



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



Fuentes naturales de origen vegetal para la obtención de antocianinas

Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Martín Sebastián Villacís Rodríguez
Tutor: Ing. Orestes Darío López Hernández, PhD.

Ambato-Ecuador

Marzo 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Orestes Darío López Hernández, PhD.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 02 de Febrero del 2021

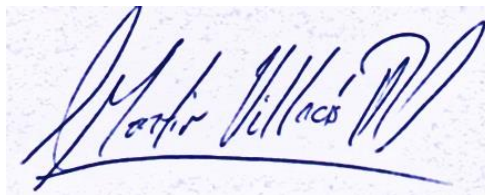
Ing. Orestes Darío López Hernández, PhD.

C.I. 1754784864

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Martín Sebastián Villacís Rodríguez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

A handwritten signature in blue ink, reading "Martín Villacís R", with a large, stylized flourish at the end.

Martín Sebastián Villacís Rodríguez
C.I. 1720625639
AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Docentes calificadoros, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

.....

Presidente del Tribunal

.....

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

C.I. 0501873954

.....

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

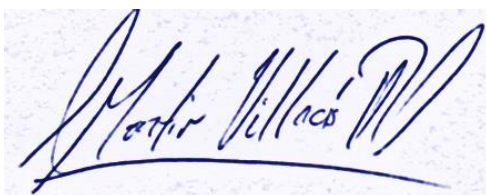
C.I. 1802738102

Ambato, 25 de febrero de 2021

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

A handwritten signature in blue ink, reading "Martín Villacís Rodríguez". The signature is written in a cursive style with a long horizontal flourish at the bottom.

Martín Sebastián Villacís Rodríguez
C.I. 1720625639
AUTOR

DEDICATORIA

*"Tus creencias se convierten en tus pensamientos, tus pensamientos se convierten en tus palabras,
tus palabras se convierten en tus acciones, tus acciones se convierten en tus hábitos, tus hábitos
se convierten en tus valores, tus valores se convierten en tu destino"*

Mahatma Gandhi

*A mis padres Luis y Catalina por darme la vida
Por su amor y su apoyo incondicional por cada uno de sus
sacrificios durante todos estos años, gracias
a ustedes he logrado llegar hasta aquí
Los amo
A mi abuelito Raúl por ser mi mejor amigo, la persona que ha estado a mi lado con sus
consejos y me ha enseñado a ser quién soy
Mi hermana Pamela ha sido un pilar, apoyo y quién con una sonrisa me enseñó a que
una hermana puede ser una segunda madre.
Mi Belencita, luz en mi vida con altos y bajos me ha demostrado que el amor va más
allá del tiempo, "un amor de otro mundo".*

Martín

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la vida y a mi madre Lolita gracias por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi formación personal y profesional. Por darme fuerza y sabiduría para superar cada obstáculo y por protegerme día a día.

A mis padres Luis y Catalina por su apoyo incondicional por ser un ejemplo de fuerza, coraje y lucha constante. Por cada uno de los sacrificios que han hecho por brindarme lo mejor y lo más importante por todo el amor cada día.

A mi Abuelito Raúl la mejor compañía desde el primer día en la universidad, gracias por todo su amor y la sabiduría con que supo brindarme consejos, sin usted nada de esto fuera posible. A mi ángel mi Abuelita Hipatia, que todos los días me brinda su bendición y me permite dar lo mejor cada día.

A mi hermana Pamela mi mejor amiga, mi mamá dos, mi Ñadre por cada palabra, vivencia, acolite, capricho, representas gran parte de mi vida TE ADORO.

A mi vida, Belén Escobar no hay palabras de agradecimiento que puedan llenar todo lo que representa, pero sí por enseñarme que el amor infinito existe y que no es el tiempo sino que es la persona correcta en el momento indicado, los tiempos malos se superan, gracias por un amor verdadero e incondicional. Le amo Belencita mi amor.

A mi panita Alexis Balladares que de chiste en chiste se convirtió en otro hermano, gracias por tu tiempo y momentos compartidos.

Agradezco de manera sincera al PhD. Orestes López por brindarme su apoyo, confianza y paciencia en la realización de este proyecto de investigación bajo su dirección.

RESUMEN

Actualmente existe un gran interés de la industria alimentaria por ofrecer al consumidor productos con valor agregado, las antocianinas son pigmentos vegetales que poseen potenciales beneficios terapéuticos para la salud y en la industria como colorante natural en la formulación de alimentos y bebidas. El objetivo de esta investigación fue el desarrollo de una revisión bibliográfica mediante evidencia científica sobre las fuentes naturales de origen vegetal para la obtención de antocianinas, las variables evaluadas fueron temperatura, tiempo y contenido de antocianinas, se abordó el proceso de extracción de antocianinas en diferentes especies: papas pigmentadas variedad INIAP-Yana Shungo, maíz morado (*Zea mays* L), col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), capulí (*Prunus salicifolia*), Berenjena (*Solanum melongena*), arándanos (*Vaccinium myrtillus*), mora de Castilla (*Rubus glaucus* benth), manzana (*Malus domestica*), uvas (*Vitis vinifera* L), frambuesas (*Rubus idaeus*), remolacha (*Beta vulgaris* L), fresa (*Fragaria*).

El método más empleado para la extracción es el sólido-líquido. La polaridad de la molécula facilita su solubilidad en varios disolventes como acetona, alcohol y agua. Los extractos optimizados de las diferentes fuentes vegetales empleados obtuvieron las siguientes concentraciones de antocianinas, papa variedad *Yana-shungo*: 87,5 mg, la berenjena: 115 mg, el maíz morado: 18,79 mg, la col morada 13,16 mg, la remolacha 136 mg, el capulí 402,39 mg, los arándanos 70,32 mg, la mora de castilla 300,5 mg, 320 mg en las manzanas, las uvas 846 mg, en las frambuesas 51 mg y en las fresas 371,4 mg. Todas estas concentraciones evaluadas por cada 100 g de muestra.

Palabras claves: Investigación bibliográfica, industria alimentaria, pigmentos naturales, colorantes vegetales, antocianinas.

ABSTRACT

Currently there is great interest in the food industry to offer the consumer products with added value, anthocyanins are plant pigments that have potential therapeutic benefits for health and in the industry as a natural colorant in the formulation of food and beverages. The objective of this research was the development of a bibliographic review using scientific evidence on natural sources of plant origin to obtain anthocyanins, the variables evaluated were temperature, time and anthocyanin content, the anthocyanin extraction process was addressed in different species: pigmented potatoes variety INIAP-Yana Shungo, purple corn (*Zea mays L*), purple cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), capulí (*Prunus salicifolia*), Eggplant (*Solanum melongena*), blueberries (*Vaccinium myrtillus*), blackberry Castile (*Rubus glaucus benth*), apple (*Malus domestica*), grapes (*Vitis vinifera L*), raspberries (*Rubus idaeus*), beet (*Beta vulgaris L*), strawberry (*Fragaria*).

The most used method for extraction is the solid-liquid. The polarity of the molecule facilitates its solubility in various solvents such as acetone, alcohol, and water. The optimized extracts of the different plant sources used obtained the following concentrations of anthocyanins, potato variety Yana-shungo: 87,5 mg, eggplant: 115 mg, purple corn: 18,79 mg, purple cabbage 13,16 mg, beets 136 mg, capuli 402,39 mg, blueberries 70,32 mg, blackberry 300,5 mg, 320 mg in apples, grapes 846 mg, in raspberries 51 mg and in strawberries 371, 4 mg. All these concentrations evaluated per 100 g of sample.

Keywords: Bibliographic research, food industry, natural pigments, vegetable colorants, anthocyanins.

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DEL AUTOR	v
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I.....	13
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	13
1.1. Justificación.....	13
1.2. Antecedentes	14
1.2.1. Antocianinas	14
1.2.2. Química y estructura.....	15
1.2.3. Descripción del material vegetal.....	16
1.2.4. Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas	19
1.2.5. Actividad antioxidante.....	19
1.2.6. Importancia de las antocianinas	19
1.3. Objetivos	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
CAPÍTULO II	21
METODOLOGÍA	21
2.1. Investigación bibliográfica	21
2.1.1. Base de datos de investigación científica.....	21
2.1.2. Libros electrónicos	21
2.1.3. Trabajos Fin de Estudios	21
2.2. Análisis documental	22
2.2.1. Extracción.....	22
2.2.2. Identificación y Detección.....	23
CAPÍTULO III.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	24
3.2. Importancia de las antocianinas.....	24
3.1.1. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Papa Morada.....	25
3.1.2. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Berenjena.....	27

3.1.3. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en el Maíz Morado	29
3.1.4. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Col Morada.....	31
3.1.5. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Remolacha	33
3.1.6. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en el Capulí	34
3.1.7. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en los Arándanos	36
3.1.8. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Mora de Castilla.....	36
3.1.9. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Manzana	37
3.1.10. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en las Uvas (<i>Vitis vinifera</i>)	38
3.1.11. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en las Fresas (<i>Fragaria</i>).	40
3.1.12. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en las Frambuesas (<i>Rubus idaeus L.</i>).....	41
CAPÍTULO IV	47
CONCLUSIONES	47
4.1. Conclusiones	47
CAPÍTULO V	49
BIBLIOGRAFÍA	49
5.1. Bibliografía	49

INDICES DE TABLAS

Tabla 1. Factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas en diferentes especies vegetales.	42
--	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura básica de las antocianinas	15
Figura 2. Principales Antocianinas.....	16
Figura 3. Efectos con los parámetros optimizados para la extracción de antocianinas de papa variedad Yana-shungo.....	25
Figura 4. Concentración de antocianinas en dos clones de papa nativa, mediante la variación de solventes y pH.....	26

Figura 5. Análisis de contenido de antocianinas de la berenjena por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).....	27
Figura 6. Concentración de antocianinas a partir del extracto de berenjena morada, mediante el empleo de una combinación de variables: temperatura de extracción y tiempo de extracción; temperatura de extracción y concentración solvente	28
Figura 7. Extracción de antocianinas (mg/g) a partir del estudio de variables: concentración de solvente, temperatura y tiempo de extracción.....	30
Figura 8. Optimización de las variables para la concentración de antocianinas totales de la coronta de maíz morado	30
Figura 9. Optimización de las variables para la extracción de antocianinas totales de la Col Morada (<i>B. oleracea</i>).....	32
Figura 10. Optimización de las variables para la extracción de antocianinas totales de la Col Morada (<i>B. oleracea</i>).....	32
Figura 11. Variación del contenido de antocianinas en la cáscara de capulí en estado fresco y congelado	34
Figura 12. Combinación de variables que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas del capulí	35
Figura 13. Influencia de los factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas Rendimiento de extracción de antocianinas en la Manzana (<i>Malus domestica</i>).....	38
Figura 14. Influencia de los factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas en la Uvas (<i>Vitis vinífera</i>)	39
Figura 15. Cuantificación de Antocianinas Monoméricas en la Uvas (<i>Vitis vinífera</i>) respecto a los 18 Tratamientos	40
Figura 16. Influencia de los factores que intervienen para la optimización de la extracción de antocianinas de la frambuesa.....	41

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1. Justificación

Tradicionalmente se han utilizado las frutas y vegetales de tonalidades rojos, morados y de color azul por sus efectos beneficiosos, debido a la presencia de una gran concentración de metabolitos secundarios, principalmente las antocianinas, dándoles un color característico que por sus valores medicinales han sido objeto de estudios (**Khoo, Azlan, Tang, & Lim, 2017**).

Los grupos hidroxilo y metoxilo en la molécula de antocianina van a influenciar en la variación del color, dependiendo principalmente del número y la orientación de estos grupos en la molécula. Las tonalidades azuladas se deben a un incremento en la hidroxilación, mientras que una transición a color rojo se debe a un aumento en la metoxilación (**Aguilera-Otíz & Reza-Vargas, 2011**).

La estructura y la estabilidad de las antocianinas pueden verse afectadas durante un proceso tecnológico o industrial, mediante la extracción de material vegetal, tratamiento térmico o el almacenamiento de productos que contienen antocianinas (**Desai, K. y Park, 2005**).

Debido a las aplicaciones técnicas y médicas presentes en las antocianinas por sus propiedades, se ha desarrollado diversas investigaciones acerca de sus procesos de extracción (**Zapata, 2014**). Poseen efectos terapéuticos como la capacidad antioxidante en la eliminación de radicales libres, la disminución de las enfermedades coronarias, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos (**Garzón, 2008**).

Según Aguilera, Reza, Chew, & Meza (2011), diversos estudios realizados proporcionan evidencia científica sobre las propiedades que poseen los extractos de antocianinas, enfocados en la medicina, por su capacidad de atrapar radicales libres gracias a su actividad antioxidante y como agentes quimioprotectores. En la industria alimentaria empleados como colorantes naturales, siendo más seguro su consumo que los colorantes sintéticos ya que estos no poseen efectos secundarios y no serán perjudiciales (**Khoo et al., 2017**). Estos metabolitos secundarios extraídos de varias fuentes de origen vegetal son potenciales ingredientes para formulaciones farmacológicas gracias a sus efectos anticancerígenos, antiinflamatorios, antimicrobianos, propiedades antidiabéticas y disminuyendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares (**Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. 2017**).

Existen diferentes formas en las que se pueden obtener beneficios del reino vegetal, poniendo gran interés en las especies ricas en antocianinas por la contribución como efectos terapéuticos para la disminución de enfermedades y componentes para la elaboración de alimentos, en especies como: papas pigmentadas variedad INIAP-Yana Shungo, maíz morado (*Zea mays* L), col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), el capulí (*Prunus salicifolia*), la Berenjena (*Solanum melongena*), los arándanos (*Vaccinium myrtilus*), la mora de Castilla (*Rubus glaucus* benth), la manzana (*Malus domestica*), uvas (*Vitis vinifera* L), las frambuesas *Rubus idaeus*, la remolacha (*Beta vulgaris* L), la fresa (*Fragaria*), debido a sus usos tradicionales es necesario contribuir con investigaciones que describan los principios activos y compuestos fitoquímicos y han demostrado tener un resultado importante combatiendo algunas enfermedades, lo que se debe fundamentalmente a componentes activos principalmente antocianinas, que ejercen acción sobre el organismo humano. La presente investigación servirá como fundamento para una posterior aplicación por su gran aplicabilidad, en la industria alimentaria como colorante natural y por su potencial antioxidante y antitumoral.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antocianinas

Las antocianinas son compuestos de origen orgánico, se encuentran en la savia de las células epidérmicas de las plantas (**Cisowska et al., 2011**). Es el metabolito responsable de las coloraciones rojas y violetas, presentes en la composición de las plantas superiores.

Considerado como uno de los grupos de colorantes naturales más extenso en la naturaleza (Cisowska, Wojnicz, & Hendrich, 2011).

Por sus propiedades hidrosolubles, y al no ser perjudiciales pueden ser empleados en formulaciones alimenticias como colorantes (Aguilera-Ortíz, Alanis-Guzmán, García-Díaz, & Hernández-Brenes, n.d.).

1.2.2. Química y estructura

García (2006) menciona, desde el punto de vista químico, la estructura de las antocianinas es el 2-fenilbenzopirilio, constituido de dos grupos aromáticos, entrelazados por una cadena de tres carbonos.

Según Aguilera, Reza, Chew, & Meza (2011) En la naturaleza existen aproximadamente 20 antocianinas, siendo las más importantes: cianidina, pelargonidina, ponidina, delphinidina, malvidina y petunidina (Caravaca, 1999) combinados con azúcares, dando una combinación de aproximadamente 150 antocianinas diferentes.

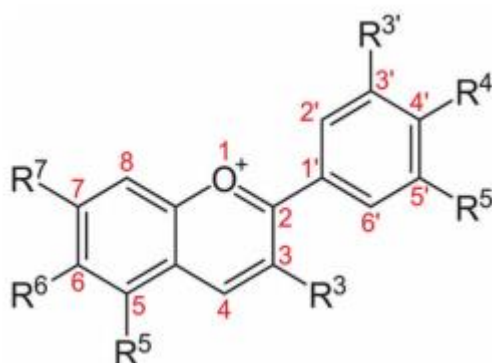


Figura 1. Estructura básica de las antocianinas (Eng Khoo et al., 2017).

R ₁	R ₂	R ₃	Main color	Examples of sources
-OH	-OH	-H	Reddish-orange	Apple, elderberry, blackberry, nectarine, plum, peach, red cabbage
-OH	-OH	-OH	Purple, blue	Grapes, beans, eggplants, oranges
-H	-OH	-H	Orange	Strawberries, red radishes, some beans
-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	Purple	Grapes
-OCH ₃	-OH	-H	Purplish-red	Cranberries, blueberries, plums, grapes, cherries, purple corn
-OH	-OH	-OCH ₃	Dark-red or purple	Grapes, red berries

Figura 2. Principales Antocianinas (Eng Khoo et al., 2017).

La privación de electrones en la estructura química de las antocianinas, les permite ser altamente reactivas a los radicales libres presentes en el cuerpo. Dichos radicales actúan como antioxidantes mejorando la salud ya que atrapan los radicales libres en sistemas biológicos. La molécula de antocianina al poseer un carácter polar permite su solubilidad en varios disolventes, como alcoholes, agua y acetona. Su estabilidad es afectada por factores como la luz y la temperatura, variaciones estructurales en los grupos hidroxilo y metoxilo, responsables de la variación de color.

1.2.3. Descripción del material vegetal

1.2.3.1. Compuestos fitoquímicos en la Papa Variedad INIAP-Puca Shungo

Las variedades nativas INIAP-Puca Shungo, presentan en su composición alto contenido de carotenoides, antocianinas y flavonoides, un mayor contenido de hierro, vitamina C, sólidos y gran concentración de almidones. (FAO, 2008; INIAP, 2010).

1.2.3.2. Compuestos fitoquímicos en el Maíz Morado (*Zea mays* L)

El maíz morado está constituido de antocianinas, presenta una mayor concentración en la coronta del maíz y en menor proporción en la cáscara de los granos. La presencia de este compuesto brinda efectos terapéuticos (Garzón, 2008).

1.2.3.3. Compuestos fitoquímicos en la Col Morada (*B. oleracea*).

El repollo está constituido de varios flavonoides, que aportan efectos beneficiosos para la salud, gracias a su antioxidante y antiinflamatoria, entre los cuales se destacan: miricetina, luteolina, delphinidina, cianidina y pelargonidina y en especial kaempferol y quercetina, (Park et al., 2014).

1.2.3.4. Compuestos fitoquímicos en el capulí (*Prunus serotina*)

Los compuestos fenólicos presentes en el capulí les confieren gran poder antioxidante asociado a algunos efectos terapéuticos como el tratamiento de la hipertensión (Ibarra et al., 2009). Varias investigaciones han permitido identificar la presencia de ácido oleico en las semillas del fruto (Alveano et al., 2011).

1.2.3.5. Compuestos fitoquímicos en las Berenjena (*Solanum melongena*)

Está constituido por antocianinas, metabolito secundario responsable de la actividad antioxidante y la coloración característica del fruto (morado), entre los cuales se destaca la delphinidina y como componente químico el ácido clorogénico (Sadilova, Stintzing, & Carle, 2006).

1.2.3.6. Compuestos fitoquímicos en los Arándanos (*Vaccinium myrtillus*)

Las antocianinas están presentes en los frutos de arándanos, varias investigaciones, han permitido evidenciar las diferentes propiedades que aportan beneficios para la salud, debido a su capacidad antioxidante actúa en la prevención de enfermedades antiinflamatoria, anticancerígena, etc (Castañeda Ovando et al., 2009).

1.2.3.7. Compuestos fitoquímicos en la mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*)

La mora de castilla debido a la presencia de compuestos fenólicos es una fruta muy rica en compuestos antioxidantes: antocianinas y carotenoides, son pigmentos naturales que presenta propiedades antioxidantes, atribuyendo beneficios para la salud, como la prevención de enfermedades cardiovasculares (Naveda, G, 2010 (Lemoine, 2007).

1.2.3.8. Compuestos fitoquímicos en la manzana (*Malus domestica*)

La presencia de antocianinas brinda el color rojo a la piel de la manzana (Vimolmangkang et al., 2014), una fuente natural de antioxidantes con un alto valor nutritivo y beneficios para la salud, potencialmente protectores contra enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer y algunas otras enfermedades crónicas (Hou DX. (2003) & Butelli et al., 2008).

1.2.3.9. Compuestos fitoquímicos en las uvas (*Vitis vinifera* L)

En la composición de las uvas se han identificado 5 antocianinas principales: delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, (Leguizamón y cols., 2005). La coloración dependerá de la proporción de cada una de ellas, además de contribuir en cierta medida con la capacidad antioxidante total del fruto debido a su estructura (Romero y cols., 2008).

1.2.3.10. Compuestos fitoquímicos en las frambuesas (*Rubus idaeus*)

Las frambuesas presentan un alto contenido en compuestos fenólicos (monofenoles, polifenoles y flavonoides) entre los destacan las antocianinas, cianidinas, elagitaninos, ácido elágico e hidroxicinamatos, que confieren a este alimento una gran capacidad antioxidante. Atribuyendo beneficios para la salud ejerciendo acción antimicrobiana, potenciadora del sistema inmune y reguladora de la presión arterial y la glucemia (Mejía Abanto, 2017).

1.2.3.11. Compuestos fitoquímicos en la Remolacha (*Beta vulgaris* L)

La remolacha presenta en su composición compuestos nitrogenados hidrosolubles las betalainas, que son potentes antioxidantes que brindan tonalidades rojas (García et al., 2012). Es una rica fuente de polifenoles que ejercen efectos terapéuticos, antiinflamatorios y antioxidante (Wruss J y cols., 2015).

1.2.3.12. Compuestos fitoquímicos en la Fresa (*Fragaria*)

La fresa es un fruto rico en compuestos fenólicos, los principales son las antocianinas que le dan su color característico. Presentan una gran variedad de fitoquímicos que poseen actividad contra el cáncer, bloqueo de la iniciación de la carcinogénesis, supresión de la progresión y proliferación de los tumores. Su consumo tiene un efecto potencial a la hora de reducir el riesgo de enfermedades del corazón (Hannum S.M, 2004).

1.2.4. Factores que afectan la estabilidad de las antocianinas

1.2.4.1. pH

El pH afecta y degrada las antocianinas, la sal de flavilio es estable solo en condiciones ácidas. Se transforma en una base quinoidal cuando el pH es alto, formando el clorofenol que es un compuesto coloreado (Laleh, 2006).

1.2.4.2. Temperatura

El factor temperatura desestabiliza la estructura molecular de las antocianinas, se produce una hidrolización en la estructura del 3-Glicósido, al aumentar este. La hidrozilación del anillo A, genera una producción de chalconas que originan el color café (Laleh et al., 2006).

1.2.4.3. Luz

En la biosíntesis de antocianinas, la luz es considerado el factor externo más importante, originando una fotoactivación y activación indirecta de las enzimas involucradas en las rutas metabólicas para la formación de estos pigmentos (Contreras et al., 2014).

1.2.5. Actividad antioxidante

Poseen la capacidad de actuar como antioxidantes, ya que su estructura química dona radicales libres a los átomos de hidrógeno o electrones. De acuerdo al número, posición y conjugación de los grupos hidroxilo, esta capacidad se verá afectada, debido a la resistencia al desapareamiento de los electrones por su desplazamiento (Kuskoski, Asuero, García-Parilla, Troncoso, & Fett, 2004).

1.2.6. Importancia de las antocianinas

Presentan varios efectos terapéuticos, como la propiedad antioxidante, actúa en la prevención de diferentes patologías (Cruz, Chedier, Peixoto, Fabri, & Pimenta, 2012), presenta beneficios como el control de lípidos, secreción de insulina y efecto vasoprotector (Aguilera, 2009).

Constituyen uno de los grupos más extensos de colorantes en las plantas y al no ser tóxicos sustituyen colorantes y aditivos sintéticos (Khoo, Azlan, Tang, & Lim, 2017). Resulta factible su incorporación en sistemas alimenticios acuosos como colorantes vegetales esto gracias a sus propiedades hidrosolubles (Arrazola, Herazo, & Alvis, 2014b).

Jiménez, Castillo, Azuara, & Beristain (2011) Los extractos de plantas con colores característicos, tienen en su composición antocianinas y compuestos fenólicos que le brindan la actividad antioxidante, y su extracción se ve influenciada por el disolvente usado.

Debido a los atributos que presentan las antocianinas como: colorantes y antioxidantes, resultan de gran interés el estudio de procedimientos para el proceso de extracción, permitiendo el empleo del extracto en aplicaciones tecnológicas, para formulaciones en la industria alimentaria (Moldovan B, David L, Chişbora C, 2012).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar una revisión mediante evidencia científica sobre las fuentes naturales de origen vegetal para la obtención de antocianinas.

1.3.2. Objetivos Específicos

Identificar las propiedades funcionales de las antocianinas como efectos terapéuticos (antioxidantes) en la disminución de enfermedades o fuente de colorantes naturales en la elaboración de alimentos.

Compilar los métodos de obtención de antocianinas reportados por la literatura científica actual.

Analizar la estabilidad de las antocianinas frente a diferentes factores: cambio de temperatura, tiempo de extracción, etc.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Investigación bibliográfica

La metodología empleada para el presente trabajo trata de una revisión sistemática o investigación bibliográfica en la que se describen las principales características de los trabajos y revisiones realizados acerca de la obtención de antocianinas de fuentes naturales de origen vegetal. Este análisis parte de una revisión previa de trabajos, actualizándolo con los estudios publicados. Se utilizó distintas herramientas de búsqueda y recursos de información en las principales bases de datos bibliográficas disponibles.

2.1.1. Base de datos de investigación científica

Se realizó por medio de diferentes artículos científicos concretamente: SCIELO, SCOPUS, base de datos de investigación científica (Science Direct, Web of Science). Los documentos utilizados en esta revisión se obtuvieron en formato PDF para vincularlos con una aplicación que permita gestionar referencias bibliográficas en este caso MENDELEY con estilo APA 6ª Ed.

2.1.2. Libros electrónicos

Este tipo de fuentes de investigación es una herramienta esencial ya que actualmente es la manera en la que el lector facilita sus diversas investigaciones. La información permitió generar nuevas aplicaciones y actualizaciones de estudios realizados desde años atrás.

2.1.3. Trabajos Fin de Estudios

Los trabajos de Fin de Estudios (Tesis, Revisiones bibliográficas, investigaciones y proyectos) tomando en cuenta en especial el ámbito nacional como son: El repositorio de la Universidad técnica de Ambato, esto permitió realizar investigaciones actuales para la presente investigación.

2.2.Análisis documental

En la presente revisión bibliográfica se tomaron en cuenta artículos que describen diferentes campos de estudio generales, parámetros a controlarse y métodos aplicados.

2.2.1. Extracción

Los métodos de extracción varían para cada aplicación concreta. Las condiciones vienen dadas por diferentes factores, que influyen en la concentración de antocianinas extraídas y en la estabilidad de las mismas, como relación sólido-líquido, temperatura de exposición, tiempo de extracción, tipo y concentración de disolvente (**Bridgers et al., 2010**).

La extracción de antocianinas se lleva a cabo generalmente con disolventes como metanol o etanol conteniendo una pequeña cantidad de ácido por lo general HCl (15 %, 1 mol/l) formando el catión flavilio, aumentando su estabilidad en un medio altamente ácido, no existe diferencias significativas en eficiencia o absorbancia (cantidad de antocianinas) entre metanol y etanol (**Abdel-Aal y Hucl, 2003**).

El etanol se considera un medio de extracción seguro, debido a su baja toxicidad empleado generalmente en la industria alimenticia y ensayos clínicos, existe también el aislamiento de antocianinas mediante extracción a base de agua se considera una forma más ecológica a pesar de no ser utilizado con frecuencia. La extracción subcrítica a base de agua es uno de los métodos que se han probado para la extracción de antocianinas de las bayas. Esta técnica de extracción utiliza agua acidificada (0,01 % de HCl, pH ~ 2,3) que se somete a altas temperaturas entre 110 y 160 °C bajo una presión constante de 40 bar (**Rey JW, Grabiell RD, Wightman JD., 2003**).

2.2.2. Identificación y Detección

Para la caracterización de antocianinas las propiedades espectrales son generalmente las más utilizadas. Para identificar y cuantificar antocianinas, la técnica usada de manera regular es el análisis espectrométrico UV, donde el espectro de absorción de las antocianinas depende del pH. La absorción máxima varía según el tipo de antocianina que va desde 520-540 nm en la región visible, esta longitud de onda es la más usada en la medición espectrofotométrica de antocianinas (**Horbowicz et al., 2008**).

Existen otros métodos además de la separación e identificación de las antocianinas, la cuantificación de estos compuestos se realiza por cromatografía. La cromatografía líquida de alta resolución es el método más utilizado en la cuantificación de antocianinas, últimamente la cromatografía de gases se ha aplicado para la cuantificación de las mismas (**Petersson EV., 2009**).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

A partir de diversas fuentes de origen vegetal, se pueden obtener las antocianinas (Francis & Markakis, 1989; Skrede, Wrolstad, & Durst, 2000).

Para la extracción de antocianinas, el método empleado debe ser el más adecuado para cada aplicación. Existen factores en el proceso de extracción que influyen en la estabilidad de las antocianinas, tales como relación sólido-líquido, temperatura, tiempo, tipo de disolvente y concentración de disolvente (Bridgers et al., 2010, citado por Zapata et al. 2014), debido a que las antocianinas son compuestos de polaridad intermedia, es importante tomar en cuenta la naturaleza del disolvente Telenchana Pérez, E. V. (2019)

Para garantizar eficiencia en el proceso de extracción, purificación y empleo de las antocianinas como principio activo gracias a sus beneficios viables para la salud por su capacidad antioxidante, es sumamente vital identificar los factores que garantizan su estabilidad y los mecanismos que intervienen en su degradación (Zapata et al. 2014).

3.2. Importancia de las antocianinas

Utilizando modelos in vitro e in vivo, varios estudios han demostrado los efectos benéficos de compuestos polifenólicos, enfocados principalmente a la salud humana siendo evidente la capacidad antioxidante de las antocianinas al capturar radicales libres (Wang, Cao, & Prior, 1997). La protección contra enfermedades de tipo coronario, debido a la capacidad de inhibir la agregación de plaquetas y la peroxidación de lípidos (Kes & Bašić-Jukić, 2009). Las antocianinas presentan actividad anticarcinogénica, disminuyendo la función de los adipositos (Chem, 2008).

3.1.1. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Papa Morada

3.1.1.1 Extracción de antocianinas de papa variedad Yana-shungo

La investigación desarrollada por Aranda, 2018, establece que el mejor método para la extracción de antocianinas en la papa morada variedad Yana-shungo, es el propuesto por AbdelAal & Hucl, 1999, donde se empleó como solvente HCl (1 mol/l), relación etanol-HCl 85:15, relación muestra disolvente 1:20, pH = 1, relación sólido líquido (1:8), temperatura de extracción 60 °C, tiempo de extracción 15 minutos con agitación. tomando en cuenta estas tres variables (Aranda Núñez,2018).

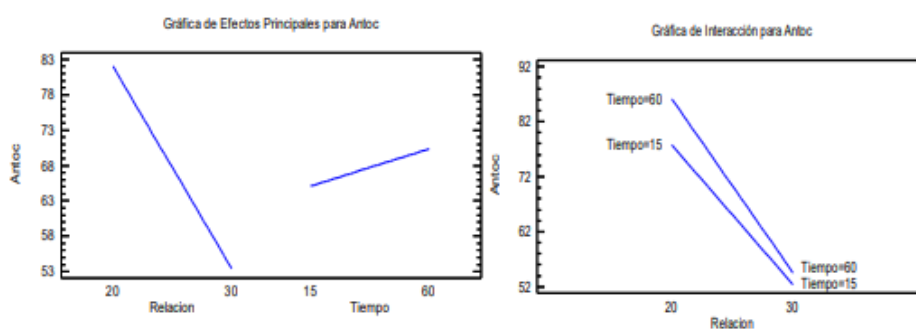


Figura 3. Efectos con los parámetros optimizados para la extracción de antocianinas de papa variedad Yana-shungo (Aranda Núñez,2018).

En la figura 1 se muestran los efectos con los parámetros optimizados para la extracción de antocianinas de papa variedad Yana-shungo, realizada por Aranda Núñez,2018. Donde se evidencia que, considerando las variables en las siguientes condiciones, se optimiza el proceso de extracción: relación 1:20 harina-disolvente, tiempo de extracción 60 minutos, a mayor tiempo se obtiene mayor cantidad de antocianinas en el extracto, la variable temperatura fue de $67\pm 0,5$ °C, pasada esta temperatura el disolvente se evapora, empleando estas condiciones se obtuvo la máxima concentración de antocianinas siendo esta de 87,5 mg/100 g (Aranda Núñez,2018).

Según Monteros et al., (2011), Yanashungo posee 98-385 mg/100 g de polifenoles dentro de los que se encuentran las antocianinas, esta variedad es la que mayor contenido de antocianinas posee, debido a la intensidad del pigmento morado que presenta en su estructura.

3.1.1.2 Extracción de antocianinas de papa nativa variedad *Solanum* de pulpa azul

En la investigación desarrollada por Juli Mamani & Arias Jordán, E, 2011, se dio la extracción de antocianinas de la papa nativa del género *Solanum* de pulpa azul y roja, a partir del procedimiento descrito por Giusti y Wrolstad, 2005, los disolventes empleados fueron acetona y etanol, permitiendo extraer a partir de los clones de papa nativa liofilizada las antocianinas, se empleó cloroformo para aislar y purificar parcialmente el pigmento.

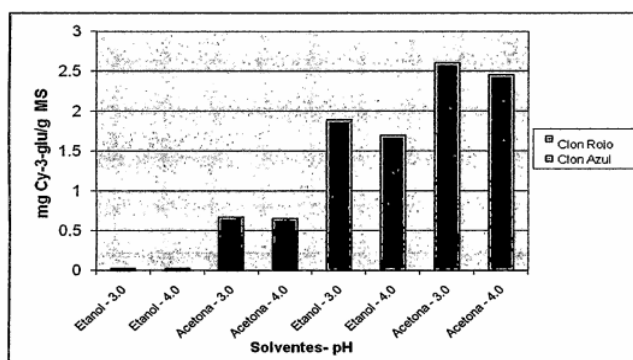


Figura 4. Concentración de antocianinas en dos clones de papa nativa, mediante la variación de solventes y pH (Juli Mamani & Arias E, 2011).

En la Fig 2. Se puede apreciar que la acetona permitió obtener una mayor eficiencia en la extracción de los tubérculos de papa, comparado con los otros solventes empleados, la papa nativa morada presenta una concentración de antocianinas (80,44 mg/100 g MF). Para garantizar la extracción de antocianinas, es necesario la creación de un medio moderadamente polar, mediante el empleo de agua en combinación con otros disolventes orgánicos (acetona) (Chirinos et. al., 2006).

Mediante una investigación realizada por Segura (2004), donde se evidencia que los genotipos de papas nativas que presentan mayores concentraciones de antocianinas, son los que presentan pigmentación morada, con valores entre 58,76 y 79,89 mg de cianidin-3-glucósido/100 g MF. Existen varios factores que determinan la cantidad de antocianinas en las papas de color, el genotipo, las condiciones del ambiente de producción, la interacción entre los dos factores, estableciendo la posibilidad de mejorar la cantidad de estos metabolitos, mediante mejoramiento genético y caracterización (Bonierbale et al., 2004).

Mediante un análisis de las dos investigaciones realizadas para la extracción de antocianinas de la papa morada, se pudo establecer que el método expuesto por AbdelAal & Hucl, 1999 (Método 1), y empleado en la investigación de Aranda Núñez, 2018, utilizando como solvente una relación etanol-HCl y como materia vegetal la papa variedad *Yana-shungo* es el que obtuvo mejores resultados, en cuanto a la concentración de antocianinas 87,5 mg/100 g.

3.1.2. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Berenjena

3.1.2.1 Extracción de antocianinas de la berenjena (*Solanum melongena* L)

En la investigación realizada por Alvis Armando, Arrazola Guillermo y Herazo Irina, 2014, se empleó las siguientes condiciones para la extracción de antocianinas a partir de la berenjena, empleando como disolvente Etanol (50 - 90 % v/v), el tiempo de extracción (4 - 12 h) y la temperatura de extracción (30 a 60 °C) (Olaya et al. 2009; Todaro et al. 2009; Martínez 2009). Las mejores condiciones de extracción para la presente investigación fueron con 53 % de disolvente (Etanol), tiempo de 3 horas y temperatura de 29 °C obteniendo un contenido de antocianina de 115 mg/100 g en la cáscara de berenjena.

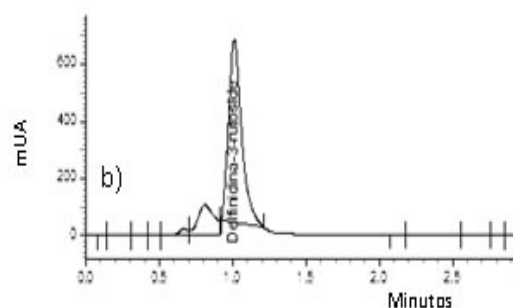


Figura 5. Análisis de contenido de antocianinas de la berenjena por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Alvis A, Arrazola G y Herazo I, 2014).

En contenido de antocianinas en la presente investigación se analizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). En la Fig 3, se puede apreciar la Cuantificación del contenido de antocianinas del extracto (Todaro et al, 2009), para lo cual se empleó una columna RP-18, la longitud de onda de detección de 525 nm, la temperatura de 25 °C,

como fase móvil acetonitrilo y agua conteniendo 1 % de ácido fórmico (Durst y Wrolstad 2001; Todaro et al. 2009).

Todaro et al. (2009) se identificó tres tipos de antocianinas en la cáscara de berenjena, dentro de las que predominan delfinidina-3-rutinósido.

3.1.2.2 Extracción de antocianinas de la berenjena (*Solanum melongena* L)

En la investigación realizada por Alvis Armando, Arrazola Guillermo y Herazo Irina, 2013, que consistía en la extracción de las antocianinas a partir de la berenjena morada, considerando las siguientes variables: el etanol acidificado con ácido ortofosfórico, como solvente (etanol 50-90 % v/v), el tiempo de extracción (4 a 12 horas) y una temperatura de extracción (30 a 60 °C) (Todaro et al., 2009; Martínez, 2009).

Los autores de esta investigación establecieron que las mejores condiciones de extracción para la obtención de una mayor concentración de antocianinas fueron: Como solvente Etanol al 50 %, tiempo de extracción de 4 horas y temperatura de extracción de 30 °C, obteniendo a partir de la cascara de berenjena una concentración de 62 mg/100 g. La investigación realizada por Todaro et al. (2009), donde se obtuvo un resultado de antocianinas de 76,44 mg/100 similar al encontrado en la investigación antes descrita..

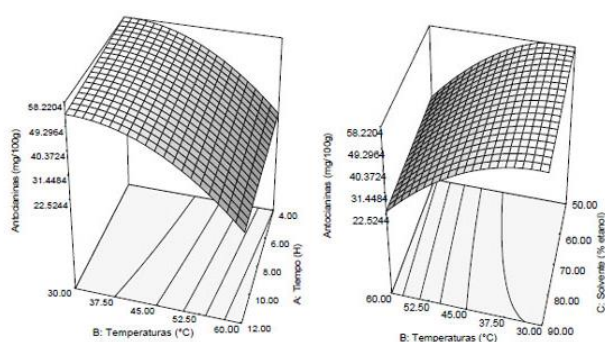


Figura 6. Concentración de antocianinas a partir del extracto de berenjena morada, mediante el empleo de una combinación de variables: temperatura de extracción y tiempo de extracción; temperatura de extracción y concentración solvente (Alvis A, Arrazola G y Herazo I, 2013)

En la Fig.4, mediante el modelo de superficie de respuesta, se pudo apreciar cómo las variables de tiempo y temperatura influyen significativamente en el proceso de extracción de antocianinas, a medida que el factor tiempo se incrementa, aumenta la capacidad de

extracción de compuestos activos: fenólicos y antocianos, siendo estos responsables de la capacidad antioxidante (2002; Zheng et al., 2011).

Se han realizado varias investigaciones de fenoles presentes en diferentes variedades de berenjena, por las variables que influyen en la extracción de estos compuestos, es evidente que los resultados no son similares (Akanitapichat et al., 2010; Luthria et al., 2010; Kwon et al., 2008).

A partir de la investigación realizada por Jung et al. (2011) empleando pulpa de berenjena obtuvo una concentración de 2,29 mg/100 g de antocianinas. Nisha et al. (2009) en su investigación reporta contenidos más bajos de antocianinas en pulpa de berenjena, siendo este de 0,76 mg/100 g en frutos de berenjenas moradas. En la investigación realizada por Gajewski et al. (2009), reporta que el contenido de antocianinas a partir de la cascara de berenjena fue de 3,2 mg/100 g.

Al comparar las dos investigaciones es evidente que la realizada por Alvis Armando, Arrazola Guillermo y Herazo Irina, 2014, es la que obtuvo mayor concentración de antocianinas una concentración de 115 mg/100 g en la cáscara de berenjena, empleando como solvente (Etanol).

3.1.3. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en el Maíz Morado

3.1.3.1 Extracción de antocianinas del Maíz Morado (*Zea mays* L)

En la investigación realizada por Manzano (2016) para la obtención de antocianinas empleando como materia vegetal la coronta de Maíz Morado, se empleó las siguientes variables para el proceso de extracción: etanol acidificado al 20 % como, aplicando una relación de 1:160 y 1:80 (M/V), la temperatura de extracción fue de 50 °C y 90 °C y el tiempo de extracción de 1 y 3 horas en un termostato. Permitiendo identificar y garantizar el método más efectivo de extracción.

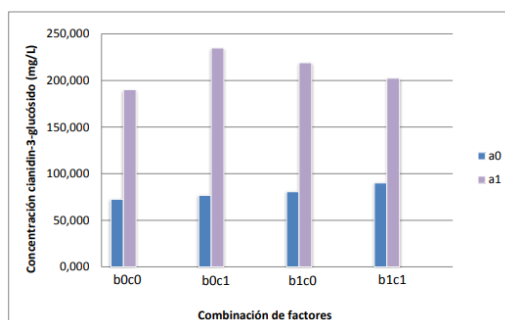


Figura 7. Extracción de antocianinas (mg/g) a partir del estudio de variables: concentración de solvente, temperatura y tiempo de extracción (Manzano, 2016).

Las variables que garantizaron la optimización en la extracción de antocianinas, empleando como materia vegetal la coronta del Maíz Morado (*Zea mays* L) que permitieron obtener los mejores resultados fueron: una relación material vegetal-volumen de solvente de etanol 1:80 (M/V), un tiempo de 1 hora y 90 °C como temperatura de extracción. Logrando una concentración de 18,79 mg/100 g de coronta, con un porcentaje de rendimiento de 1,879 %. Se puede evidenciar que la combinación de las variables empleadas (tiempo de extracción y temperatura) y (material vegetal-volumen de solvente), influyen el proceso de extracción de antocianinas a partir de la coronta del Maíz Morado.

3.1.3.2. Extracción de antocianinas del Maíz Morado (*Zea mays* L)

En la investigación realizada por Rafael Sánchez, E. (2017) para la obtención de antocianinas empleando como materia vegetal la coronta de Maíz Morado, se empleó las siguientes variables: los tiempos de extracción de 30 y 60 min, como disolvente agua destilada y etanol al 20 %, las temperaturas de extracción fueron de 50 y 70 °C.

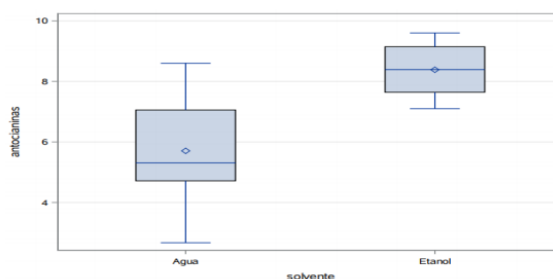


Figura 8. Optimización de las variables para la concentración de antocianinas totales de la coronta de maíz morado (Sánchez Rafael, E. 2017).

En la Fig 6, que corresponde a la concentración de antocianinas totales de la coronta de maíz morado, a partir de la investigación realizada por Rafael Sánchez, E. (2017) donde se evidenció que las mejores condiciones para la extracción de una mayor concentración de antocianinas fueron de (8,74 mg/100 g) empleando las siguientes variables, como disolvente en una concentración del 20% el etanol, 50 °C fue la temperatura de extracción 50 °C y 60 min el tiempo de extracción.

Existen varias investigaciones de las condiciones de extracción de antocianinas en la coronta de maíz morado. La investigación realizada por Medina (2012), establece que 104,36 mg / 100 g de muestra, es la mayor cantidad de antocianinas obtenidas a partir de la coronta de Maíz, a partir de un estudio realizado por Almeida (2012), donde se obtuvo un 3,2 % de rendimiento. Gorriti et al. (2009) en su investigación obtuvo una concentración de antocianinas 47,98 mg/100 g a partir de la coronta. Son varios los factores que influyen en la variación de la concentración de antocianinas en las diferentes investigaciones, la variedad de maíz utilizada, el alto porcentaje de humedad de la coronta o incluso el lugar donde fue recolectada la muestra.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas de la coronta de maíz morado, se pudo evidenciar que el mejor método fue el empleado por Manzano (2016) donde se emplea estas variables para optimizar la extracción: como disolvente etanol en una relación 1:80 (M/V), el tiempo de extracción de 1 hora y la temperatura de extracción de 90 °C., obteniendo una concentración de 18,79 mg/100 g de coronta.

3.1.4. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Col Morada

3.1.4.1. Extracción de antocianinas de la Col Morada (*B. oleracea*)

En la investigación realizada por Ramos, E. (2019), sobre el proceso de extracción de antocianinas en la Col Morada (*B. oleracea*) se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: El solvente empleado en proporción 85:15 fue el etanol a una concentración del 96 % combinado con ácido clorhídrico 1 mol/l, a partir de una relación (1:20, 1:25 y 1:30) se empleó las variables masa de material vegetal – volumen de disolvente, los tiempos de extracción 60, 90 y 120 min y la temperatura de extracción empleada fue de 70 °C

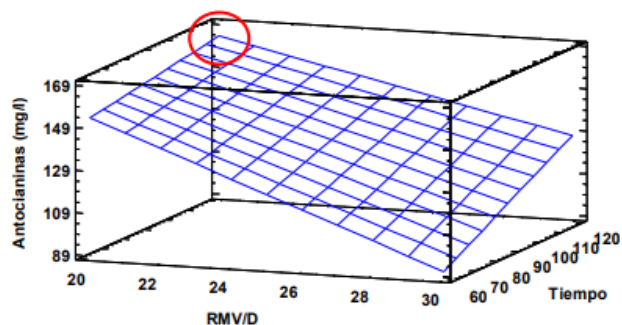


Figura 9. Optimización de las variables para la extracción de antocianinas totales de la Col Morada (*B. oleracea*) (Ramos E., 2019).

En la Figura 7, se puede evidenciar la optimización de las variables para la extracción de antocianinas totales en la Col Morada (*B. oleracea*) a partir de la investigación realizada por Ramos, E. (2019), donde se observa que las condiciones óptimas para la extracción de una mayor concentración fueron: la relación material vegetal: volumen de disolvente 1:20 empleando como solvente etanol al 96 % en combinación con ácido clorhídrico 1 mol/l, tiempo de extracción 120 min y la temperatura empleada 70 °C, alcanzando una concentración de 13,16 mg/100 g.

3.1.4.2 Extracción de antocianinas de la Col Morada (*B. oleracea*)

En la investigación realizada por Valencia Jesús (2015), sobre el proceso de extracción de antocianinas a partir de la col morada (*B. oleracea*) se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: HCl, H₃PO₄, ácido acético y ácido cítrico. Se emplearon las concentraciones 0,05 mol/l, 0,1 mol/l, 0,2 mol/l y 0,4 mol/l. Proporción 1:2 sólido: líquido, por un lapso de 24 h y 25 °C.

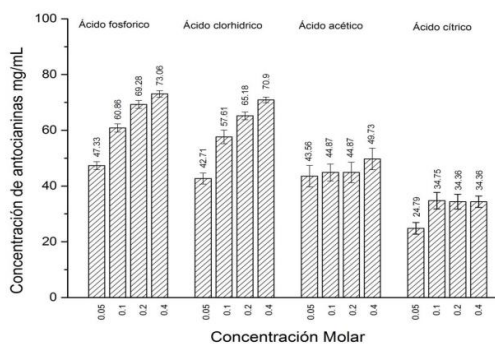


Figura 10. Optimización de las variables para la extracción de antocianinas totales de la Col Morada (*B. oleracea*) (Valencia, 2015).

En la Fig.8 se pueden evidenciar los resultados de la concentración de antocianinas de la Col Morada (*B. oleracea*) a partir de la investigación realizada por Valencia (2015) donde se observa que las condiciones óptimas para la extracción de una mayor concentración fueron: como solvente HCl, una concentración de 0,05 mol/l la relación material vegetal: volumen de disolvente 1:20 tiempo de extracción 24 h y la temperatura empleada 25 °C, obteniendo una concentración de 7,38 mg/100 g.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas a partir de la Col Morada (*B. oleracea*), se establece que la investigación realizada por Ramos, E. (2019), donde se consideró las siguientes variables como solvente etanol al 96 % en combinación con ácido clorhídrico 1 mol/l, tiempo de extracción 120 min y la temperatura empleada 70 °C, alcanzando una concentración de 13,16 mg/100 g.

3.1.5. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Remolacha

3.1.5.1. Extracción de antocianinas de la Remolacha (*Beta vulgaris*)

En la investigación realizada por Cazorla G. (2018) sobre el proceso de extracción de antocianinas en la Remolacha (*Beta vulgaris*), se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: se empleó como materia vegetal cuatro tipos diferentes de muestra (hojas, pulpa, cáscara y cáscara + pulpa) dos porcentajes de etanol al 70 % y 95 %, 4 °C durante 24 horas y 48 horas respectivamente.

En la extracción realizada se obtuvo que el mayor contenido de betalaínas analizadas se encuentran presentes en las hojas de la remolacha, un porcentaje de etanol del 95 %, una temperatura de 4 °C, un tiempo 24 horas, obteniendo un contenido de 8,4 mg/100 g.

3.1.5.2. Extracción de antocianinas de la Remolacha (*Beta vulgaris*)

En la investigación realizada por Macías Candelario, R, 2019, sobre el proceso de extracción de antocianinas en la Remolacha (*Beta vulgaris*), se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción, se empleó remolacha molida para realizar extracciones con diferentes soluciones acuosas (etanol al 50 % y

acetona al 60 %), en diferentes momentos (15 y 60 min), utilizando diferentes volúmenes de la solución de extracción (25 y 50 ml).

A partir de la presente investigación, donde se observa que las condiciones óptimas para la extracción de una mayor concentración fueron: un tiempo de extracción de 15 minutos fue suficiente, 50 ml de disolvente de extracción y acetona al 60 %. Obtenido en el presente estudio una concentración de 136 mg/100 g.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas a partir de la Remolacha (*Beta vulgaris*), se establece que la investigación realizada por Macías Candelario, R, 2019, donde se consideró las siguientes variables como solvente acetona al 60 %, un tiempo de extracción de 15 minutos fue suficiente, 50 ml de disolvente de extracción, obteniendo una concentración de 136 mg/100 g.

3.1.6. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en el Capulí

3.1.6.1 Extracción de antocianinas en el Capulí (*Prunus serotina*)

Según la investigación realizada por Chalán L. (2019) sobre el proceso de extracción de antocianinas en el Capulí, se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: la materia vegetal en estado fresco/ congelado y tres tipos diferentes de muestra: cáscara, pulpa y semilla. la relación del disolvente 85:15 (Etanol/0,1 mol/l HCl) según el procedimiento descrito por Hucl & Abdel, 1999 con algunas modificaciones, un rango de temperatura de 68 °C a 72 °C y el tiempo empleado fue de 1 hora.

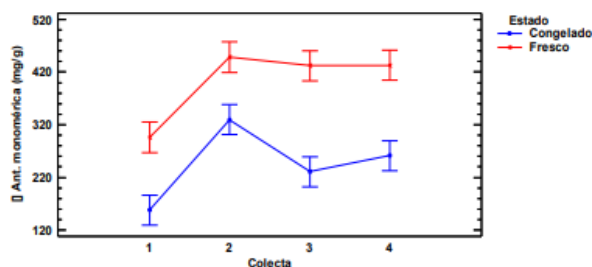


Figura 11. Variación del contenido de antocianinas en la cáscara de capulí en estado fresco y congelado (Chalán, L. 2019).

En la Fig 11, se puede apreciar la variación del contenido de antocianinas en el capulí, a partir de la investigación realizada por Chalán, L. (2019), se evidenció que las

antocianinas monoméricas a partir de cáscaras liofilizadas de capulí en estado fresco contienen un elevado contenido de antocianinas resultando en una concentración promedio de 402,39 mg/g, 72 °C y el tiempo empleado fue de 1 hora.

3.1.6.2 Extracción de antocianinas en el Capulí (*Prunus serotina*)

En base a la investigación realizada por Mejía A. (2019) sobre el proceso de extracción de antocianinas en el Capulí, se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: La variable de relación fue la combinación de los siguientes factores: el tiempo de extracción y la masa del material vegetal/volumen del disolvente. En una proporción de 85:15, se usó una mezcla de etanol al 96 % con ácido clorhídrico concentrado y la temperatura de 70 °C

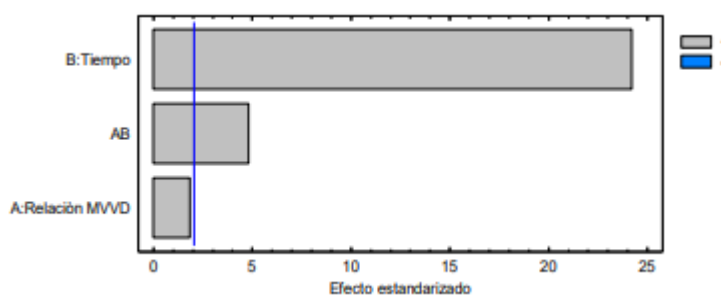


Figura 12. Combinación de variables que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas del capulí (Mejía A., 2019)

En la Figura 12. Se puede apreciar la combinación de las variables que intervienen en la optimización de extracción de antocianinas del capulí, a partir de la investigación realizada por Mejía A. (2019). Donde se aprecia que la interacción de los factores (tiempo) y (relación masa con el disolvente) afectan los resultados experimentales en menor proporción, analizando que con un tiempo de interacción de 2 horas entre el material vegetal con el disolvente con una relación 1/30 se obtuvo una concentración máxima de antocianinas 32,749 mg/100 g de material vegetal.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas a partir del Capulí (*Prunus serotina*) se pudo apreciar que la investigación realizada por Chalán, L. (2019) a partir de una relación del disolvente 85:15 (Etanol/0,1 mol/l HCl), como material vegetal las cáscaras liofilizadas de capulí en estado fresco, una temperatura de 72 °C y el tiempo empleado fue de 1 hora obteniendo una concentración de 402,391 mg/g.

3.1.7. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en los Arándanos

3.1.7.1 Extracción de antocianinas en los Arándanos (*Rubus idaeus* L)

En base a la investigación realizada por Ludeña, F, et al (2019). sobre el proceso de extracción de antocianinas en los Arándanos, se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: Se mezcló una relación 1:3 materia prima g/disolvente g, donde el solvente fue una mezcla de 50 % agua y 50 % etanol, la temperatura fue de 36,6 °C con un tiempo de agitación de dos horas.

En la prueba sólido-líquido se obtuvo al momento de cuantificar la cantidad de antocianinas un total de 10,32 mg/100 g, cianidina-5-glucosídico.

3.1.7.2 Extracción de antocianinas en los Arándanos (*Rubus idaeus* L)

En base a la investigación realizada por ZAPATA, L., et al (2014). sobre el proceso de extracción de antocianinas en los Arándanos, se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: empleando una combinación como solvente de extracción entre etanol acidificado con ácido cítrico al 1 %, una proporción de 1:3 kg/kg materia prima/solvente, 2 h fue el tiempo de extracción y la temperatura de extracción de 36 °C, obteniendo 70,32 mg/100 g, de antocianinas totales.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas a partir de los Arándanos (*Rubus idaeus* L) se pudo apreciar que la investigación realizada por ZAPATA, L., et al (2014), empleando las variables anteriormente mencionadas, es donde se obtuvo la mayor concentración de antocianinas siendo esta de 70,32 mg/100 g.

3.1.8. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Mora de Castilla

3.1.8.1 Extracción de antocianinas en la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*)

En base a la investigación realizada por Ramírez, M (2006) sobre el proceso de extracción de antocianinas en la mora de castilla se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: como solvente se utilizó metanol, 1,852 g de

frutos de mora de Castilla triturada en metanol absoluto acidulado con 1 % de ácido cítrico, durante 72 horas, controlando la temperatura.

El contenido de antocianinas totales encontrado en el extracto de mora de Castilla, en la investigación realizada por Ramírez, M (2006) fue de 147,80 mg/100 g cianidina-3-glucósido, empleando los parámetros anteriormente mencionados, estudios realizados por Xueming Liu, en 2004, establecen que la antocianina es el metabolito secundario mayoritario en mora.

3.1.8.2 Extracción de antocianinas en la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*)

En la investigación realizada por Bastidas, V. (2019) sobre el proceso de extracción de antocianinas en la mora de castilla se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: una relación sólido-líquido (mora liofilizada y EtOH: HCl 1 mol/l; relación 85:15), relación 1:20, con una temperatura de 68 °C durante 60 min. Obteniendo un volumen final de extracto concentrado de antocianinas de 100 ml con un contenido de 300,5 mg/100 g.

Las variaciones en el contenido total de antocianinas en frutos de mora se deben al clima, la altura, el área de producción y la especie que se trabaje. Los resultados obtenidos permiten inferir que este extracto presenta una importante capacidad colorante y antioxidante (Pérez, 2003).

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas a partir de la mora, se pudo establecer que la investigación desarrollada por Bastidas, V. (2019) empleando como solvente EtOH: HCl 1 mol/L en relación 1:20, ml, es la que mayor contenido de sólidos totales proporciona con un contenido de 300,5 mg/100 g.

3.1.9. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en la Manzana

3.1.9.1 Extracción de antocianinas en la Manzana (*Malus domestica*)

Según la investigación realizada por Arencibia, J. (2018) sobre el proceso de extracción de antocianinas en la Manzana (*Malus domestica*) se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: Los extractos se obtuvieron por

maceración a temperatura ambiente con agitación ocasional y adición de 0,5 % (m/v) de ácido cítrico para obtener una disolución hidroalcohólica acidificada. Al término del tiempo de extracción de cada una de las corridas, la mezcla resultante se filtró y se desechó el residuo sólido

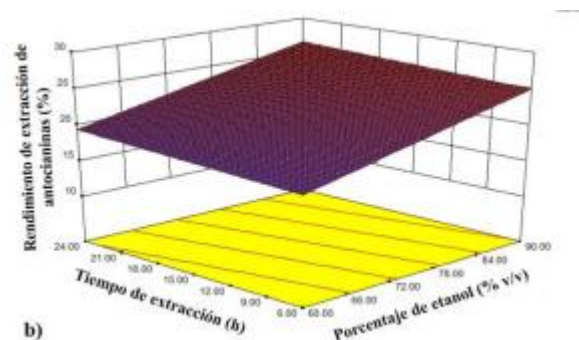


Figura 13. Influencia de los factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas Rendimiento de extracción de antocianinas en la Manzana (*Malus domestica*) (Arencibia J., 2018)

En la Figura 14. Se puede apreciar la influencia de los factores que intervienen en la extracción de antocianinas en la Manzana (*Malus domestica*), a partir de la investigación realizada por Arencibia, J. (2018), las condiciones óptimas de extracción fueron 90 % de etanol acidificado al 0,5 % con ácido cítrico, 24 h como tiempo de extracción y relación masa/disolvente de 1 g por cada 5 mL. El extracto presentó un valor de rendimiento de extracción de antocianinas 320 mg/100 g.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas en la Manzana (*Malus domestica*), se pudo establecer que la investigación realizada por Arencibia, J. (2018) es la más óptima para la extracción de antocianinas, generando un rendimiento del 320 mg/100 g, mediante la extracción de etanol con ácido cítrico.

3.1.10. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en las Uvas (*Vitis vinífera*)

3.1.10.1 Extracción de antocianinas en las Uvas (*Vitis vinífera*)

Según la investigación realizada por Paredes, H. (2019) sobre el proceso de extracción de antocianinas en las Uvas (*Vitis vinífera*), se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: se empleó dos muestras de extracción

(licuado y extractado), se consideró tres temperaturas (35, 40 y 45 °C) y tres tiempos (10, 20 y 30 s).

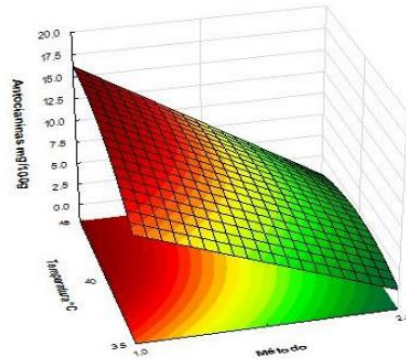


Figura 14. Influencia de los factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas en la Uvas (*Vitis vinífera*) (Paredes, H. 2019)

La Figura 15, muestra la influencia de los factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas en la Uvas (*Vitis vinífera*), basados en la investigación realizada por Paredes, H. (2019), donde se observa que a partir de la temperatura de 40 °C y utilizando el método de licuado la extracción es mayor, garantizando una cantidad adecuada de antocianinas y otros componentes, por un tiempo de 30 segundos donde se obtuvieron 23,19 mg/100 g de antocianinas a partir de la pulpa de uva Isabella.

3.1.10.2 Extracción de antocianinas en las Uvas (*Vitis vinífera*)

Según la investigación realizada por Huapaya G.(2018). sobre el proceso de extracción de antocianinas en las Uvas (*Vitis vinífera*), se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: se empleó el método de difusión; con un disolvente (etanol de 96°) a diferentes tiempos ultrasonido (10, 20, 30 min.), a 40, 50, 60 °C, con tres tiempos de extracción (20, 40, 60 minutos), diferentes pH (1, 2,3), con una relación materia prima solvente de (1:10, 1:15, 1:20) y diferentes tipos de ácidos (cítrico, fosfórico).

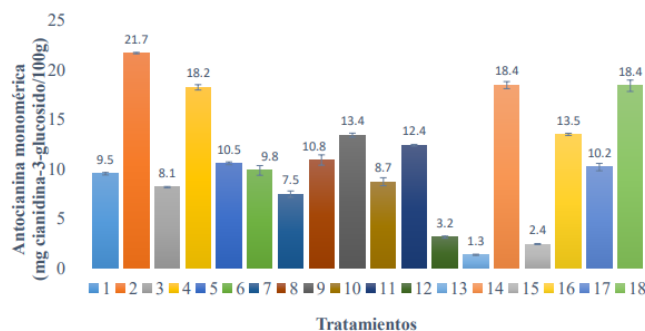


Figura 15. Cuantificación de Antocianinas Monoméricas en la Uvas (*Vitis vinífera*) respecto a los 18 Tratamientos (Huapaya G. 2018).

En la Fig 16. Se puede apreciar la influencia de los factores que intervienen en la extracción de antocianinas en la Uvas (*Vitis vinífera*), a partir de la investigación realizada por Huapaya G. (2018). El tratamiento con mayor rendimiento fue el T17 con $84,6 \pm 0,46$ % Cianidina 3 glucosido/100 g de muestra, las variables empleadas fueron las siguientes: tipo de ácido: fosfórico, tiempo de ultrasonido: 10 min, tiempo de extracción: 60 min, pH:2, temperatura de extracción: 50 °C, MP: Disolvente: 1:10 m/v.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas en la Uvas (*Vitis vinífera*) se pudo establecer que la investigación realizada por Huapaya G. (2018), a partir del empleo del método de difusión y empleando las variables anteriormente mencionadas, se generó la mayor concentración de antocianinas con un rendimiento fue el T17 con $84,6 \pm 0,46$ % Cianidina 3 glucosido/100 g de muestra.

3.1.11. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en las Fresas (*Fragaria*).

3.1.11.1 Extracción de antocianinas en las Fresas (*Fragaria*)

A partir de la investigación realizada por Ávila M. (2019) sobre el proceso de extracción de antocianinas en las Fresas se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: el extracto de la fresa liofilizada contra la fresa secada al horno, como solventes etanol, metanol y mezclas metanol-agua la relación (50/50, 60/40, 75/25, 40/60 y 25/75) y etanol-agua (50/50, 60/40, 75/25, 40/60 y 25/75).

Donde se evidenció que la fresa liofilizada presenta mayor rendimiento y el mejor solvente en la extracción fue la combinación de metanol-agua, con una concentración de 75/25, generando una mejor estabilidad, encontrando una concentración de 35,1 mg de cianidina 3-glucósido por 100 g de fruto fresco de fresa.

3.1.11.2 Extracción de antocianinas en las Fresas (*Fragaria*).

A partir de la investigación realizada por Chordi Barrufet, S. (2013), sobre el proceso de extracción de antocianinas en las Fresas se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: 15 g de fresa y 30 ml de metanol al 80%, se centrifugó a 12500 rpm durante 15 minutos a 4°C. Finalmente, se filtró y se obtuvo el

extracto de fresa., obteniendo una concentración de 371.4 mg equivalentes de ácido ascórbico/100g de muestra.

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas en las Fresas (*Fragaria*), se pudo establecer que la investigación realizada por Chordi Barrufet, S. (2013), a partir del empleo del método de extracción sólido-líquido y empleando las variables anteriormente mencionadas, se generó la mayor concentración de antocianinas con una concentración de 371.4 mg equivalentes de ácido ascórbico/100g de muestra.

3.1.12. Influencia de los Parámetros de Extracción sobre el Contenido de Antocianinas en las Frambuesas (*Rubus idaeus L.*)

3.1.12.1 Extracción de antocianinas en las Frambuesas (*Rubus idaeus L.*)

En base a la investigación realizado por Chávez C, (2016). sobre el proceso de extracción de antocianinas en las Frambuesas, se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: como solvente se utilizó una solución de metanol-agua (20:80 v/v) y 5 g de frutos de frambuesa triturada, temperatura (35, 60 y 80 °C), y tiempo de extracción (30 y 60 min).

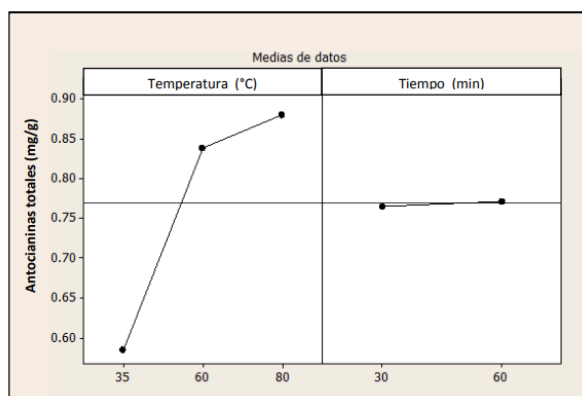


Figura 16. Influencia de los factores que intervienen para la optimización de la extracción de antocianinas de la frambuesa (Chávez C, 2016).

En la Fig 13. Se puede apreciar la influencia de los factores que intervienen en la extracción de antocianinas de frambuesa, a partir de la investigación realizada por Chávez C, (2016). Los parámetros empleados fueron una solución de metanol al 20 % del fruto

de frambuesa, la temperatura de 80 °C y el tiempo de 30 minutos donde se alcanzó el valor de 0,939 mg/g de fruta fresca.

Peña et al., (2006) menciona que el contenido de antocianinas totales en frambuesa es influenciado por el ambiente de producción y la variedad; los valores de esta variable se hallan entre 0,19 y 0,51 mg/g de fruta fresca.

3.1.12.2 Extracción de antocianinas en las Frambuesas (*Rubus idaeus* L)

En base a la investigación realizado por Peña-Varela, et al. (2006). sobre el proceso de extracción de antocianinas en las Frambuesas, se consideró los siguientes parámetros para evaluar las mejores condiciones de extracción: 3 g de materia prima vegetal, como solvente se añadieron 20 ml de ácido trifluoroacético (TFA) al 1 % en metanol, durante 24 h. Obteniéndose una concentración de 51 mg/100 g.

El contenido de antocianinas totales en frambuesa es influenciado por el ambiente de producción y la variedad; de acuerdo con Antonnen y Karjalinen (2005).

Al analizar los dos estudios de la extracción de antocianinas en las Frambuesas (*Rubus idaeus* L) se pudo establecer que la investigación realizada por Peña-Varela, et al. (2006), a partir del empleo del método de extracción sólido-líquido y empleando las variables anteriormente mencionadas, es la que obtuvo mayor concentración siendo esta de concentración de 51 mg/100 g.

Tabla 1. Factores que intervienen en la optimización de la extracción de antocianinas en diferentes especies vegetales.

Material Vegetal	Variables de Extracción	Concentración de antocianinas
Papas pigmentadas variedad (<i>Yana Shungo</i>)	Disolvente: etanol Relación 1:20 (M/V) t= 60 minutos T=67±0,5 °C	87,5 mg/100 g
Aranda Núñez, C. I. (2018)		
Maíz Morado (<i>Zea mays</i> L)	Disolvente: etanol Relación 1:80 (M/V)	18,79 mg/100 g

	t=1 hora T= 90 °C	
Manzano Naranjo, P. A. (2016)		
Col morada <i>(Brassica oleracea var. capitata f. rubra)</i>	Disolvente: etanol + ácido clorhídrico Relación 1:20 (M/V) t=120 min T= 70 °C	13,16 mg/100 g
Ramos Lalaleo, E. C. (2019)		
Capulí <i>(Prunus salicifolia)</i>	Disolvente:(Etanol/0.1N HCl) Relación: 85:15 (M/V) t= 1 hora T= 72 °C	402,39 mg/100 g
Chalán Analuisa, L. C. (2019)		
Berenjena <i>(Solanum melongena)</i>	Disolvente: etanol Relación: 85:15 (M/V) t= 3 horas T=29 °C	115 mg/100 g
Alvis A, Arrazola G y Herazo I, 2014		
Arándanos <i>(Vaccinium myrtillus)</i>	Disolvente: 50% agua y 50% etanol Relación: 1:3(M/V) t= 2 horas T= 36,6 °C	70,32 mg/100 g
ZAPATA, L., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente Polo, G., & Cárcel Carrión, J. A. (2014).		

Bastidas Bastidas, V. M. (2019)		
Mora de Castilla <i>(Rubus glaucus benth)</i>	Disolvente: EtOH: HCl 1 mol/L Relación: 1:20 (M/V) t= 60 min T=68 °C	300,5 mg/100 g
Arencibia, J. A. (2018)		
Manzana <i>(Malus domestica)</i>	Disolvente: etanol acidificado+ ácido cítrico Relación: 1:20 (M/V) t= 24 horas T=68 °C	320 mg/100 g
Huapaya Fernández, G. K. (2018)		
Uvas <i>(Vitis vinifera L)</i>	Disolvente: etanol Relación: 1:20 (M/V) t= 60 min T=50 °C	84,6 mg/100 g
Peña-Varela, G., Salinas-Moreno, Y., & Ríos-Sánchez, R. (2006).		
Frambuesas <i>Rubus idaeus</i>	Disolvente: metanol-agua Relación: (20:80 v/v) y 5 g t= 30 min T=80 °C	51 mg/100 g
Macías Candelario, R. B., & Suárez Silva, J. L. (2019)		
Remolacha <i>(Beta vulgaris L)</i>	Disolvente: etanol Relación: 1:20 (M/V) t= 48 horas T=4 °C	136 mg/100 g

Fresa (<i>Fragaria</i>)	Disolvente: metanol (con HCl al 0,1% v/v) Relación: 1:20 (M/V) t= 24 hrs T=5 °C	371,4 mg/100 g
Debnath, S.C., & Ricard, E. (2009)		

t: tiempo de extracción /T: temperatura de extracción.

Mediante un análisis detallado de los diferentes principios bibliográficos de carácter investigativo especializados en esta temática sobre las fuentes de origen vegetal y los métodos de extracción empleados, a partir de la presente investigación, se analizó las especies que contienen mayor concentración de antocianinas. Siendo el Capulí (*Prunus salicifolia*), la fruta que mayor contenido de antocianinas presenta, con una concentración de 402,391 mg/100 g. Para los vegetales la Remolacha (*Beta vulgaris* L) es el que presenta mayor contenido, con una concentración de 136 mg/100 g. En la Tabla.1, se describe a detalle las variables de extracción y la concentración de antocianinas de las diferentes fuentes de origen vegetal estudiadas.

Para realizar la extracción es necesario considerar distintos factores que tienen una influencia significativa en el proceso como: la naturaleza química, el método de extracción empleado, el tamaño de partícula de la muestra, tiempo y condiciones de almacenamiento.

Las antocianinas han ganado gran importancia como colorantes naturales para alimentos, siendo responsables de la mayoría de colores: rojos y azules de las frutas y hortalizas. En los últimos años ha crecido el interés por la investigación científica enfocada en los pigmentos antociánicos, al ser considerados como agentes potenciales para la elaboración de productos para el consumo humano, con valor agregado

Por sus características estructurales es reconocido que esta clase de compuestos son potentes antioxidantes con reconocidos beneficios para la salud humana por lo tanto se recomienda el consumo de alimentos que los contengan.

Pese al sinnúmero de ventajas que presentan las antocianinas en formulaciones farmacológicas y como sustitutos potenciales de los colorantes artificiales, existen varios factores que tienden a limitar su aplicación comercial: como la falta de disponibilidad de

material vegetal, ya que existen temporadas altas y bajas para su producción y su baja estabilidad por la luz, la temperatura, etc.

Investigaciones han encontrado que la mora posee un contenido muy elevado en antocianinas totales, tanto en fresco como deshidratados, con unas concentraciones en un rango de 300 a 400 mg/100 g

La uva presenta un alto contenido de compuestos bioactivos concentraciones en torno a 50 mg/100 g de peso fresco. La frambuesa y fresa presentan concentraciones de antocianinas totales inferiores a 50 mg/100 g de peso fresco.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

- El desarrollo de la presente revisión bibliográfica se dio a partir de varias fuentes de carácter investigativo como: tesis, artículos científicos, libros y varias publicaciones especializadas en esta temática, permitiendo conocer la importancia de las antocianinas y su obtención, a partir de varias fuentes de origen vegetal: papas pigmentadas variedad INIAP-Yana Shungo, maíz morado (*Zea mays* L), col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), el capulí (*Prunus salicifolia*), la Berenjena (*Solanum melongena*), los arándanos (*Vaccinium myrtillus*), la mora de Castilla (*Rubus glaucus* benth), la manzana (*Malus domestica*), uvas (*Vitis vinifera* L), las frambuesas *Rubus idaeus*, la remolacha (*Beta vulgaris* L), la fresa (*Fragaria*), ofrecen varios beneficios enfocados en la salud, siendo el principal su actividad antioxidante, por la capacidad de atrapar radicales libres y por su capacidad no tóxicas en formulaciones alimenticias como colorante natural.
- Las antocianinas son pigmentos naturales que tienen la capacidad de actuar en la prevención de varias enfermedades por poseer efectos terapéuticos como la capacidad antioxidante en la eliminación de radicales libres, la disminución de las enfermedades coronarias, efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios, antidiabéticos, algunas enfermedades metabólicas e infecciones microbianas por mecanismos de acción de las antocianidinas y antocianinas. En la industria de alimentos y bebidas para procesamiento e identificación, como pigmentos naturales, alimentos funcionales y suplementos alimenticios.
- En base a una revisión bibliográfica extensa se compilaron los mejores métodos reportados por la literatura científica actual, para la extracción óptima de la mayor concentración de antocianinas a partir de varias fuentes de origen vegetal: papas pigmentadas variedad INIAP-Yana Shungo 87,5 mg/100 g, maíz morado (*Zea*

mays L) 18,79 mg/100 g, col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f. rubra) 13,16 mg/100 g, el capulí (*Prunus salicifolia*) 402,391 mg/100 g, la Berenjena (*Solanum melongena*) 115 mg/100 g, los arándanos (*Vaccinium myrtillus*) 70,32 mg/100 g, la mora de Castilla (*Rubus glaucus* benth) 300,5 mg/100 g, la manzana (*Malus domestica*) 320 mg/100 g, uvas (*Vitis vinifera* L) 84,6 mg/100 g, las frambuesas (*Rubus idaeus*) 51 mg/100 g, la remolacha (*Beta vulgaris* L) 8,40 mg/100 g, la fresa (*Fragaria*) 371,4 mg/100 g. En base a cada aplicación, se debe emplear un método de extracción adecuado, de manera habitual se emplea la extracción sólido-líquido. La molécula de antocianina al presentar un carácter polar es altamente soluble en variados solventes.

- Se analizó la estabilidad de las antocianinas, durante su proceso de extracción en varias fuentes de origen vegetal, mediante la influencia de varios factores: relación material vegetal-disolvente, tiempo de extracción y temperatura, mediante un análisis de los resultados de las investigaciones realizadas para las diferentes fuentes de origen vegetal es evidente que cada factor por sí solo no influye de manera significativa en la estabilidad de las antocianinas, pero mediante la interacción entre factores: materia vegetal-volumen de solvente con el tiempo y con la temperatura los resultados se ven influenciados significativamente en la estabilidad. Para una eficiente extracción, purificación y empleo de las antocianinas, es importante conocer que factores están involucrados en su estabilidad y cuáles los mecanismos de degradación. El pH afecta tanto en la estructura y estabilidad, en la temperatura ocurre dos mecanismos la hidrólisis del enlace glucosídico se forma la aglicona y la ruptura hidrolítica, la luz acelera el proceso de degradación, la estabilidad del color se ve influenciada por la actividad de agua y la concentración del pigmento. En la actualidad el estudio del contenido y estabilidad de este tipo de compuestos es de gran importancia, ya que las antocianinas son relativamente inestables y presentan reacciones degradativas en el proceso y almacenamiento de las mismas.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

5.1. Bibliografía

- Abdel-Aal E-S. y Hucl P. 2003. Composition and Stability of Anthocyanins in Blue grained Wheat. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, 51:2174-2180.
- Aguilera-Otíz, M., Reza-Vargas, M. del C., Chew-Madinaveita, R. G., & Meza-Velázquez, J. A. (2011). PROPIEDADES FUNCIONALES DE LAS ANTOCIANINAS. *BIOTecnia*, 13(2), 16. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>
- Aguilera, M. (2009). Caracterización y estabilidad de las antocianinas de higo (*Ficus carica*) variedad Misión, cultivado en ciudad Lerdo Durango, México. Autónoma de nuevo león, México
- Aranda Núñez, C. I. (2018). *Extracción y microencapsulación de antocianinas a partir de papas nativas (Solanum spp) variedades Puca-shungo y Yana-shungo* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Arencibia, J. A. (2018). Optimización de la extracción de antocianinas a partir de manzana malaya (*Syzygium malaccense*). *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 4(1).
- Akanitapichat, P., K. Phraibung, K. Nuchklang y S. Prompitakkul. (2010). Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties. *Food Chemistry Toxicology*.48: 3017–3021.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014b). Obtención y Evaluación de la Estabilidad de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) en Bebidas. *Información tecnológica*, 25(3), 43–52. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300007>
- Ávila Hernández, M. A. (2019). Extracción y caracterización de antocianinas de la fresa mediante fluidos supercríticos asistida por campos eléctricos pulsados. Universidad Autónoma del Estado de México
- Bastidas Bastidas, V. M. (2019). Evaluación de la actividad antioxidante del contenido de antocianinas microencapsuladas de mora (*Rubus glaucus*) (Bachelor's thesis,

- Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Bonierbale, M., Amoros W., Espinoza J., Mihovilovich E., Roca W. y Gomez R., (2004). Recursos Genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. Suplemento revista latinoamericana de la papa.
- Bridgers, E.N.; Chinn, M.S.; Truong, V.D. (2010). Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. *Industrial*, en: *Crops and Products*,
- Cabezas Dipaz, M. (2019). Efecto de los parámetros de extracción acuosa de antocianinas de tres procedencias de la coronta de maíz morado (*Zea mays L.*).
- Cajiao Orellana, Y. E., & Gavilanes Rangles, M. B. (2016). *Utilización de mortiño (Vaccinium meridionale Sw.) y remolacha (Beta vulgaris L.) como fuente de antioxidantes para la elaboración de queso tipo crema a base de yogurt* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2016).
- Castañeda Ovando A, Galán Vidal CA, Pacheco Hernández M de L, Rodríguez JA, Páez Hernández ME. (2009b). Evaluación del contenido de metales y su efecto en la estabilidad de antocianinas. *Journal of Food*, 7: 225– 232
- Cazorla García, J. G. (2018). *Aplicación de la técnica de microencapsulación de betalaínas extraídas a partir de la remolacha (Beta vulgaris)* (Master's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Maestría en Tecnología de Alimentos).
- Chalán Analuisa, L. C. (2019). Estudio de las propiedades funcionales de la cáscara, pulpa y semilla del capulí (Rosaceae: *Prunus sorotina*) en estado fresco y congelado (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería en Alimentos).
- Chávez Collantes, A. (2016). Determinación de metales pesados en el agua del manantial La Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre Celendín.
- Chem, F. (2008). Regulation of Adipocyte Function by Anthocyanins ;, 642–646
- Chordi Barrufet, S. (2013). Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa

mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad (Bachelor's thesis).

- Cisowska, A., Wojnicz, D., & Hendrich, A. B. (2011). Anthocyanins as antimicrobial agents of natural plant origin. *Natural Product Communications*. <https://doi.org/10.1177/1934578x1100600136>
- Contreras, E., Castañeda, A., González, L. G., Añorve, J., & Jaimez, J. (2014). Effect of Light on Stability of Anthocyanins in Ethanolic Extracts of *Rubus fruticosus*. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.56058>
- Cruz, B. P., Chedier, L. M., Peixoto, P. H. P., Fabri, R. L., & Pimenta, D. S. (2012). Effects of light intensity on the distribution of anthocyanins in *Kalanchoe brasiliensis* Camb. and *Kalanchoe pinnata* (Lamk.) Pers. *An Acad Bras Cienc*, 7 del Valle Leguizamón, G.,
- ISSR, anthocyanin content and antioxidant activity analyses to characterize strawberry genotypes. *Journal of Applied Horticulture*, 11, 83-89.
- Fan, G., Han, Y., Gu, Z., & Chen, D. (2008). Optimizing conditions for anthocyanins extraction from purple sweet potato using response surface methodology (RSM). *LWT - Food Science and Technology*, 41(1), 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.01.019>
- Fan, Chiang H.J. and Wrolstan R.E. (2005). Food colorants: Anthocyanins. *Food Science and Nutrition* (Vol. 70). <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2914/1>
- Francis, F. J., & Markakis, P. C. (1989). Food colorants : Anthocyanins. *Food Science and Nutrition* (Vol. 28). <https://doi.org/10.1080/10408398909527503>
- Gajewski, M., Katarzyna y M. Bajer. (2009). The Influence of Postharvest Storage on Quality Characteristics of Fruit of Eggplant Cultivars. *Not. Bot. Hort. Agrobot.* 37 (2):200-205.
- García, L., Salinas, Y., & Valle, S. (2012). Betalaínas, Compuestos Fenólicos y Actividad Antioxidante en Pitaya. *Revista Fitotec Mexicana*, 35(5), 1-5.
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biológica colombiana*, 13(3), 27-36. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Ghirinos Rosana, Rogez Hervé, Campos David, Pedreschi Romina, Larondelle Yvan, (2006). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) tubers. *Eisevier B.V.* 55, 217-225.
- González León, A., & Báez Sañudo, R. (2005). Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(4). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=61028408>
- Hannum S.M (2004). Potential Impact of Strawberries on Human Health: A Review of the Science. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 44, pp. 1-17
- Heras, I., Alvis, A., & Arrazola, G. (2013). Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (*Solana melonera* L.). *Informacion Tecnologica*, 24(5), 93–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500011>
- Hou DX. (2002). Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins. *Curr Mol Med.* (2):149.
- Horbowicz M. Kosson R., Grzesiuk A. y Debski H. 2008. Anthocyanins of Fruits and Vegetables-their occurrence, analysis and role in human nutrition. *Vegetables Crops Research Bulletin*, 68:5-22.
- Huapaya Fernández, G. K. (2018). Influencia de los parámetros de extracción de antocianinas a partir de cáscara de uva (*Vitis vinífera*) utilizando el método de Taguchi.
- Jimenez, M., Castillo, I., Azuara, E., & Beristain, C. I. (2011). Antioxidant and antimicrobial activity of capulin (*Prunus serotina* subsp capuli) extracts. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=62019843004>
- Juli Mamani, D. M., & Arias Jordán, E. (2011). Antocianinas polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del género *Solanum* de pulpa azul y roja.
- Jung, E., M. Bae, E. Jo., Y. Jo, y S. Lee. (2011). Antioxidant activity of different parts of eggplant. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(18):4610-4615.

- Kim D, y Padilla O. 2004. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum and raspberry. *Journal of food science* 69: 395-400.
- Kes, P., & Bašić-Jukić, N. (2009). Lijekovi koji stimuliraju eritropoezu: Prošlost, sadašnjost i budućnost. *Acta Medica Croatica*, 63(SUPPL. 1), 3–6. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(95\)00168-9](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(95)00168-9)
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1). <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., García-Parilla, M. C., Troncoso, A. M., & Fett, R. (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Food Science and Technology*, 24(4), 691–693. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000400036>
- Kwon, Y., E. Apostolidis, y K. Shetty, (2008). In vitro studies of eggplant (*Solanum melongena*) phenolics as inhibitors of key enzymes relevant for type 2 diabetes and hypertension. *Bioresour Technology*. 99: 2981–2988
- Laleh, G., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jameei, R., & Zare, S. (2006). The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four *Berberis* species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(1), 90–92.
- Leguizamón, G., A. González-León y R. Báez-Sañudo. 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 28: 359-368
- Lemoine, M. L., Civello, P. M., Martínez, G. A. and Chaves, A. R. (2007), Influence of postharvest UV-C treatment on refrigerated storage of minimally processed broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Journal Science Food Agriculture*, 87: 1132–1139.
- Lopes da Sila F., Escribano Bailón M.T and Santos Buelga C. (2007). Stability of pelargonidin 3 glucoside in model solutions in the presence and absence of flavanols. *American Journal of Food Technology*, Vol. 2, pp. 602-617.
- Ludeña Anyosa, F. J., Gutiérrez Reyes, R. M., Palomino Eguiluz, L. R., & Rojas Castro, E. O. (2019). Obtención de extracto de antocianinas con capacidad antioxidante a

partir del descarte de exportación de arándanos para ser utilizado como colorante en la industria alimentaria.

- Luthria, D., A. Singh, T. Wilson, G. Banuelos, y B. Vinyard. (2010). Influence of conventional and organic agricultural practices on the phenolic content in eggplant pulp: Plant-to-plant variation. *Food Chemistry*. 121:406–411.
- Macías Candelario, R. B., & Suárez Silva, J. L. (2019). Determinación de polifenoles totales y actividad antioxidante de la cáscara de veteraba (*Beta vulgaris* L.) (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas).
- Manzano Naranjo, P. A. (2016). Extracción de antocianinas a partir de coronta de maíz morado (*Zea mays* L.) para el aprovechamiento de residuos agrícolas (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Martínez, B. (2009). Evaluación de la estabilidad, las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de dos extractos de plantas aromáticas limoncillo (*Cymbopogon citratus*) y cúrcuma (*Curcuma longa*). Tesis Ingeniero de Alimentos. Universidad de Córdoba. Colombia.
- Mejía Freire, A. K. (2019). Extracción, microencapsulación y actividad antioxidante del capulí (*Prunus serotina*) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Mejía Abanto, D. M. (2017). Extracción y cuantificación de antocianinas en frambuesa (*rubus idaeus* L.) a diferentes temperaturas y tiempos de extracción.
- Moldovan B, David L, Chişbora C, C. C. (2012). Degradation kinetics of anthocyanins from european cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts. Effects of temperature, pH and storage solvent. *Molecules*, 17, 11655–11666.
- Monteros, C., Yumisaca, F., Tello, C., Reinoso, I., Garófalo, J., Andrade-piedra, J., & Cuesta, X. (2011). FICHA TECNICA DE LA VARIEDAD DE PAPA INIAP – YANA SHUNGO 1. INIAP, 1–13.
- Musilová, J., Trebichalsky, P., Timoracká, M., & Bystrická, J. (2013). Cultivas as one of the factors affecting the anthocyanin content and antioxidant activity in

- strawberry fruits. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1765-1775.
- Naveda, G. (2010). Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruta graveolens*) con alto contenido de polifenoles. Tesis Escuela Politécnica Nacional.
- Nisha, P., P. Nazar y P (2009). Jayamurthy, A comparative study on antioxidant activities of different varieties of *Solanum melongena*. *Food Chemistry Toxicology*. 47: 2640–2644.
- Olaya, C., M. Castaño y G. Garzón. (2009). Stability of anthocyanins from *Rubus glaucus* Benth and *Solanum betaceum* Cav. dark-red strain as affected by temperature, storage time and water activity. *Acta Biológica Colombiana* 14 (3): 141-156.
- Paredes Tuanama, H. S. (2019). Cuantificación de antocianinas por el método de pH diferencial del fruto de la uva Isabella (*Vitis labrusca*) procedente del distrito de San Antonio de Cumbaza.
- Peña, G. et al 2006. Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12 (1):159–163.
- Peña-Varela, G., Salinas-Moreno, Y., & Ríos-Sánchez, R. (2006). Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 159-163.
- Petersson EV. Análisis de acrilamida y antocianinas en alimentos. Optimización de la extracción para analitos desafiantes. *Acta Universitatis Upsaliensis . Resúmenes integrales digitales de disertaciones de Uppsala de la Facultad de Ciencia y Tecnología* 687 . Suecia: Universidad de Uppsala; 2009.
- Ramírez, M., Aguilar, N. Y. R., & Higuera, L. J. C. (2006). Obtención de un colorante natural alimentario de mora de Castilla (*Rubus glaucus* benth). *Ciencia En Desarrollo*, 2(2).
- Ramos Lalaleo, E. C. (2019). Extracción y microencapsulación de antocianinas a partir de col morada (*Brassica oleracea* L.) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de

Ingeniería Bioquímica).

Rey JW, Grabiell RD, Wightman JD. Extracción con agua subcrítica de antocianinas de sustratos de frutos rojos . Actas del VI Simposio Internacional sobre Fluidos Supercríticos; 2003. 28-30 de abril; Lorena, Francia: Instituto Politécnico Nacional de Lorena; 2003, pág. 28-30.

Rodriguez-Saona, L. E., & Wrolstad, R. E. (2001). Extraction , Isolation , and Purification of. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.1.1-F1.1.11. <https://doi.org/10.1007/978-1-61779-624-1>

Romero, I., M. T. Sanchez-Ballesta, M. I. Escribano y C. Merodio. 2008. Individual anthocyanins and their contribution to total antioxidant capacity in response to low temperature and high CO₂ in stored Cardinal table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 49: 1-9.

Sadilova, E., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) and violet pepper (*Capsicum annuum* L.) peel extracts. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 61(7–8), 527–535. <https://doi.org/10.1515/znc-2006-7-810>

Salas Aquice, D. P., & Tovalino Párraga, S. J. (2018). Obtención de antocianinas de papa nativa “Yawar Wayku”(Solanum Stenotomum) para la elaboración de un colorante natural aplicable a alimentos.

Sánchez, E. (2017). Extracción y Cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción.

Segura, D. Evaluación del potencial funcional de 15 genotipos de papa nativa. Lima, 2004, Tesis. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina.

Skrede, G., Wrolstad, R. E., & Durst, R. W. (2000). Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Food Science*, 65(2), 357–364. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb16007.x>

Todaro, A., F. Cimino, P. Rapisarda, A. Catalano, R. Barbagallo y G. Spagna.(2009), Recovery of anthocyanins from eggplant peel. *Journal Food Chemistry* 114: 434-

- Vareed, S. K., Reddy, M. K., Schutzki, R. E., & Nair, M. G. (2006). Anthocyanins in *Cornus alternifolia*, *Cornus controversa*, *Cornus kousa* and *Cornus florida* fruits with health benefits, 78, 777–784. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.05.094>
- Villacorta, L. F. M., Infante, F. E. T., & Vásquez, C. C. P. (2016). Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutas. *Pueblo Continente*, 18(2), 209-214
- Vimolmangkang S, Zheng DM, Han YP, Khan MA, Soria-Guerra RE, Korban SS. (2014). *Transcriptome analysis of the exocarp of apple fruit identifies lightinduced genes involved in red color pigmentation*. *Gene*;534:78–87
- Wruss J, Waldenberger G, Huemer S, Uygun P, Lanzerstorfer P, Müller U, Höglinger O, Weghuber J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *J Food Comp Anal*; 42: 46-55.
- Wang, H., Cao, G., & Prior, R. L. (1997). Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins, 8561(96), 304–309. <https://doi.org/10.1021/jf960421t>
- XUEMING, L. et al. (2004): “Quantification and purification of mulberry anthocyanins with macroporous resins”. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5, pp. 326-331, China.
- Zapata, L. M. (2014). *Obtención de extracto de antocianinas a partir de arándanos para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria* (Doctoral dissertation).
- ZAPATA, L., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente Polo, G., & Cárcel Carrión, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, 25(49), 166-192.
- Zheng, N., Z. Wang, F. Chen y J. Lin. (2011). Evaluation to the antioxidant activity of total flavonoids extract from *Syzygium jambos* seeds and optimization by response surface methodology. *Journal Pharm Pharmacol*. (21):2411-2419.