos iónicos de antocianinas por su carga (Castañeda et al., 2009). La utilización de la CE en la separación de antocianinas es muy novedosa, aunque prometedora en razón a la elevada hidrosolubilidad de estos compuestos. La CE se ha utilizado para la precisión cuantitativa de antocianinas en vino a manera de opción de la RP-HPLC (Saenz et al., 2003).

Las características espectrales son comúnmente utilizadas para realizar una clasificación de las antocianinas, sobre todo para ubicar su clase. El estudio espectrométrico UV es la herramienta empleada normalmente para conocer y medir antocianinas. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el rango de absorción de las antocianinas se relaciona con el pH. La absorción máxima es de 52-540 m, y en la zona observable es la longitud de onda más frecuentemente utilizada para la cuantificación espectrofotométrica de antocianinas (Horbowicz et al., 2008). La espectrometría de masas es un procedimiento abordado con normalidad que hace posible la señalización de antocianinas hallando la masa de los iones moleculares en la muestra y los fragmentos de la disgregación de dichos compuestos mediante la ejecución de energías ionizantes más elevadas (Escribano et al., 2004). La espectrometría de masas (LC-MS) sumada a la cromatografía líquida es utilizada con el fin de identificar los compuestos de antocianinas en fluidos biológicos y plantas. La LC-MS mezcla la separación sobre el sistema LC con la selectividad del detector MS, logrando la identificación de elementos únicos de una composición de extractos (Da Costa et al., 2000). Otras herramientas que se utilizaron para este propósito toman en cuenta la resonancia magnética nuclear (NMR) y la técnica de espectrometría de masas de ionización electrospray (ESI-MS) [Escribano et al., 2004]. La ESO-MS se utiliza para brindar particularidades de las antocianinas en matrices alimenticias complejas y es fundamentalmente pertinente para detectar metabolitos de antocianinas de bajo nivel en plasma humano (Horbowicz et al., 2008). La NMR es un procedimiento que se utiliza para la aclaración estructural de antocianinas tales como las aciladas con derivados ramnósidos hallados en ciertos compuestos menores en estudios de vinos y en frutas (Castañeda et al., 2009; Košir y Kidrič, 2002). El empleo de la espectroscopia NMR unidimensional y dos bidimensional H y C con técnicas de eliminación de larga señal logra una selección eficaz para las señales de resonancia de H y C de antocianinas individuales en metanol deuterado (Košir y Kidrič, 2002).

3.2. Características funcionales

La atención hacia los pigmentos antociánicos es más intensa en razón a sus características terapéuticas y farmacológicas (Garzón, 2008). En el momento en que se da el trayecto del tracto digestivo a la sangre de los mamíferos, las antocianinas se conservan inalteradas (Miyazawa et al., 1999) y desarrollan aspectos terapéuticos comunes que toman en cuenta la disminución de los efectos antitumorales, antiinflamatorios, anticancerígenos y antidiabéticos, así como de la enfermedad coronaria; también de la mejora de la agudeza visual y de la conducta cognitiva. Las manifestaciones terapéuticas de las antocianinas se asocian con su efectividad antioxidante. Investigaciones con fracciones de antocianinas que provienen del vino dejaron ver que estas son eficientes al momento de capturar especies reactivas del oxígeno, luego de impedir la oxidación de lipoproteínas y la suma de plaquetas (Ghiselli et al., 1998). Estos resultados manifiestan que las antocianinas son muestra de la “paradoja francesa”. Se conocen diferentes propuestas que apuntan a que el menor peligro de la enfermedad coronaria en la nación francesa está vinculado con el elevado consumo de vino tinto (St Leger et al., 1979). De la misma forma, Wang & Jiao (2000) y Wang & Lin (2000), evidenciaron que las frutas ricas en antocianinas muestran una elevada acción antioxidante contra los radicales superóxido, peróxido, oxígeno singulete e hidroxilo, así como contra la presencia de peróxido de hidrógeno. Un ejemplo de ello es la fruta llamada omija (*Schizandra chinensis*), donde el color conformado en su mayoría por Cya-3-O-xylrut y determinado como 86 % DPPH y 98 % ABTS, evidenció una eficiencia antioxidante total de su extracto acuoso (Kim et al., 2009). Además, a las antocianinas se les concede acción anticancerígena y antitumoral. Otros estudiosos (Koide et al., 1997) manifiestan consecuencias antitumorales al emplear extractos de frijoles rojos de soya que estaban compuestos de cianidina unida con glucosa y ramnosa. De la misma forma, Hagiwara et al. (2002) evidenciaron que la entrega de col morada y papas púrpuras dulces a ratas de laboratorio, produjeron la eliminación de tumores. En lo que respecta a su propiedad anticancerígena, Kamei et al. (1998) apuntaron a la cancelación de células cancerígenas gástricas AGS

y células cancerígenas HCT-15 que provienen del colon humano, al proporcionar porciones de antocianinas extraídas del vino tinto. Además, de esa manera, Tristan et al. (2005) desarrollaron ensayos biológicos que advierten que los arándanos impiden los procesos de iniciación, progresión y promoción de la carcinogénesis. En lo que respecta a la propiedad antiinflamatoria, Wang & Mazza (2002) hallaron en extractos concentrados de antocianinas actividad inhibitoria en la generación de óxido nítrico en macrófagos activados. Por su parte, Vourela et al. (2005) hallaron una actividad supresora de prostaglandina, sinónimo de ejercicio antiinflamatorio en extractos de antocianinas de frambuesa. En tanto la propiedad antidiabética de las antocianinas, la misma que se reportó por Perossini et al. (1987), en análisis de laboratorio llevados a cabo en Italia demostraron que el 79 % de los pacientes diabéticos que tomaron extracto de bayas rojas (160 mg durante un mes, dos veces al día) evidenciaron mejoría en sus síntomas. En ese sentido, Tristan et al. (2005) manifestaron que las antocianinas provienen de ciertas clases de arándanos silvestres: *Viburnum trilobum*, *Amelanchier alnifolia*, *Shepherdia argentea* y *Prunus virginian*, las cuales presentan características hipoglucémicas. Los referidos frutos, con elevado nivel de componentes fitoquímicos, se consumieron convencionalmente por indios americanos para el cuidado de enfermedades crónicas como la diabetes. Por último, la mejora de la conducta cognitiva y la agudeza visual como producto de la ingesta de antocianinas se reportó por Joseph et al. (1999) y Shukitt-Hale et al. (2005), donde se notó que la conducta intelectual y las operaciones neuronales de las ratas usadas para el experimento mejoraron mediante la nutrición suplementaria con extractos de fresas y arándanos. De un modo similar, Ohgami et al. (2005) proporcionaron extractos de frutas ricas en antocianinas a ratas con problemas oculares, dando como resultado una disminución de la inflamación e incremento de la visibilidad. Otra muestra de frutos con estas características es la uva a través de sus más importantes componentes como los flavonoides, el resveratrol y las antocianinas que cuentan con una diversidad de actividades biológicas, entre ellas: cardioprotectivo, antioxidante, antiinflamatorio, anticancerígeno y antimicrobiano; to-

das estas se ven fuertemente unidas porque ayudan al cuidado de la salud, mediante sus propiedades que combaten ciertas enfermedades. En estos días se han conseguido muchos datos pertinentes al ejercicio biológico de las antocianinas, no obstante, se debe indagar más sobre esta funcionalidad. La literatura actual acerca de actividades biológicas brinda evidencia necesaria para reflexionar que los productos ricos en antocianinas, tales como vino tinto o bayas, lleguen a alcanzar un efecto conservador sobre la salud humana, sobre todo en la prevención de enfermedades cancerígenas y cardiovasculares.

3.3. Antocianinas como componentes nutricionales

Las antocianinas se concentran mayormente en flores y frutas, aunque además se encuentran en hojas, órganos de almacenamiento, tallos y granos. Muchas bayas negras son los medios más ricos en dicha sustancia; sin embargo, la berenjena y los granos de color morado y azul también presentan elevadas dosis. La fuerte presencia de antocianinas en vegetales, frutas y vinos rojos es propicia, pues los individuos ingieren gran cantidad de estos productos. De acuerdo con la nación y las costumbres alimenticias de las personas, el consumo diario de antocianinas se ha calculado en promedio en cientos de miligramos por individuo (Horbowicz et al., 2008). El consumo de antocianinas va en aumento de forma significativa debido a que los productos mencionados están al alcance de la mano, pues se da su comercialización masiva.

Los modos de uso de las antocianinas en los regímenes alimenticios son usados mayormente en alimentos de intermedia acidez para aseverar una predominancia del catión flavilio. Por ejemplo, las antocianinas del trigo azul tienen estabilidad en términos térmicos a pH 1 y su degradación no es tan alarmante, menor a pH 2, que comparada a pH 5 (Abdel-Aal y Hucl, 2003). Ello explicaría el empleo más importante de extractos de antocianinas, tales como los colorantes de uva en bebidas, donde cerca de 3 kg de extracto de antocianina al 1 % aumentado a 1.000 litros de líquido brinda un rojo intenso.

En la actualidad, gran parte del maíz pigmentado es empleado como adorno debido a su colorido aspecto, donde solo una reducida proporción se viene utilizando en la generación de tortillas coloreadas rosa y azul. Aparte de ello, Abdel-Aal et al. (2006) manifestaron que los granos de maíz de color azul, morado y rosa presentan proporciones suficientemente elevadas de antocianinas, sobre todo el maíz morado ($1\,277\ \mu\text{g/g}$), siendo promotor para el implemento de colorantes naturales o alimentos funcionales. Parecido a otros elementos bioactivos, el entorno en el cual se cultivan es condicionante para lograr un influjo en la concentración y composición de las antocianinas. Consecuentemente, mientras se da la producción del cultivo es necesario realizar esfuerzos con el propósito de incrementar el mayor contenido de antocianinas en cereales y frutas (Awika et al., 2004).

Asimismo, extractos abundantes en antocianinas se han introducido en suplementos dietéticos elaborados. Verbigracia, extractos de antocianinas de maíz morado se incorporaron como suplemento alimenticio con potencialidades antioxidantes, incentivando el cuidado de la salud (Shipp & Abdel-Aal, 2010). También las antocianinas son vendidas como suplemento llamado Medox, el cual integra una determinada cantidad de delfinidin-3-glucósido y cianidin-3-glucósido, provenientes de grosellas negras (*Ribes nigrum*) y bayas noruegas (*Vaccinium myrtillus*). El arroz rojo se fermenta para comercializarse como suplemento dietético, con el nombre de Cholestin, con el fin de disminuir el colesterol (Aguilera et al., 2011).

En ese sentido, las antocianinas se están incorporando dentro de los productos alimenticios procesados como suplementos alimenticios y colorantes. El incremento de antocianinas en los productos que tengan más equilibrio y duración aumentará el consumo general y, de esta manera, estos aportarán beneficios a la salud humana (Shipp & Abdel-Aal, 2010).

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS ANTOCIANINAS EXTRAÍDAS DEL MAÍZ MORADO SOBRE LAS HIPERLIPIDEMIAS EN RATAS ALBINAS

En esta investigación se espera que los efectos del consumo de los pigmentos del maíz morado tengan acción reductora sobre las concentraciones elevadas de los lípidos sanguíneos, por lo que se considera conveniente emprender esta investigación, puesto que para el mantenimiento de una buena salud es preferible el consumo de productos naturales debido a que es fácil obtenerlos; asimismo, son de menor costo y brindan confianza a las personas o pacientes que tienen problemas de lípidos elevados. También es importante reconocer que el maíz morado es la base en la preparación de una diversidad de bebidas y platos que se vienen consumiendo desde muchos siglos en el territorio peruano, pues es un producto autóctono.

Se resalta que en el territorio peruano existen sembríos comerciales de maíz morado que facilitan su disponibilidad inmediata; asimismo, se disponen de más de 100.000 ha listas para implementar una siembra sostenible. Además, esta variedad de maíz abarca una importante cantidad de

grupos fenólicos y un flavonoide especial llamado antocianina.

Las antocianinas son un tipo de flavonoides complejos, cuya principal característica es poseer cualidades antioxidantes, por lo que ayudan a la regeneración de los tejidos, mejoran la circulación sanguínea, reducen el colesterol e incentivan la formación de colágeno a partir del mejoramiento de la microcirculación, entre otras propiedades adicionales. Por consiguiente, este producto debe ser revalorizado, trayendo mejoras económicas en los agricultores que producen maíz morado.

Las consecuencias prácticas a las que se pueden llegar con este estudio son, por ejemplo, la preparación o elaboración de medicamentos bajo la forma de cápsulas o extractos de maíz morado que reduzcan o controlen los lípidos elevados, además de la elaboración de refrescos envasados de maíz morado natural o preparados a base del pigmento antocianina que tendrían la propiedad de ser reductores de los lípidos sanguíneos.

Una investigación de carácter experimental con animales de laboratorio, en los cuales se realizan pruebas controladas para analizar valores fisiológicos en vivo, tiene una valoración teórica importante, puesto que puede ser repetida por otros investigadores para la comprobación de los efectos estudiados; así como también, para tomarlo en cuenta en la recomendación que se puede hacer para el consumo del producto en estudio, pues le da una validez científica comprobable.

Como ya se mencionó, la metodología empleada es de carácter experimental, donde se ha aplicado con toda su rigurosidad el método científico, diseñando situaciones en las cuales se induce a una enfermedad y luego mediante la aplicación o consumo del producto en estudio se logra el mejoramiento de los síntomas causados; todo lo cual se demuestra con pruebas y análisis de laboratorio de carácter químico y bioquímico. También la aplicación de la metodología propuesta puede ser utilizada para comprobar los mismos efectos con otros productos o insumos que tengan propiedades o acciones similares a las atribuidas a los pigmentos del maíz

morado (como es el caso de muchos productos naturales nativos peruanos). Por lo tanto, se asevera que el desarrollo de este trabajo cumple con todos los requisitos que le corresponden a una investigación científica.

Asimismo, el trabajo de investigación es viable, puesto que se pudo realizar a partir de los ambientes apropiados para la crianza de los animales de experimentación (ratas albinas), además se contó con un laboratorio de bioquímica implementado con modernos equipos de análisis y mediciones de los valores de lípidos sanguíneos.

Los resultados que se desprenden de la investigación permiten implementar una aplicación y utilización médica de los pigmentos extraídos del maíz morado para la reducción de los lípidos sanguíneos. De igual manera, este producto es revalorizado al demostrar sus propiedades y puede tener una mayor demanda en su consumo para solucionar los problemas de los lípidos elevados en los pacientes que padecen de tal alteración o, en todo caso, para la prevención del referido padecimiento.

Al verificarse científicamente las propiedades del consumo de dietas suplementadas de antocianinas extraídas de la coronta del *Zea mays* L. (maíz amiláceo morado) se obtendría un renovado valor terapéutico, convirtiéndolo, de esta forma, en un producto valorado desde la perspectiva agrícola y farmacológica. También no se puede perder de vista el aspecto social, pues el agricultor que cultiva este producto mejorará su posición socioeconómica a partir del incremento de las ventas de sus cosechas.

4.1. Tipo de investigación

Por la conjunción de diferentes disciplinas del saber científico, se considera que la investigación fue aplicada.

4.2. Nivel y método de investigación

Se determinó un nivel experimental y se emplearon los métodos

deductivo, inductivo y descriptivo.

4.3. Diseño de investigación

Para la obtención del extracto del maíz morado se hizo hervir la coronta de maíz morado y se prepararon los extractos en una proporción del 20 % bajo la forma de chicha morada, la cual fue dada como bebida a los animales de manera ad libitum.

Luego de la adquisición de las muestras de maíz amiláceo morado canteño directamente de las zonas del departamento de Lima; se efectuó la extracción de las antocianinas por atomización y después, por medio de calentamiento, se hirvió la coronta de maíz para realizar la extracción de los pigmentos, la cual es la forma común de preparación de la chicha morada.

Posteriormente, se procedió, en el laboratorio, a la elaboración de una dieta suplementada con antocianinas extraídas por atomización de la coronta del maíz amiláceo morado al 5 % y a la elaboración de un extracto de coronta de maíz morado hervido al 20 %; todo lo cual se efectuó en el lapso de dos semanas.

Se separó en dos grupos a las ratas albinas macho (un total de 12) para la implementación del estudio, uno para el consumo de una dieta con 5 % de antocianinas y otro para la utilización del extracto de maíz morado hervido al 20 % (chicha morada), es decir, se realizó una alimentación suplementada con antocianinas tomadas de la coronta del maíz amiláceo morado y otra suplementada con extracto hervido de dicho producto.

La dieta basal que se le administró a los dos bloques consistió en una libre de colesterol, compuesta solo por insumos de origen vegetal, por ende, no tuvieron dicho compuesto lipídico; este alimento fue proporcionado a las ratas por dos semanas a fin de adecuarlas a las condiciones de crianza del bioterio. Aquí se tomó una primera muestra sanguínea a las ratas para verificar las concentraciones basales de lípidos.

A los dos bloques experimentales se les indujo a una hiperlipidemia (elevación de los lípidos sanguíneos), por lo que se les preparó una dieta con alimentos grasos de uso común (se les dio de forma alternada pizzas de queso con embutidos, así como yema de huevos de gallina e hígado de pollo hervidos), lo cual aseguró la situación planteada. Esta dieta fue administrada durante dos semanas, al término de las cuales se les tomó a las ratas una segunda muestra de sangre con la finalidad de verificar la elevación de las concentraciones de lípidos sanguíneos.

Posteriormente, a los animales se les separó en dos grupos experimentales. Al primero se le indujo a la hiperlipidemia, mediante la administración de comidas suplementadas con antocianinas al 5 % tomadas de la coronta del maíz amiláceo morado, por un lapso de dos semanas. Al segundo grupo también se le indujo a la hiperlipidemia, pero adicionándole a su dieta extracto hervido de la coronta de maíz amiláceo morado al 20 % (chicha morada), en el mismo lapso de dos semanas.

Al cabo de haberse administrado la dieta suplementada con antocianinas sacadas de la coronta del maíz amiláceo morado (*Zea mays* L.) y adicionado la chicha morada en la dieta por dos semanas, también se procedió a la realización de un tercer análisis bioquímico del suero sanguíneo para verificar si los niveles de lípidos habían variado.

En ese sentido, los análisis bioquímicos de la sangre corresponden a las cantidades de triglicéridos, LDL colesterol y colesterol; es decir, se realizó un perfil lipídico. Finalmente, en la última toma de la muestra los animales fueron sacrificados.

4.4. Objetivo general

Investigar el efecto de una dieta complementada con antocianinas extraídas de la coronta del maíz amiláceo morado (*Zea mays* L) sobre la concentración de lipoproteínas séricas y lípidos en ratas albinas.

4.4.1. *Objetivos específicos*

- Extraer las antocianinas del maíz amiláceo morado (*Zea mays* L.) a partir de su coronta para la elaboración de suplementos dietéticos que induzcan a una reducción de los lípidos sanguíneos.
- Preparación de extracto de coronta de maíz morado (chicha morada) como aditivo dietético para el tratamiento de las hiperlipidemias.
- Examinar el metabolismo normal del traslado de lipoproteínas séricas y lípidos después de la ingesta de comidas suplementadas con antocianinas separadas de la coronta del maíz amiláceo morado (*Zea mays* L.).

4.5. Variables

Variable independiente (X): Antocianinas extraídas del maíz morado

Sus indicadores son los siguientes:

X1: Acción hipolipémica de antocianinas en las dietas experimentales.

X2: Acción hipolipémica del extracto de coronta presente en el maíz morado (chicha morada).

Variable dependiente (Y): Variación de las fracciones lipídicas del suero sanguíneo

Sus indicadores son los siguientes:

Y1: Concentración sérica de colesterol total.

Y2: Concentración sérica de triglicéridos.

Y3: Concentración sérica de colesterol LDL (colesterol malo).

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

	Indicadores		
Variable independiente (X) Antocianinas extraídas del maíz morado	X1: Acción hipolipemiante de antocianinas en las dietas experimentales.	X2: Acción hipolipemiante de extracto hervido de coronta de maíz morado (chicha morada).	
Variable dependiente (Y) Variación de las fracciones lipídicas del suero sanguíneo	Y1: Concentración sérica de colesterol total.	Y2: Concentración sérica de triglicéridos.	Y3: Concentración sérica de colesterol LDL (colesterol malo).

4.6. Universo, población y muestra

El universo de la investigación estuvo conformado por el maíz amiláceo morado proveniente de la costa peruana, en tanto que la población se constituyó, específicamente, por maíz morado proveniente del departamento de Lima (Canta). Además, para la muestra se emplearon 20 kg de maíz amiláceo morado (adquiridos de un establecimiento comercial) de donde se extrajo el pigmento conocido como antocianina. Asimismo, se realizó el extracto de la coronta del maíz morado hirviéndolo en una pro-

porción del 20 %, determinándose el punto máximo de hiperlipidemias y el punto mínimo de valores normales de lipidemias.

4.7. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos

En cuanto a las técnicas, se utilizaron las siguientes:

- Crianza de animales de experimentación
- Extracción de muestras sanguíneas
- Dosis de perfil lipídico
- Extracción de pigmentos por atomización

En cuanto a los instrumentos, se utilizaron los siguientes:

- Espectrofotómetro
- Centrífuga
- Baño maría
- Kits de determinaciones lipídicas
- Instrumentos y materiales de laboratorio

En cuanto a las fuentes, se utilizaron las siguientes:

- Toma de datos por procedimientos experimentales
- Antecedentes bibliográficos

4.8. Evaluación del efecto de los pigmentos del maíz morado sobre los niveles de colesterol, triglicéridos y lipoproteínas LDL

Tabla 2. Variación de los niveles de triglicéridos (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con chicha morada con el 20 %.

Consumo	N.º Rata	Basal	Día 15	Día 30
			Dieta hipergrasa	Dieta experimental
Chicha morada	1	44.88	181.90	49.30
	2	42.08	179.70	47.04
	3	45.18	182.60	49.98
	4	41.78	179.00	46.36
	5	44.78	182.00	49.89
	6	42.18	179.60	46.45
	Promedio	43.48	180.80	48.17
	D.S.	1.62	1.53	1.73

Tabla 3. Variación de los niveles de triglicéridos (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con antocianinas al 5 %.

Con- sumo	N.º Rata	Basal	Día 15	Día 30
			Dieta hipergrasa	Dieta experimental
Anto- cianina	7	42.18	179.60	27.79
	8	44.83	182.15	24.93
	9	42.13	179.45	28.08
	10	45.14	182.40	24.64
	11	41.82	179.20	27.74
	12	43.48	180.80	24.98
	Pro- medio	43.26	180.60	26.36
	D.S.	1.45	1.41	1.66

Tabla 4. Variación de los niveles de colesterol (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con chicha morada con el 20 %.

Con- sumo	N.º Rata	Basal	Día 15	Día 30
			Dieta hipergrasa	Dieta experimental
Chicha mora- da	1	38.01	97.76	36.51
	2	35.81	98.48	34.25
	3	38.71	95.56	37.19
	4	35.11	98.01	33.57
	5	38.11	94.86	36.6
	6	35.71	95.31	34.16
	Prome- dio	36.91	96.66	35.35
	D.S.	1.53	1.59	1.42

Tabla 5. Variación de los niveles de colesterol (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con antocianinas al 5 %.

Con- sumo	N.º Rata	Basal	Día 15	Día 30
			Dieta hipergrasa	Dieta experimental
Anto- cianina	7	35.71	95.31	30.35
	8	38.26	97.86	28.09
	9	35.56	98.26	31.03
	10	38.51	95.46	27.41
	11	35.31	95.06	30.44
	12	36.91	96.66	28.00
	Pro- me- dio	36.71	96.43	29.22
	D.S.	1.41	1.38	1.55

Tabla 6. Variación de los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con chicha morada con el 20 %.

Consumo	N.º Rata	Basal	Día 15	Día 30
			Dieta hipergrasa	Dieta experimental
Chicha morada	1	4.64	25.05	4.21
	2	5.34	22.19	1.95
	3	1.74	25.34	4.89
	4	2.44	21.9	1.27
	5	2.34	25	4.3
	6	4.89	22.24	1.86
	Pro- medio	3.57	23.62	3.08
	D.S.	1.56	1.66	1.56

Tabla 7. Variación de los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) (mg/dl) del grupo experimental con una dieta suplementada con antocianinas al 5 %.

Con- sumo	N.º Rata	Basal	Día 15	Día 30
			Dieta hipergrasa	Dieta experimental
Anto- cianina	7	4.89	22.24	1.43
	8	5.14	24.97	1.13
	9	4.74	22.27	1.5
	10	2.19	25.28	1.06
	11	1.94	21.96	1.59
	12	3.54	23.62	0.97
	Pro- medio	3.74	23.39	1.28
	D.S.	1.41	1.47	0.26

4.8.1. Distribución de frecuencias e histogramas por variables de la información obtenida

- De la Tabla 2

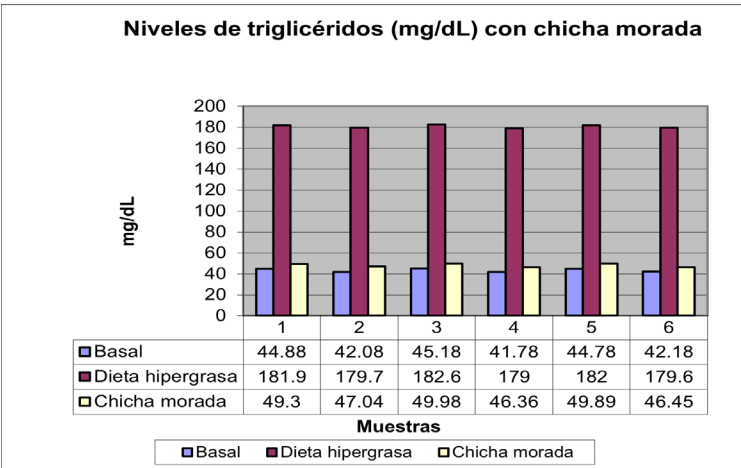


Figura 1. Niveles de triglicéridos (mg/dl) con chicha morada.

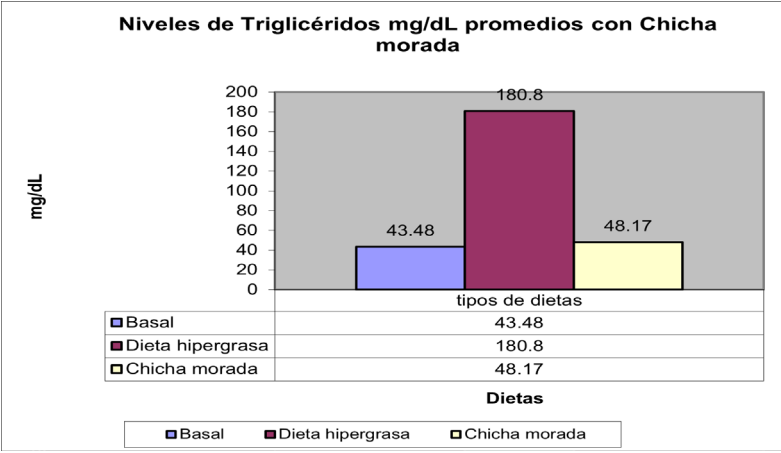


Figura 2. Niveles de triglicéridos (mg/dl) promedios con chicha morada.

- De la Tabla 3

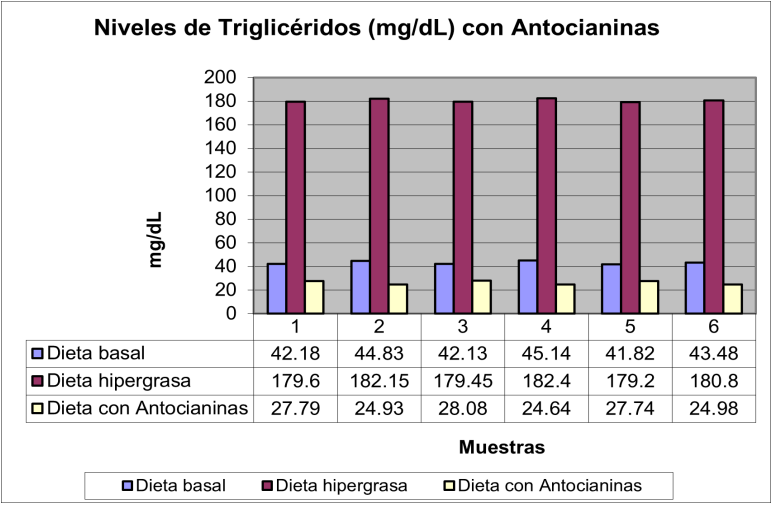


Figura 3. Niveles de triglicéridos (mg/dl) con antocianinas

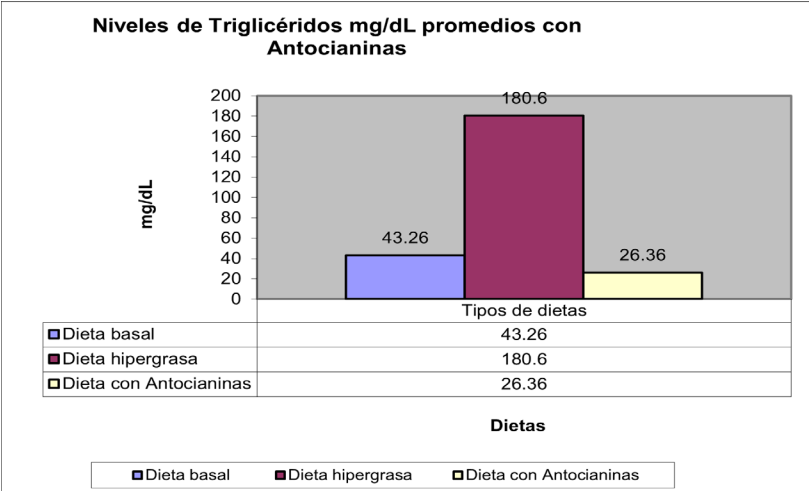


Figura 4. Niveles de triglicéridos (mg/dl) promedios con antocianinas

- De las Tablas 2 y 3

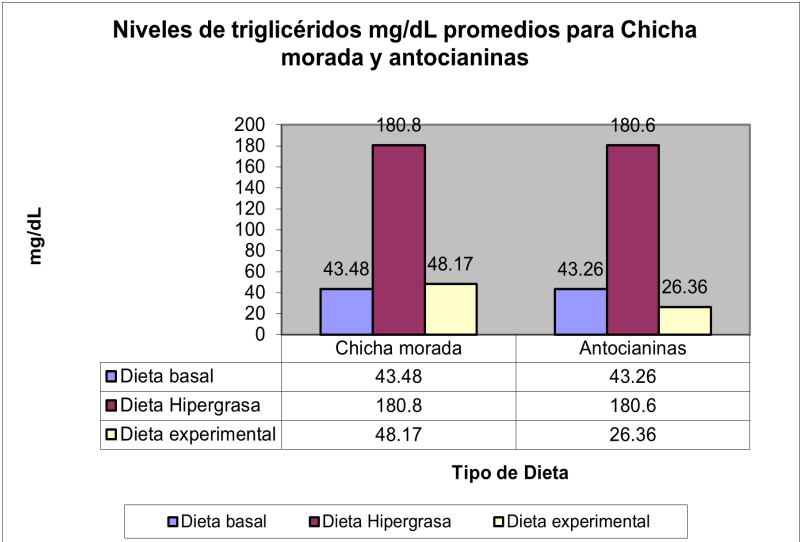


Figura 5. Niveles de triglicéridos (mg/dl) promedios para chicha morada y antocianinas

- De la Tabla 4

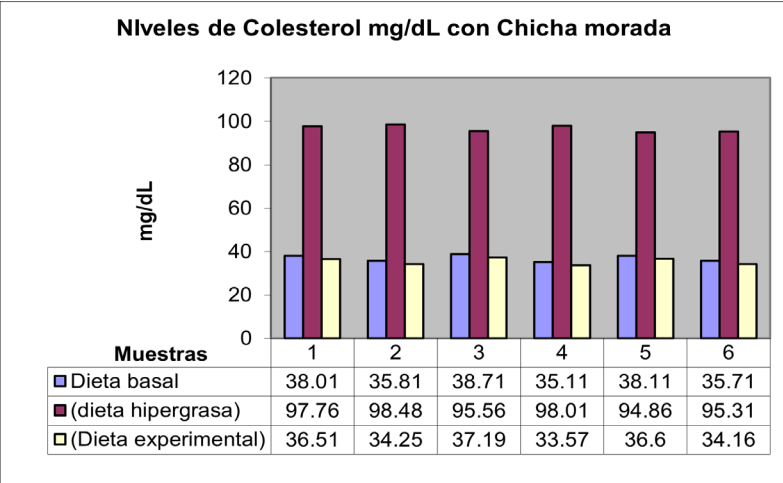


Figura 6. Niveles de colesterol mg/dl con chicha morada.

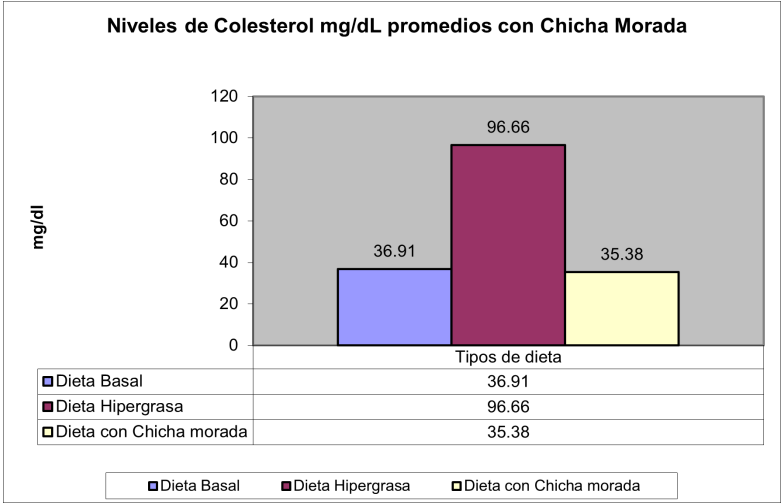


Figura 7. Niveles de colesterol mg/dl promedios con chicha morada.

- De la Tabla 5

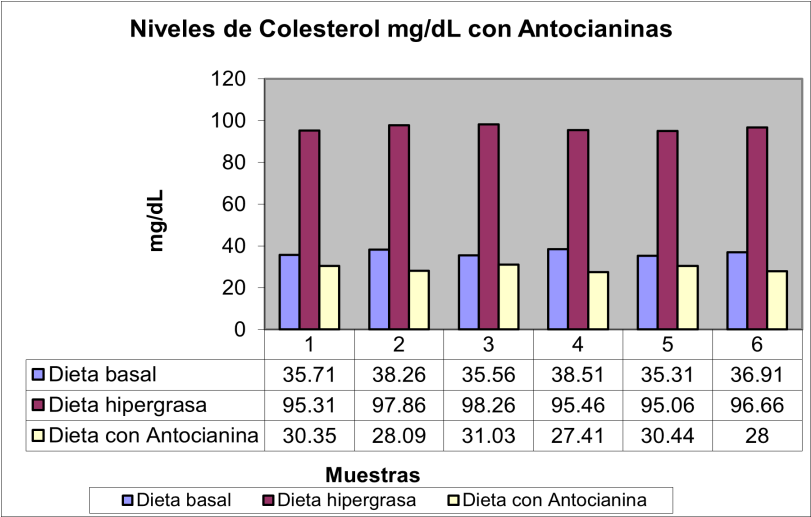


Figura 8. Niveles de colesterol mg/dl con antocianinas.

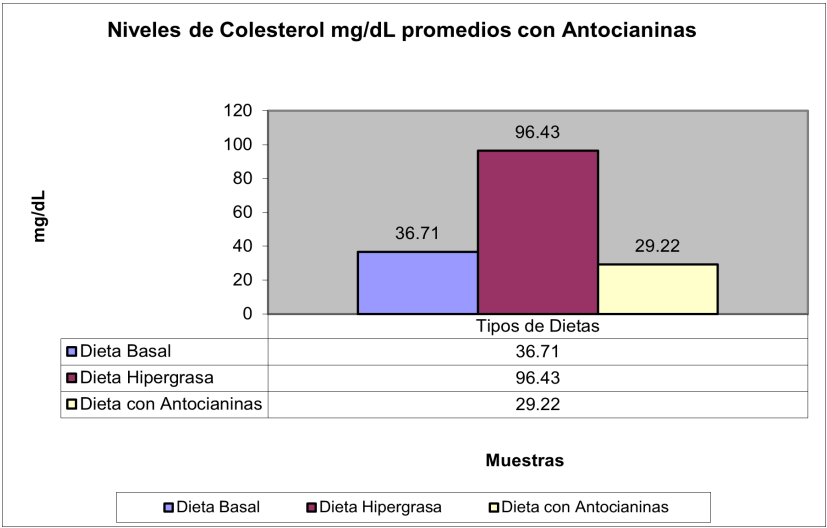


Figura 9. Niveles de colesterol mg/dl promedios con antocianinas.

- De las Tablas 4 y 5

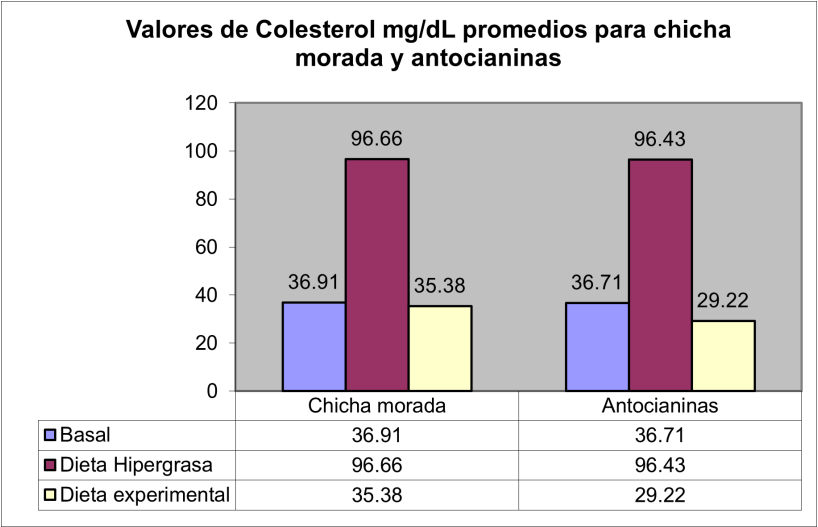


Figura 10. *Valores de colesterol mg/dl promedios para chicha morada y antocianinas.*

- De la Tabla 6

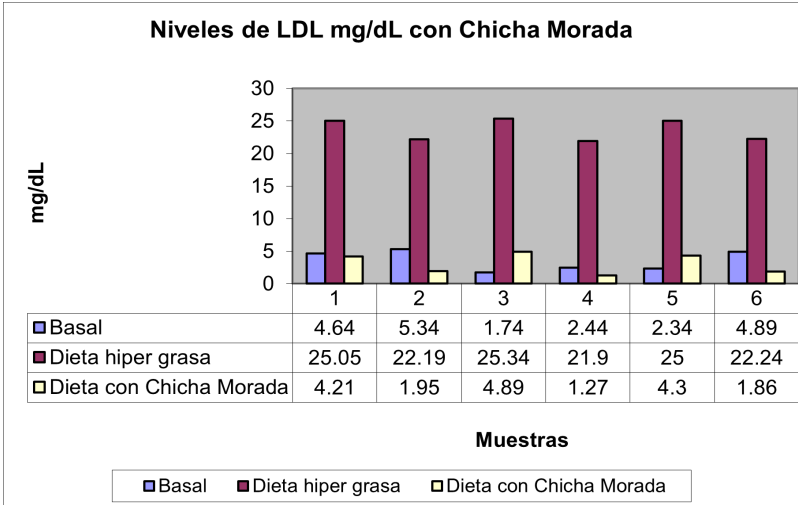


Figura 11. *Niveles de LDL mg/dl con chicha morada.*

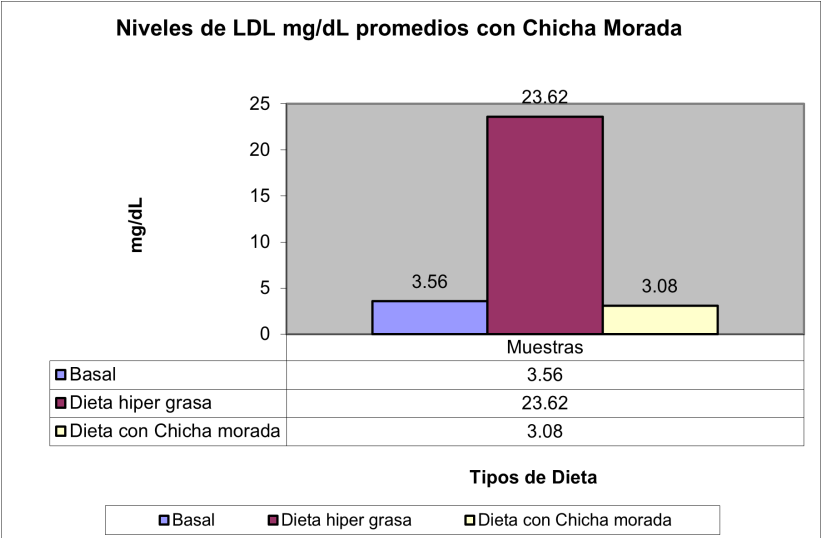


Figura 12. Niveles de LDL mg/dl promedios con chicha morada.

- De la Tabla 7

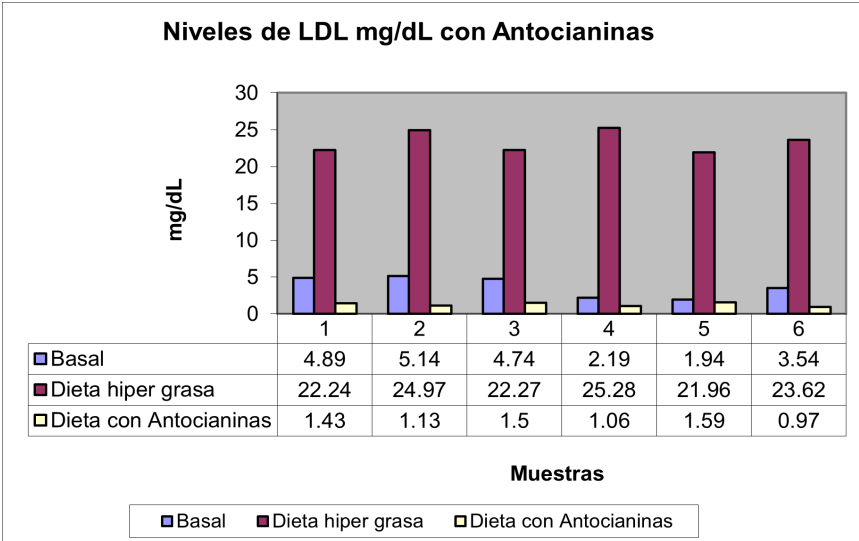


Figura 13. Niveles de LDL mg/dl con antocianinas.

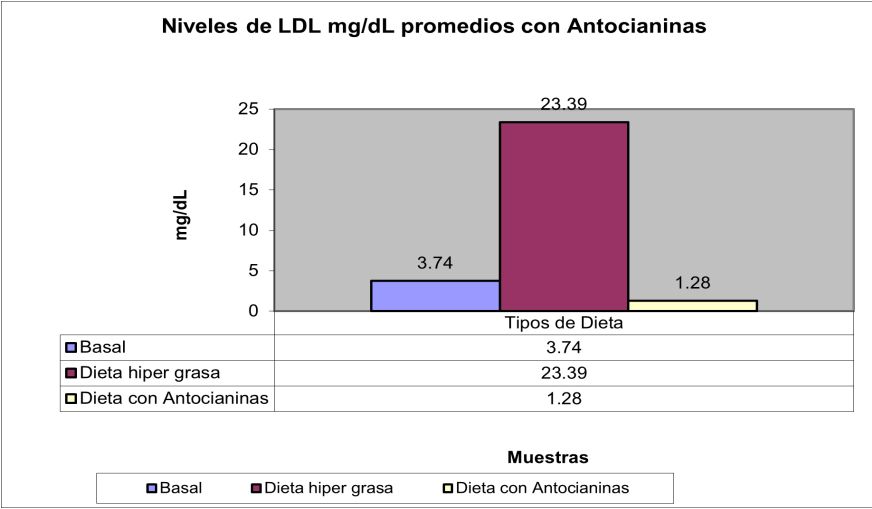


Figura 14. Niveles de LDL mg/dl promedios con antocianinas.

- De la Tabla 6 y 7

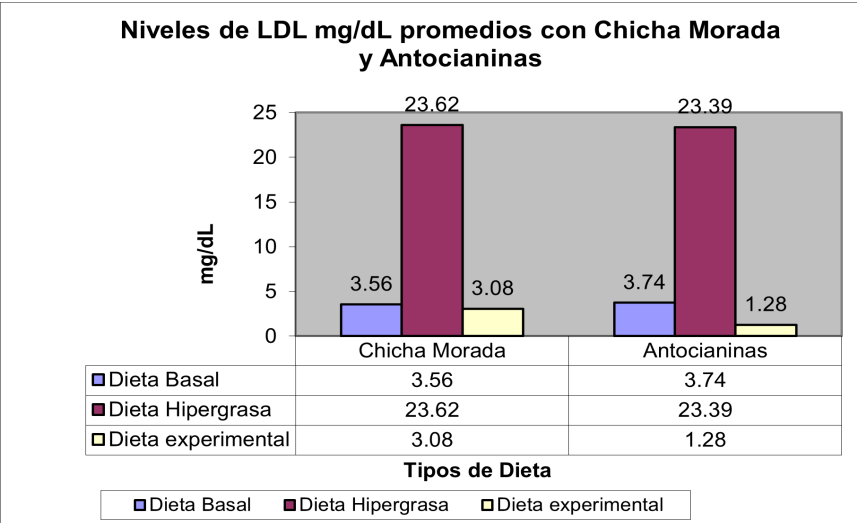


Figura 15. Niveles de LDL mg/dL promedios con Chicha Morada y Antocianinas.

4.8.2. Porcentajes de variación del perfil lipídico

Tabla 8. Porcentaje de variación de triglicéridos mg/dl en un período de 30 días.

	Día 15	Día 30	Reducción en mg/dL	% de reducción
	Dieta hipergrasa	Dieta experimental		
Chicha morada	180.80	48.17	132.63	73.4
Antocianina	180.60	26.36	154.24	85.41
Promedio			143.43	79.40

Tabla 9. Porcentaje de variación de colesterol mg/dl en un período de 30 días.

	Día 15	Día 30	Reducción en mg/dL	% de reducción
	Dieta hipergrasa	Dieta experimen- tal		
Chicha morada	96.66	35.35	61.31	63.39
Antocianina	96.43	29.22	67.21	69.69
Promedio			64.26	66.54

Tabla 10. *Porcentaje de variación de colesterol LDL mg/dl en un período de 30 días.*

	Día 15	Día 30	Reducción en mg/dL	% de reducción
	Dieta hipergrasa	Dieta experimental		
Chicha morada	23.62	3.08	20.54	86.96
Antocianina	23.39	1.28	22.11	94.52
Promedio			21.32	90.74

4.8.3. Contrastación de hipótesis

- Coeficientes de correlación para triglicéridos con chicha morada (ver Tabla 2)

Tabla 11. *A las dos semanas: dieta hipergrasa.*

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
1	44.88	181.90	8163.67	2014.21	33087.61
2	42.08	179.70	7561.78	1770.73	32292.09
3	45.18	182.60	8249.87	2041.23	33342.76
4	41.78	179.00	7478.62	1745.57	32041.00
5	44.78	182.00	8149.96	2005.25	33124.00
6	42.18	179.60	7575.53	1779.15	32256.16
Totales	260.88	1084.80	47179.42	11356.14	196143.62

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 12. Estadística descriptiva de la Tabla 11.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	43.48	Media	180.80
Desviación estándar	1.62	Desviación estándar	1.54
Varianza de la muestra	2.62	Varianza de la muestra	2.36
Coeficiente de correlación (X, Y)		0.993	

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

Tabla 13. A las cuatro semanas: dieta experimental.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
1	44.88	49.30	2212.58	2014.21	2430.49
2	42.08	47.04	1979.44	1770.73	2212.76
3	45.18	49.98	2258.10	2041.23	2498.00
4	41.78	46.36	1936.92	1745.57	2149.25
5	44.78	49.89	2234.07	2005.25	2489.01
6	42.18	46.45	1959.26	1779.15	2157.60
Totales	260.88	289.02	12580.38	11356.14	13937.12

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

Tabla 14. Estadística descriptiva de la tabla 13.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	43.48	Media	48.17
Desviación estándar	1.62	Desviación estándar	1.73
Varianza de la muestra	2.62	Varianza de la muestra	3.00
Coeficiente de correlación (X, Y)		0.984	

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

- Coeficientes de correlación para triglicéridos con antocianina (ver Tabla 3)

Tabla 15. Correlación de triglicéridos con antocianina: dieta hipergrasa a las dos semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
7	42.18	179.60	7575.53	1779.15	32256.16
8	44.83	182.15	8165.78	2009.73	33178.62
9	42.13	179.45	7560.23	1774.94	32202.30
10	45.14	182.40	8233.54	2037.62	33269.76
11	41.82	179.20	7494.14	1748.91	32112.64
12	43.48	180.80	7861.18	1890.51	32688.64
Totales	259.58	1083.60	46890.41	11240.86	195708.13

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 16. Estadística descriptiva de la Tabla 15.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	43.26	Media	180.60
Desviación estándar	1.45	Desviación estándar	1.41
Varianza de la muestra	2.11	Varianza de la muestra	1.99
Coeficiente de correlación (X, Y)		0.9997	

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 17. Correlación de triglicéridos con antocianina: dieta experimental a las cuatro semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
1	42.18	27.79	1172.18	1779.15	772.28
2	44.83	24.93	1117.61	2009.73	621.50
3	42.13	28.08	1183.01	1774.94	788.49
4	45.14	24.64	1112.25	2037.62	607.13
5	41.82	27.74	1160.09	1748.91	769.51
6	43.48	24.98	1086.13	1890.51	624.00
Totales	259.58	158.16	6831.27	11240.86	4182.91

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

Tabla 18. Estadística descriptiva de la Tabla 17.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	43.26	Media	26.36
Desviación estándar	1.45	Desviación estándar	1.66
Varianza de la muestra	2.11	Varianza de la muestra	2.76
Coeficiente de correlación (X, Y)		- 0.932	

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

- Coeficientes de correlación para colesterol con chicha morada (ver Tabla 4)

Tabla 19. Correlación de colesterol con chicha morada: dieta hipergrasa a las dos semanas.

n	X	Y	(X)(Y)	X ²	Y ²
1	38.01	97.76	3715.86	1444.76	9557.02
2	35.81	98.48	3526.57	1282.36	9698.31
3	38.71	95.56	3699.13	1498.46	9131.71
4	35.11	98.01	3441.13	1232.71	9605.96
5	38.11	94.86	3615.11	1452.37	8998.42
6	35.71	95.31	3403.52	1275.20	9084.00
Totales	221.46	579.98	21401.32	8185.87	56075.42

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa

Tabla 20. Estadística descriptiva de la Tabla 19.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	36.91	Media	96.66
Desviación estándar	1.53	Desviación estándar	1.59
Varianza de la muestra	2.36	Varianza de la muestra	2.52
Coeficiente de correlación (X, Y)		- 0.471	

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 21. Correlación de colesterol con chicha morada: dieta experimental a las cuatro semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
1	38.01	36.51	1387.75	1444.76	1332.98
2	35.81	34.25	1226.49	1282.36	1173.06
3	38.71	37.19	1439.62	1498.46	1383.10
4	35.11	33.57	1178.64	1232.71	1126.94
5	38.11	36.6	1394.83	1452.37	1339.56
6	35.71	34.16	1219.85	1275.20	1166.91
Totales	221.46	212.28	7847.18	8185.87	7522.55

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

Tabla 22. Estadística descriptiva de la Tabla 21.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	36.91	Media	35.35
Desviación estándar	1.53	Desviación estándar	1.55
Varianza de la muestra	2.36	Varianza de la muestra	2.41
Coeficiente de correlación (X, Y)		0.99996	

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

- Coeficientes de correlación para colesterol con antocianina (ver Tabla 5)

Tabla 23. Correlación de colesterol con antocianina: dieta hipergrasa a las dos semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
7	35.71	95.31	3403.52	1275.20	9084.00
8	38.26	97.86	3744.12	1463.83	9576.58
9	35.56	98.26	3494.13	1264.51	9655.03
10	38.51	95.46	3676.16	1483.02	9112.61
11	35.31	95.06	3356.57	1246.80	9036.40
12	36.91	96.66	3567.72	1362.35	9343.16
Totales	220.26	578.61	21242.22	8095.71	55807.77

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa

Tabla 24. Estadística descriptiva de la Tabla 23.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	36.71	Media	96.44
Desviación estándar	1.41	Desviación estándar	1.38
Varianza de la muestra	1.99	Varianza de la muestra	1.90
Coeficiente de correlación (X, Y)		0.149	

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 25. Correlación de colesterol con antocianina: dieta experimental a las cuatro semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
7	35.71	30.35	1083.80	1275.20	921.12
8	38.26	28.09	1074.72	1463.83	789.05
9	35.56	31.03	1103.43	1264.51	962.86
10	38.51	27.41	1055.56	1483.02	751.31
11	35.31	30.44	1074.84	1246.80	926.59
12	36.91	28.00	1033.48	1362.35	784.00
Totales	220.26	175.32	6425.82	8095.71	5134.93

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

Tabla 26. Estadística descriptiva de la Tabla 25.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	36.71	Media	29.22
Desviación estándar	1.41	Desviación estándar	1.55
Varianza de la muestra	1.99	Varianza de la muestra	2.42
Coeficiente de correlación (X, Y)		- 0.927	

Nota. X: basal; Y: dieta experimental

- Coeficientes de correlación para colesterol LDL con chicha morada (ver Tabla 6)

Tabla 27. Correlación de LDL para chicha morada: dieta hipergrasa a las dos semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
1	4.64	25.05	116.23	21.53	627.50
2	5.34	22.19	118.49	28.52	492.40
3	1.74	25.34	44.09	3.03	642.12
4	2.44	21.9	53.44	5.95	479.61
5	2.34	25	58.50	5.48	625.00
6	4.89	22.24	108.75	23.91	494.62
Totales	21.39	141.72	499.51	88.41	3361.24

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 28. Estadística descriptiva de la Tabla 27.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	3.57	Media	23.62
Desviación estándar	1.56	Desviación estándar	1.66
Varianza de la muestra	2.43	Varianza de la muestra	2.76
Coeficiente de correlación (X, Y)		- 0.442	

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa.

Tabla 29. Correlación de LDL para chicha morada: dieta experimental a las cuatro semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
1	4.64	4.21	19.53	21.53	17.72
2	5.34	1.95	10.41	28.52	3.80
3	1.74	4.89	8.51	3.03	23.91
4	2.44	1.27	3.10	5.95	1.61
5	2.34	4.3	10.06	5.48	18.49
6	4.89	1.86	9.10	23.91	3.46
Totales	21.39	18.48	60.71	88.41	69.00

Nota. X: basal; Y: dieta experimental

Tabla 30. Estadística descriptiva de la Tabla 29

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	3.57	Media	3.08
Desviación estándar	1.56	Desviación estándar	1.56
Varianza de la muestra	2.43	Varianza de la muestra	2.42
Coeficiente de correlación (X, Y)		- 0.426	

Nota. X: basal; Y: dieta experimental.

- Coeficientes de correlación para colesterol LDL con chicha morada (ver Tabla 7)

Tabla 31. Correlación de LDL para antocianina: dieta hipergrasa a las dos semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
7	4.89	22.24	108.75	23.91	494.62
8	5.14	24.97	128.35	26.42	623.50
9	4.74	22.27	105.56	22.47	495.95
10	2.19	25.28	55.36	4.80	639.08
11	1.94	21.96	42.60	3.76	482.24
12	3.54	23.62	83.61	12.53	557.90
Totales	22.44	140.34	524.24	93.89	3293.30

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa

Tabla 32. Estadística descriptiva de la Tabla 31.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	3.74	Media	23.39
Desviación estándar	1.41	Desviación estándar	1.47
Varianza de la muestra	1.99	Varianza de la muestra	2.15
Coeficiente de correlación (X, Y)		- 0.061	

Nota. X: basal; Y: dieta hipergrasa

Tabla 33. Correlación de LDL para antocianina: dieta experimental a las cuatro semanas.

n	X	Y	(X) (Y)	X ²	Y ²
7	4.89	1.43	6.99	23.91	2.04
8	5.14	1.13	5.81	26.42	1.28
9	4.74	1.5	7.11	22.47	2.25
10	2.19	1.06	2.32	4.80	1.12
11	1.94	1.59	3.08	3.76	2.53
12	3.54	0.97	3.43	12.53	0.94
Totales	22.44	7.68	28.75	93.89	10.16

Nota. X: basal; Y: dieta experimental

Tabla 34. Estadística descriptiva de la Tabla 33.

Columna 1 (X)		Columna 2 (Y)	
Media	3.74	Media	1.28
Desviación estándar	1.41	Desviación estándar	0.26
Varianza de la muestra	1.99	Varianza de la muestra	0.07
Coeficiente de correlación (X, Y)		0.015	

4.9. Análisis de resultados

De la Tabla 2

Los niveles de triglicéridos fueron reducidos cuando se realizó el consumo de extracto de maíz morado (chicha morada), al igual que cuando se consumen los pigmentos de antocianina extraídos del maíz morado.

Cuando las ratas ingirieron la dieta hipergrasa por dos semanas y, posteriormente, se les suplementó con el extracto de maíz al 20 % (chicha morada), también por dos semanas, los triglicéridos se redujeron en un promedio de 132.63 mg/dL. Lo que significa que se reducen en una proporción de 73.4 %.

Cuando las ratas ingirieron la dieta hipergrasa por dos semanas y, posteriormente, se les suplementó con las antocianinas extraídas del maíz al 5 %, también por dos semanas, los triglicéridos se redujeron en 154.24 mg/dL. Lo que significa que se reducen en una proporción de 85.41 %.

Por consiguiente, las antocianinas realizan una reducción del 85.41 % en proporción mayor que cuando se ingiere chicha morada, pues en ese segundo caso solo se registra un 73.4 %; de todas formas, vienen a ser valores aún más bajos que los niveles iniciales de triglicéridos sanguíneos obtenidos antes de la aplicación del diseño experimental.

Considerando que tanto el extracto de maíz morado al 20 % (chicha morada) como el consumo de las antocianinas al 5 % vienen a significar el consumo de los pigmentos extraídos del maíz morado, se puede afirmar que en conjunto redujeron en 79.4 % los niveles de triglicéridos sanguíneos.

De la Tabla 3

Los niveles de colesterol total sanguíneo son reducidos cuando se realizó el consumo de extracto de maíz morado al 20 % (chicha morada) al igual que cuando se consumen los pigmentos de antocianinas extraídos del maíz morado en proporción del 5 %.

Cuando las ratas ingirieron la dieta hipergrasa por dos semanas y, posteriormente, se les suplementó con el extracto de maíz al 20 % (chicha morada), también por dos semanas, el colesterol total sanguíneo se redujo en un promedio de 61.31 mg/dL. Lo que significa que se reducen en una proporción de 63.39 %.

Cuando las ratas ingirieron la dieta hipergrasa por dos semanas y, posteriormente, se les suplementó con las antocianinas extraídas del maíz al 5 %, también por dos semanas, el colesterol se redujo en 67.21 mg/dL. Lo que significa que se reducen en una proporción de 69.69 %.

Por consiguiente, las antocianinas realizan una reducción del 69.69 % en proporción mayor que cuando se ingiere chicha morada que lo reduce en un 63.39 %, de todas formas, vienen a ser valores aún más bajos que los niveles iniciales de colesterol total sanguíneo obtenidos antes de la aplicación del diseño experimental.

Teniendo en cuenta que tanto el extracto de maíz morado al 20 % (chicha morada) como el consumo de las antocianinas al 5 % vienen a significar el consumo de los pigmentos extraídos del maíz morado, se puede afirmar que en conjunto redujeron 64.26 mg/dL, lo que viene a significar una disminución de 66.54 % de los niveles de colesterol sanguíneo totales.

De la Tabla 4

Los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) son reducidos cuando se realizó el consumo de extracto de maíz morado al 20 % (chicha morada) al igual que cuando se consumieron los pigmentos con antocianinas al 5 % extraídos del maíz morado.

Cuando las ratas ingirieron la dieta hipergrasa por dos semanas y, posteriormente, se les suplementó con el extracto de maíz al 20 % (chicha morada), también por dos semanas, el colesterol LDL sanguíneo (colesterol malo) se redujo en un promedio de 20.54 mg/dL. Lo que significa que se reducen en una proporción de 86.96 %.

Cuando las ratas ingirieron la dieta hipergrasa por dos semanas y, posteriormente, se les suplementó con las antocianinas extraídas del maíz al 5 %, también por dos semanas, el colesterol LDL (colesterol malo) se redujo en 22.11 mg/dL. Lo que significa que se reducen en una proporción de 94.52 %.

Por consiguiente, las antocianinas realizan una reducción del 94.52 % en proporción mayor que cuando se ingiere chicha morada que lo reduce en un 86.96 %, de todas formas, vienen a ser valores aún más bajos que los niveles iniciales de colesterol LDL sanguíneo (colesterol malo) obtenidos antes de la aplicación del diseño experimental.

Considerando que tanto el extracto de maíz morado al 20 % (chicha morada) como el consumo de las antocianinas al 5 % representan el consumo de los pigmentos extraídos del maíz morado, se puede afirmar que en conjunto reducen en 21.32 mg/dL, lo que viene a significar la disminución de un 90.74 % de los niveles de colesterol sanguíneo LDL (colesterol malo).

Comentarios de los datos recolectados

Los triglicéridos sanguíneos se reducen notablemente (79.40 %) cuando se realiza la ingestión de una dieta suplementada con extractos de los pigmentos que se encuentran en el maíz morado, conocidos como antocianinas, ya sea ingiriéndolos como componentes de la dieta en una proporción al 5 % o bebiéndola en una proporción al 20 % (como chicha morada). Considerando que los niveles de triglicéridos fueron inducidos a una elevación mediante la ingestión de una dieta excesiva en grasas (dieta hipergrasa), al incluirse en la dieta los pigmentos del maíz morado o antocianinas los niveles de triglicéridos mejoraron, es decir, bajaron. Si se tiene en cuenta que una elevación de los triglicéridos sanguíneos causa perjuicios en la salud de los individuos, se debe de considerar que el consumo de los pigmentos en cualquiera de sus formas (como pigmento o como extracto) ayudan en la reducción de sus valores sanguíneos y, por consiguiente, mejoran la salud con respecto a las concentraciones de lípidos.

Con respecto al colesterol total sanguíneo, este es un componente de los lípidos corporales que cuando se elevan sus concentraciones sanguíneas trae problemas cardiovasculares y cerebro vasculares que conllevan un riesgo para la salud de los individuos y su integridad; por lo tanto, el hecho de haber inducido de forma experimental a una elevación del colesterol sanguíneo (hipercolesterolemia) en las ratas albinas durante dos semanas, para luego aplicarles un tratamiento con las antocianinas (los pigmentos del maíz morado) por dos semanas también, permitió comprobar una reducción bastante apreciable (66.54 %) de sus concentraciones sanguíneas. Entonces, se considera que si una persona presenta elevado colesterol total y se somete a un tratamiento en el cual consume como suplemento dietético las antocianinas (sea como pigmento o como extracto, es decir, la chicha morada), podrá lograr una reducción y un mejoramiento de su colesterolemia. Es importante destacar que consumiendo tanto el pigmento como la chicha morada se logran reducciones en proporciones similares en las concentraciones de colesterol, lo cual significa que en esencia son los pigmentos extraídos (que contienen antocianinas) los que logran di-

chas disminuciones. Si se tiene en cuenta que cuando el colesterol se encuentra elevado, se puede generar una aterosclerosis (endurecimiento de las arterias y una posterior obstrucción arterial) que por lo general es de carácter irreversible; entonces, es muy importante consumir las antocianinas del maíz morado, pues estas logran una disminución evitando que se agrave la enfermedad en caso que ya exista o previenen que se generen las alteraciones referidas.

Los lípidos o grasas son compuestos no solubles en agua y para ser transportados en la sangre se forman unos compuestos denominados lipoproteínas que permiten transportarlos por la circulación general; estas lipoproteínas pueden ser de diversos tipos según su densidad, una de ellas son las lipoproteínas de baja densidad (conocidas como LDL) que se caracterizan por presentar en su composición una alta concentración de colesterol que se va quedando en la circulación y en las arterias. Cuando sus concentraciones son elevadas traen problemas de endurecimiento de las arterias y problemas cardiovasculares y cerebrovasculares; razón por la cual también se le conoce como “colesterol malo”. En el diseño experimental, al proporcionarles a las ratas albinas la dieta hipergrasa durante dos semanas se logró una elevación de estas lipoproteínas LDL (colesterol malo), para luego someterlos al tratamiento con las antocianinas, lográndose una reducción del 90.74 %, lo cual se considera que es un valor sorprendente en lo referente a una disminución del colesterol malo, pues este es sumamente perjudicial para el organismo. Como resultado del estudio realizado, se puede afirmar que el consumo de las antocianinas del maíz morado disminuye los niveles de las lipoproteínas de baja densidad LDL, por ende, estas podrían servir para la prevención de los problemas circulatorios ocasionados por las elevaciones de las fracciones de estos lípidos sanguíneos.

Además, los resultados obtenidos se pueden proyectar hacia las personas en razón que el metabolismo de los lípidos en las ratas albinas responde de manera similar a como sucede en los seres humanos, de allí que los trabajos experimentales de este tipo se suelen realizar con estos animales de laboratorio.

CAPÍTULO V

REFLEXIONES PERTINENTES SOBRE LA EFECTIVIDAD DE LAS ANTOCIANINAS DEL MAÍZ MORADO EN LA SALUD DE LOS SERES HUMANOS

Esta investigación de carácter experimental presenta un diseño metodológico en el cual se induce a un organismo animal, la rata albina, a una situación de enfermedad (elevación de sus valores de lípidos sanguíneos), mediante la aplicación de una dieta conformada por alimentos que comúnmente consumen las personas (yema de huevo, pizza, hígado y grasa de pollo). Luego de comprobarse tal efecto se las sometió a una terapia con pigmentos de maíz morado, disminuyendo y mejorando sus niveles lipídicos, es decir, se restauró su estado de salud inicial.

De esta forma, también se revaloran los productos autóctonos peruanos, puesto que, al verificarse sus propiedades medicinales que ya eran conocidas de forma empírica, mediante una investigación con rigurosidad científica, el maíz morado adquiere una valoración que debe darse a conocer a la comunidad académica. En ese sentido, se determina que el consumo de antocianinas a partir del extracto de maíz morado en una proporción del 20 % reduce los niveles de triglicéridos desde 180.8 mg/dL hasta 48.17 mg/dL, o sea, en un 73.4 %.

Asimismo, el consumo de antocianinas mediante el extracto de maíz morado en una proporción del 20 % reduce los niveles de colesterol desde 96.66 mg/dL hasta 35.35 mg/dL, lo cual significa una disminución promedio de 63.39 %. Además, vuelve menor los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) desde 23.62 mg/dL hasta 3.08 mg/dL, representando una disminución del 86.96 %.

Por otro lado, el consumo de antocianinas a partir de los pigmentos extraídos del maíz morado, integrados a la dieta en una proporción del 5 %, reduce los niveles de triglicéridos desde 180.6 mg/dL hasta 26.36 mg/dL, con una disminución total de 85.41 %. También reduce los niveles de colesterol desde 96.43 mg/dL hasta 29.22 mg/dL, lo cual significa una disminución general de 69.69 %; además, disminuye los niveles de colesterol LDL (colesterol malo) desde 23.39 mg/dL hasta 1.28 mg/dL, en un total de 94.52 %.

Por consiguiente, resulta recomendable consumir extractos de pigmentos de maíz morado, conocido comúnmente como chicha morada, en una proporción de por lo menos 20 %, a fin de que el nivel de lípidos sanguíneos sea controlado durante una hiperlipidemia, por lo que debería incorporarse dicho extracto de maíz morado (chicha morada) en las dietas de las personas o pacientes que tienen problemas de colesterol sanguíneo elevado, puesto que las antocianinas que se encuentran presentes en los pigmentos del maíz morado pueden regular o controlar el colesterol sanguíneo.

Por ello, si se desea reducir los triglicéridos sanguíneos, entonces, sería propicio utilizar en la dieta diaria los pigmentos extraídos del maíz morado, pues son ricos en antocianinas. Entre las opciones que ayudarían a propiciar su consumo se encuentra la preparación de insumos desecados o aditivos alimenticios que sean hechos en base a los mencionados pigmentos del maíz morado porque, como se mencionó, pueden controlar los niveles del colesterol LDL o lipoproteínas de baja densidad conocidas como colesterol malo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Aal E-S. & Hucl P. (1999). A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*, 76, 350-354. <https://bit.ly/2TlrlJg>
- Abdel-Aal, E. & Hucl, P. (2003). Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2174-2180. <https://bit.ly/2JohGG2>
- Abdel-Aal, E., Abou-Arab, A., Gamel, T., Hucl, P., Young, J. C., & Rabalski, I. (2008). Fractionation of blue wheat anthocyanin compounds and their contribution to antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23), 11171-11177. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19007238/>
- Abdel-Aal, E., Young, J. C. & Rabalski, I. (2006). Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(13), 4696-4704. <https://bit.ly/2Geo5SP>
- Aguilera, M., Reza, M., Chew, R., y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 13, 16-22. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/81>

- Ali, A., Kazi, A. M., Cortese, M., Fleming, J., Moon, S., Parashar, U., & Zaidi, A. (2015). Correction: impact of withholding breastfeeding at the time of vaccination on the immunogenicity of oral rotavirus vaccine—a randomized trial. *PloS One*, 10(12). <https://bit.ly/366yk-Sn>
- Arroyo, J., Raez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., De la Cruz, W., y Valencia, J. (2007). Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays L.*) en ratas hipercolesterolémicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(2), 157-162. <https://bit.ly/3jLDR5e>
- Atmani, D., Begontilde, M., Ruiz-Sanz, J. I., Bakkali, F., & Atmani, D. (2011). Antioxidant potential, cytotoxic activity and phenolic content of *Clematis flammula* leaf extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(4), 589-598. <https://bit.ly/3jGnebb>
- Awika, J., Rooney, L. & Waniska, R. (2004). Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 90, 293-301. <https://bit.ly/2Jq8sJl>
- Badui, D. S. (2006). *Química de los Alimentos*. Editorial Pearson Educación.
- Bezar, H. J. (1982). Konini, speciality bread wheat. *New Zealand Wheat Review*, 15, 62-63. <https://bit.ly/3mDeBQG>
- Bhornchai, H., Bhalang, S., Ratchada, T., Scott, M., & Kamol, L. (2014). Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. *Food Chemistry*, 164, 510–517. <https://bit.ly/3kLY24B>
- Bierman, E. (1984). *Cecil tratado de medicina interna*. Pueblo y Educación.

- Brotanek, J. M., Gosz, J., Weitzman, M., & Flores, G. (2007). Iron deficiency in early childhood in the United States: risk factors and racial/ethnic disparities. *Pediatrics*, 120(3), 568-575. <https://bit.ly/35MrH-nU>
- Brouillard, R. (1982). Chemical Structure of Anthocyanins. En *Anthocyanins as Food Colors*, 1-38. Academic Press.
- Castañeda, A., Galán, C., Pacheco, M., Rodríguez, J., y Páez, M. (2009). Evaluación del contenido de metales y su efecto en la estabilidad de antocianinas. *CyTA-Journal of Food*, 7(3), 225-232. <https://bit.ly/3edRSHP>
- Celi, P., Di Trana, A. & Claps, S. (2010). Effects of plane of nutrition on oxidative stress in goats during the peripartum period. *The Veterinary Journal*, 184(1), 95-99. <https://bit.ly/2Jol6IS>
- Contreras, J. (2002). La obesidad: una perspectiva sociocultural. *Form Contin Nutr Obes*, 5(6), 275-86. <https://bit.ly/3kPRNN6>
- Da Costa, C., Horton, D. & Margolis, S. (2000). Analysis of anthocyanins in foods by liquid chromatography, liquid chromatography-mass spectrometry and capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 881(1-2), 403-410. <https://bit.ly/3oLHOe0>
- De Fronzo, R. y Ferrannini, E. (1991). Insulin resistance: a multifaceted syndrome responsible for niddm, obesity, hypertension, dyslipidemia, and atherosclerotic cardiovascular disease. *Diabetes Care*, 14(3), 173-94. <https://bit.ly/3jIU6b>
- De Pascual, S. & Sánchez, M. (2008). Anthocyanins: from plant to health. *Phytochemistry reviews*, 7(2), 281-299. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-007-9074-0>

- De Pascual, S. y Sánchez, R. (2008). Anthocyanin's: from plant to health. *Phytochem*, 7, 281-299. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-007-9074-0>
- Dueñas, M., González-Manzano, S., Surco-Laos, F., González-Paramas, A., & Santos-Buelga, C. (2012). Characterization of sulfated quercetin and epicatechin metabolites. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(14), 3592-3598. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf2050203>
- Escribano, M., Beulga, C. & Rivas, J. (2004). Anthocyanins in Cereals. *Journal Chromatography*, 1054, 129-141. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002196730401564X>
- Ezzati, M., Lopez, A. D., Rodgers, A. A., & Murray, C. J. (2004). *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. World Health Organization.
- Felgines, C., Talavéra, S., Gonthier, M. P., Texier, O., Scalbert, A., Lamaison, J. L., & Rémésy, C. (2003). Strawberry anthocyanins are recovered in urine as glucuro- and sulfoconjugates in humans. *The Journal of nutrition*, 133(5), 1296-1301. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1296>
- Fennema, O. (1993). *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia,
- Fernandes, I., Marques, F., de Freitas, V., & Mateus, N. (2013). Antioxidant and antiproliferative properties of methylated metabolites of anthocyanins. *Food Chemistry*, 141(3), 2923-2933. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.033
- Fernández, A. J., Bergoglio, M. T., Izquierdo, E. S., & Mijares, A. H. (2012). Tratamiento de las hiperlipidemias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 11(19), 1145-1152. DOI: 10.1016/S0304-5412(12)70441-9

- Fukamachi, K., Imada, T., Ohshima, Y., Xu, J., & Tsuda, H. (2008). Purple corn color suppresses Ras protein level and inhibits 7, 12-dimethylbenz [a] anthracene-induced mammary carcinogenesis in the rat. *Cancer science*, 99(9), 1841-1846. DOI: 10.1111/j.1349-7006.2008.00895.x
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biológica colombiana*, 13(3), 27-36. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>
- Ghiselli, A., Nardini, M., Baldi, A., & Scaccini, C. (1998). Antioxidant activity of different phenolic fractions separated from an Italian red wine. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 361-367. <http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/J.agri.food%20chem/1998/no.2p361-598/1998v46no2p361-367.pdf>
- Gilarte, Y. (2018). Sobre las asociaciones entre los lípidos séricos y el riesgo cardiovascular. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 28(1), 27. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=85599>
- Hagiwara, A., Yoshino, H., Ichiharam, T., Kawabe, M., Tamanos, S., & Aoki, H. (2002). Prevention by natural food anthocyanins, purple sweet potato color and red cabbage color, of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-B] pyridine (phip)-associated colorectal carcinogenesis in rats. *Journal of Toxicology Science*, 27, 57-68. DOI: 10.2131/jts.27.57
- Han, K. H., Sekikawa, M., Shimada, K. I., Hashimoto, M., Hashimoto, N., Noda, T., & Fukushima, M. (2006). Anthocyanin-rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. *British Journal of Nutrition*, 96(6), 1125-1134. DOI: <https://doi.org/10.1017/BJN20061928>

- Harbone, J. B. (1993). *The Flavonoids: advances in research since 1986*. Chapman and Hall.
- Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A., & Dębski, H. (2008). Anthocyanins of fruits and vegetables-their occurrence, analysis and role in human nutrition. *Vegetable crops research bulletin*, 68(1), 5-22. DOI: 10.2478/v10032-008-0001-8
- Hosoda, K., Miyaji, M., Matsuyama, H., Haga, S., Ishizaki, H., & Nonaka, K. (2012). Effect of supplementation of purple pigment from anthocyanin-rich corn (*Zea mays* L.) on blood antioxidant activity and oxidation resistance in sheep. *Livestock Science*, 145(1-3), 266-270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.12.001>
- Hubert, H. B., Feinleib, M., McNamara, P. M., & Castelli, W. P. (1983). Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. *Circulation*, 67(5), 968-977. DOI: 10.1161/01.cir.67.5.968
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Encuesta Nacional de Demografía y Salud*. <https://proyectos.inei.gob.pe/endes/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). *Condiciones de riesgo cardiovasculares. Perú: situación de salud de la población adulta mayor*. Gobierno del Perú.
- Izquierdo, E. S., Bergoglio, M. T., Fernández, A. J., & Mijares, A. H. (2012). Hiperlipidemias secundarias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 11(19), 1137-1144. DOI: 10.1016/S0304-5412(12)70440-7
- Jacob, R. A. (1995). The integrated antioxidant system. *Nutrition research*, 15(5), 755-766. DOI: <https://doi.org/10.1016/0271->

5317(95)00041-G

- Jing, P. U. & Giusti, M. M. (2007). Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) color extract. *Journal of food science*, 72(7), C363-C368. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00441.x
- Jing, P., Bomser, J. A., Schwartz, S. J., He, J., Magnuson, B. A., & Giusti, M. M. (2008). Structure–function relationships of anthocyanins from various anthocyanin-rich extracts on the inhibition of colon cancer cell growth. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(20), 9391-9398. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf8005917>
- Joseph, J. A., Shukitt-Hale, B., Denisova, N. A., Bielinski, D. B., Martin, A., & McEwen. (1999). Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive and motor behavioral deficits with blueberry, spinach or strawberry dietary supplementation. *Journal of Neuroscience*, 19, 8114-21. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.19-18-08114.1999.
- Kamei, H., Hashimoto, Y., Koide, T., Kojima, T. & Hasegawa, M. (1998). Effect of metanol extracts from red and white wines. *Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals*, 13(6),447-52.
- Kay, C. D., Mazza, G. & Holub, B. J. (2005). Anthocyanins exist in the circulation primarily as metabolites in adult men. *The Journal of nutrition*, 135(11), 2582-2588. DOI: 10.1093/jn/135.11.2582
- Kay, C., Mazza, G., Holub, B., & Wang, J. (2004). Anthocyanin metabolites in human urine and serum. *British Journal of Nutrition*, 91, 933–942. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN20041126>
- Kim, H. S., Joo, H. M. & Yoo, H. S. (2009). Structural identification and antioxidant properties of major anthocyanins extracted from omija

- (Schizandra chinensis) fruit. *Journal of Food Science*, 74(2), 134-140. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01049.x
- Koide, T., Kamei, H., Hashimoto, Y., Kojima, T., & Hasegawa, M. (1997). Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from red soybeans and red beans in vitro and in vivo. *Cancer Biotherapy Radiopharmaceuticals*, 12(4), 277-280. DOI: 10.1089/cbr.1997.12.277
- Konczak, I. & Zhang, W. (2004). Anthocyanins—more than nature's colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004(5), 239. DOI: 10.1155/S1110724304407013
- Košir, I. & Kidrič, J. (2002). Use of modern nuclear magnetic resonance spectroscopy in wine analysis: determination of minor compounds. *Analytica Chimica Acta*, 458(1), 77-84. DOI: 10.1016/S0003-2670(01)01549-5
- Loaiza, S. y Atalah, E. (2006). Factores de riesgo de obesidad en escolares de primer año básico de Punta Arenas. *Revista chilena de pediatría*, 77(1), 20-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062006000100003>
- Mamani, R., Mamani, P., Manchego, L., Moreno, O. y Paz, A. (2013). Curva dosis-efecto de las antocianinas de tres extractos de Zea mays L. (maíz morado) en la vasodilatación de anillos aórticos de rata. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(4), 714-728. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342013000400034
- Martín, S. V., Pastor, S. G., Triguero, M. M., & Mijares, A. H. (2012). Hiperlipidemias primarias. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 11(19), 1130-1136. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4050212>

- Migliaccio, S., Greco, E. A., Fornari, R., Donini, L. M., Di Luigi, L., & Lenzi, A. (2013). Skeletal alterations in women affected by obesity. *Aging Clinical and Experimental Research*, 25(1), 35-37. DOI: 10.1007/s40520-013-0090-1
- Miyazawa, T., Nakagawa, K., Kudo, M., Muraishi, K., & Someya, K. (1999). Direct intestinal absorption of red fruit anthocyanins, cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3, 5-diglucoside, into rats and humans. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(3), 1083-1091. DOI: 10.1021/jf9809582
- Obregón, A. y Valenzuela, A. (2009). Ácido linoleico conjugado (ALC), metabolismo de lípidos y enfermedad cardiovascular. *Revista chilena de nutrición*, 36(3), 258-268. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182009000300008>
- Ohgami, K., Ilieva, I., Shiratori, K., Koyama, Y., Jin, X. H., Yoshida, K., Kase, S., Kitaichi, N., Suzuki, Y., Tanaka, T., & Ohno, S. (2005). Anti-inflammatory effects of aronia extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46(1), 275-281. DOI: 10.1167/iovs.04-0715
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe 2016*. www.fao.org/americas/publicaciones-audio-video/panorama/2016/es/
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Nota descriptiva N.º 311*. OMS. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.
- Orozco-Beltrán, D., Brotons, C., Moral, I., Soriano, N., Del Valle, M. A., Rodríguez, A. I., & Pastor, A. (2008). Determinantes del control de la presión arterial y los lípidos en pacientes con enfermedad cardiovascular (estudio PREseAP). *Revista española de cardiología*, 61(3), 317-

321. <https://www.revespcardiol.org/es-determinantes-del-control-presionarterial-articulo-13116661>
- Ortiz, K. (2013). *Elaboración de un sorbete a base de harina de maíz morado (Zea mays L) mezclado con bacterias lácteas naturales*. <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TE-SIS/04/AGI/0001740-ADTESOE.pdf>
- Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]*. <https://es.scribd.com/document/186380674/TE-SIS-CAPACIDAD-ANTIOXIDANTE>.
- Passamonti, S., Vrhovsek, U., Vanzo, A., & Mattivi, F. (2003). The stomach as a site for anthocyanins absorption from food. *FEBS letters*, 544(1-3), 210-213. DOI: 10.1016/s0014-5793(03)00504-0
- Peckert, R. C. & Small, C. J. (1980). Occurrence, Location and Development of Anthocyanoplasts. *Phytochemistry*, 19, 2571- 2576. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)83921-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)83921-7)
- Pedreschi, R. & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antimutagenic and antioxidant properties of phenolic fractions from Andean purple corn (Zea mays L.). *J Agric. Food Chemical*, 54: 4557-4567. DOI: 10.1021/jf0531050
- Perossini, M., Guidi, G., Chiellini, S., & Siravo, D. (1987). Studio clinic sull'impegno degli antocianisidi del mirtillo (Tegens) nel trattamento delle microangiopathi retiniche di tipo diabético ed ipertensivo, *Ottal clinical ocular*, 113, 1173-90.
- Saenz, R., Fernández, P. & Tena, M. (2003). Development and validation

- of a capillary zone electrophoresis method for the quantitative determination of anthocyanins in wine. *Journal of Chromatography A*, 990(1-2), 247-258. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002196730202006X>
- Salinas, Y., García, C., Coutiño, B., y Vidal, V. (2013). Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista fitotecnica mexicana*, 36, 285-294. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3-S3-A.285>
- Salinas, M. Y., Soria, R. J. y Espinosa T. E. (2010). *Aprovechamiento y Distribución de Maíz Azul en el Estado de México*. www.sagarpa.gob.mx.
- Savva, S. C., Kourides, Y., Tornaritis, M., Epiphaniou-Savva, M., Chadjigeorgiou, C., & Kafatos, A. (2002). Obesity in children and adolescents in Cyprus. Prevalence and predisposing factors. *International journal of obesity*, 26(8), 1036-1045. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0802042>
- Shipp, J. & Abdel-Aal, S. M. (2010). Food Applications and Physiological Effects of Anthocyanins as Functional Food Ingredients. *The Open Food Science Journal*, 4, 7-22. DOI: 10.2174/1874256401004010007
- Shukitt-Hale, B., Galli, R. L., Meterko, V., Carey, A., Bielinski, D. F., & McGhie, T. (2005). Dietary supplementation with fruit polyphenolics ameliorates age-related deficits in behavior and neuronal markers of inflammation and stress. *Age the Journal of American Aging Association*, 27(1), 49-57. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11357-005-4004-9>
- St Leger, A. S., Cochrane, A. L. & Moore, F. (1979). Factors associated with cardiac mortality in developed countries with particular reference to the consumption of wine. *The Lancet*, 313(8124), 1017-1020. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(79\)92765-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(79)92765-X)

- Stamler, J. (2010). Coronary risk factors. Cardiovascular risk factors. *Ann Intern J*, 1(1), 10-9.
- Stamler, R., Stamler, J., Riedlinger, W. F., Algera, G., & Roberts, R. H. (1978). Weight and blood pressure: findings in hypertension screening of 1 million Americans. *Jama*, 240(15), 1607-1610. <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/361520>
- Strack, D. & Wray, V. (1989). Anthocyanins. In H. B. Harbone (Ed.), *Methods in Plant Biochemistry* (pp. 325-356). Academic Press.
- Talavera, S., Felgines, C., Texier, O., Besson, C., Lamaison, J. L., & Rémésy, C. (2003). Anthocyanins are efficiently absorbed from the stomach in anesthetized rats. *The Journal of nutrition*, 133(12), 4178-4182. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/133.12.4178>
- Talavera, S., Felgines, C., Texier, O., Besson, C., Manach, C., Lamaison, J. L., & Rémésy, C. (2004). Anthocyanins are efficiently absorbed from the small intestine in rats. *The Journal of nutrition*, 134(9), 2275-2279. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/134.9.2275>
- Tristan, F., Kraft, B., Schmidt, B. M., Yousef, G. G., Knigh, C. T. G., Cuendet, M., Kang, Y., Pezzuto, J., Seigler, D. & Lila, M. (2005). Chemopreventive potential of wild lowbush blueberry fruits in multiple stages of carcinogenesis. *Journal of Food Science*, 70(3), S159-S166. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07151.x>
- Vourela, S., Kreander, K., Karonen, M., Nieminen, R., Hamalainen, M., Galkin, A., Laitinen, L., Salminen, J., Moilanen, E., Pihlaja, K., Vuorela, H., Vuorela, P., & Heinonen, M. (2005). Preclinical evaluation of rapessed, raspberry and pine bark phenolics for health-related effects. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 53(15), 5922-5931. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf050554r>

- Wang, J. & Mazza, G. (2002). Inhibitory effects of anthocyanins and other phenolic compounds on nitric oxide production in LPS/IFN- γ -activated RAW 264.7 macrophages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 850-857. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf010976a>
- Wang, S. Y. & Jiao, H. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals and singlet oxygen. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 48(11), 5677-5684. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf000766i>
- Wang, S. Y. & Lin, H. S. (2000). Antioxidant activity in fruit and leaves of blackberry, raspberry and strawberry is affected by cultivar and maturity. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 140-146. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf9908345>
- Wong, D. (1995). *Química de los Alimentos: mecanismos y teoría*. Editorial Acribia, S. A.
- World Cancer Research Fund, & American Institute for Cancer Research. (2007). *Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective* (Vol. 1). Amer Inst for Cancer Research.
- World Health Organization. (2009). *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. WHO.
- Wu, X., Cao, G. & Prior, R. L. (2002). Absorption and metabolism of anthocyanins in elderly women after consumption of elderberry or blueberry. *The Journal of nutrition*, 132(7), 1865-1871. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/132.7.1865>
- Zhang, Y., Jayaprakasam, B., Seeram, N. P., Olson, L. K., DeWitt, D., & Nair, M. G. (2004). Insulin secretion and cyclooxygenase enzyme inhibition by cabernet sauvignon grape skin compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 228-233. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf034616u>



EDITORIAL
NAVEGANTE