



FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE
INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“EXTRACCION, CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD
DE ANTOCIANINAS Y OTROS COMPUESTOS
ANTIOXIDANTES”.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:
TOMASINI JHILMAR MARTIN REYES JIMENEZ**

**ASESOR:
Ing. EMILIO DIAZ SANGAMA MSc.**

IQUITOS, PERÚ

2018.

EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
TITULO: “EXTRACCION, CARACTERIZACION Y
ESTABILIDAD DE ANTOCIANINAS Y OTROS
COMPUESTOS ANTIOXIDANTES”.



UNAP

Facultad de Industrias Alimentarias

ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL AÑO 2018


En la ciudad de Iquitos, siendo las 17:45 horas, del día Miércoles 21 de noviembre del 2018, en el Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se reunió el Jurado Calificador del Examen de Suficiencia Profesional Año 2018, designado con Resolución Decanal N° 254-FIA-UNAP-2018, con la presencia del Secretario Académico de la Facultad de Industrias Alimentarias, para dar inicio a la defensa de la Memoria Descriptiva titulado: **“EXTRACCION, CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE ANTOCIANIMAS Y OTROS COMPUESTOS ANTIOXIDANTES”**, por el Bachiller **TOMASINI JHILMAR MARTIN REYES JIMENEZ**, con un tiempo de 15 minutos de exposición, 30 minutos de resolución de las preguntas y 15 minutos de deliberación del Jurado Calificador .

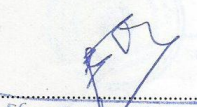
El Bachiller **TOMASINI JHILMAR MARTIN REYES JIMENEZ**, en la primera fase del proceso de titulación por la modalidad de Examen de Suficiencia Profesional, en el examen escrito obtuvo la nota de **13**, la que será sumada y promediada con la nota de la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva.


Luego de la deliberación del Jurado Calificador, el Bachiller **TOMASINI JHILMAR MARTIN REYES JIMENEZ**, obtuvo la nota de 16 en la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva titulada **“EXTRACCION, CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE ANTOCIANIMAS Y OTROS COMPUESTOS ANTIOXIDANTES”**,


Siendo las 18:45 horas del día Miércoles 21 de noviembre del 2018, el Jurado Calificador, conformado por don Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, Presidente, don Elmer Trevejo Chávez, don Elmer Alberto Barrera Meza, doña Miriam Ruth Alva Angulo y don Juan Alberto Flores Garazatúa, al consolidar las notas del examen escrito y la presentación oral, con un valor de 50% cada una, tal cual lo establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Industrias Alimentarias en su Artículo 44° incisos a, b, c, d, y e, el Bachiller **TOMASINI JHILMAR MARTIN REYES JIMENEZ** obtuvo la nota de 15 y declaran que, ha aprobado el **EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** con el calificativo de bueno y esta apta para iniciar sus trámites administrativos para la obtención del Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en fe de lo cual suscriben la presente ACTA en ocho (8) ejemplares.


Para constancia firmamos el presente documento;

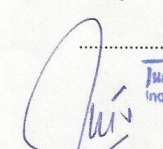

Alenguer Gerónimo Alva Arévalo
 Presidente
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 46167


Elmer Trevejo Chávez
 Miembro
 Ingeniero en Alimentos
 CIP: 14492


Elmer Alberto Barrera Meza
 Miembro
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 116648


Miriam Ruth Alva Angulo
 Miembro
 Licenciada en Nutrición
 CNP: 0130



Juan Alberto Flores Garazatúa
 Miembro
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 11648


Emilio Díaz Quiñones
 Asesor
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 75911




Miembro de Jurado

Examen de suficiencia profesional aprobado en sustentación pública en la ciudad de Iquitos, en las instalaciones del Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, llevado a cabo el día Miércoles 21 de Noviembre del 2018, siendo las 18:45 horas, siendo los Miembros de Jurado Calificador los abajo firmantes.



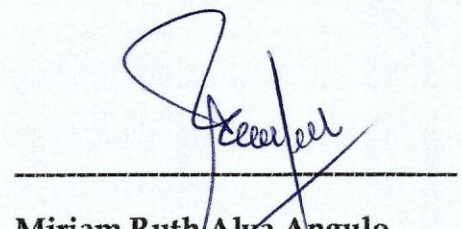
Alenguer Gerónimo Alva Arévalo
Presidente




Elmer Trevejos Chavez
Miembro



Juan Alberto Flores Garazatua
Miembro



Miriam Ruth Alva Angulo
Miembro



Elmer Alberto Barrera Meza
Miembro

Dedicatoria

A mis padres Elva Rosa y Tomas Simón,
que en todo momento jamás dejaron y
siguen apostando para seguir
superándome. A mis hermanos que son el
motor y motivación para continuar con las
metas: Excy Milena y Jhilmar Martin,
aunque se encuentre en el cielo siempre será
el ángel que me cuide y guie mi camino. A
mí gordita Yolanda Luz por su apoyo
incondicional.

Tomasini Jhilmar M. Reyes Jiménez

Agradecimientos

Doy gracias a Dios, porque cada día en esta etapa de mi vida estuvieron y seguirán estando conmigo, siendo mis guías principales en mis decisiones. Agradezco a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), a través de la Facultad de Industrias Alimentarias, por haberme albergado en sus aulas y formado firmemente en mi carrera profesional.

Agradezco inmensamente a los profesores Ingenieros RICARDO GARCIA PINCHI que dios lo tengo en su gloria, Allenger Arevalo por su apoyo incondicional en una gran etapa de la carrera y ampliar mi visión como profesional. Me faltaría palabras de agradecimiento invaluable a cada uno de los docentes responsables de mi formación profesional, todos y cada uno de ellos aportaron más de lo esperado.

INDICE

	Pagina
Acta de examen de Suficiencia Profesional año 2018.	iii
Miembro de Jurado.	iv
Dedicatoria.	v
Agradecimiento.	vi
Índice.	vii
Índice de tablas.	ix
Índice de figuras.	x
Resumen.	xi
Abstract.	xii
Introducción.	13
CAPITULO I: OBJETIVOS	14
1.1. Objetivo General	15
1.2. Objetivos Específicos	15
CAPITULO II: REVISION BIBLIOGRAFICA.	16
2.1. Definición: Antocianinas.	17
2.2. Clasificación de las Antocianinas.	18
2.3. Estructura de las antocianinas.	19
2.4. Biosíntesis: Bioquímica de la Antocianina.	21
2.4.1. Bioquímica	21
2.5. Distribución	24
2.6. Funciones de las antocianinas	27
2.6.1. Color y funciones ecológicas	27
2.6.2. Lesiones por frio en las antocianinas	28
2.6.3. Marcador de Buenas Prácticas de Manufactura en la Industria Alimentaria	29
2.7. Estabilidad de las antocianinas y efectos físicos químicos	29
2.7.1. Efecto del pH.	30
2.7.2. Efecto de la Temperatura	31
2.7.3. Efecto del Agua	32
2.7.4. Efecto de Copigmentacion	32
2.7.5. Efecto del Oxígeno y el Ácido Ascórbico	35
2.7.6. Efectos de la Luz	35
2.7.7. Efecto del Dióxido de Sulfuro	35
2.8. ASPECTOS METODOLÓGICOS	36
2.8.1. Método de Extracción	36
2.8.2. Método de Separación	36
2.8.3. Método de caracterización	37
2.8.3.1. Espectroscopia	38
2.9. Caracterización de la Antocianina en la Industria Alimentaria.	40
2.9.1. Caracterización de las antocianinas de los frutos de lechler	40
2.9.2. Caracterización de las Antocianinas de la Flor de Ceibo como Sensibilizadores Nativos para su uso en Celdas Fotovoltaicas	41
2.9.3. Capacidad antioxidante y caracterización estructural de las antocianinas de los frutos Rojo de Prunus domestica L. Ficus carica y Vitus vinífera L. red glove cultivados en Perú	42
2.10. Antioxidantes.	43
2.10.1. ¿Qué son los antioxidantes?	43
2.10.1.1. Clasificación de los antioxidantes	44
2.10.1.2. Perspectiva de la Relación Antioxidantes Envejecimiento Humano.	45
2.10.1.3. Relación Antioxidantes-Ejercicio Físico y Salud Humana.	47

2.10.1.4. Otras Investigaciones Sobre Frutas como Fuentes de Antioxidantes.	48
2.10.2. ¿Qué son los radicales libres?	44
2.10.3.	45
2.10.4. Proceso de oxidación y los agentes promotores	47
2.11. Otros antioxidantes	52
2.11.1. ¿Qué son los Radicales Libres?	52
2.11.2. El Estrés Oxidativo	53
2.11.3. Proceso de Oxidación y los Agentes Promotores.	55
2.11.4. Vitamina C. (Ácido ascórbico)	55
CAPITULO III: CONCLUSIONES	58
CAPITULO IV: RECOMENDACIONES	60
CAPITULO V: GLOSARIO DE TERMINOS	62
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66

INDICE DE TABLAS

	Pagina
Tabla N° 1. Nombre, grupo y color de las antocianinas	19
Tabla N° 2. Estructura básica y reemplazos de las antocianinas	21
Tabla N° 3. Las antocianinas en las plantas y su localización tisular	25
Tabla N° 4. Las antocianinas en algunas plantas comunes que se utilizan como alimento.	26
Tabla N° 5. Aplicaciones interesantes de la biología molecular en los flavonoides biosintéticos camino para mejorar las características de importancia comercial	28
Tabla N° 6. Método y características para preparar el extracto etanólico.	37
Tabla N° 7. El uso de la Espectroscopia UV-Visible y las características estructurales de antocianinas.	38
Tabla N° 8. Otras metodologías Espectroscopia utilizados en el estudio de las antocianinas.	39
Tabla N° 9. Las pruebas químicas para antocianina. Caracterización	40
Tabla N° 10. Clasificación de Antioxidantes	44
Tabla N° 11. Clasificación de antioxidantes de acuerdo a solubilidad y valor nutritivo.	55
Tabla N° 12. Clasificación de los antioxidantes según el sitio donde ejercen su acción.	55
Tabla N° 13. Clasificación de los antioxidantes según origen.	56

INDICE DE FIGURAS

	Paginas
Figura N° 1. Clasificación de las antocianinas	19
Figura N° 2. Estructura química de la antocianina	20
Figura N° 3. Biosíntesis de la antocianina	23
Figura N° 4. Estructura de las antocianinas a diferentes pH's	31
Figura N° 5. Interacciones de antocianinas	33
Figura N° 6. Formación de complejo a través de interacción Intermolecular	34

“EXTRACCION, CARACTERIZACION Y ESTABILIDAD DE ANTOCIANINAS Y OTROS COMPUESTOS ANTIOXIDANTES”.

Resumen

En estos momentos existe gran demanda respetable de colorantes naturales alternativos a los colorantes artificiales, como el rojo, debido a su toxicidad en alimentos, maquillajes y productos boticarios. Las antocianinas son tintes naturales con gran potencial para el reemplazo competitivo de colorantes artificiales; por lo que, es de gran importancia conocer los aspectos bioquímicos que enmarcan estos pigmentos. El objetivo de esta revisión es ofrecer un esquema actualizado de las cualidades químicas y bioactivas de las antocianinas y de su potencial como tintes de origen natural. Las antocianinas son colorantes responsables de la gama de colores que abarcan desde el rojo hasta el azul de muchas frutas, vegetales y cereales. El interés en estos tintes se ha intensificado gracias a sus posibles efectos higiénicos y benéficos, dentro de los cuales se encuentran la disminución del sufrimiento coronario, los efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; además del mejoramiento de la sutileza visual y del comportamiento sapiente. Las posiciones bioactivas de las antocianinas abren una nueva apariencia para la obtención de productos tintes con valor agregado para el consumo humano.

EXTRACTION, CHARACTERIZATION AND STABILITY OF ANTOCIANINS AND OTHER ANTIOXIDANT COMPOUNDS

ABSTRACT

At this time there is a great respectable demand for natural colors alternative to artificial colors, such as red, due to their toxicity in food, makeup and apothecary products. Anthocyanins are natural dyes with great potential for competitive replacement of artificial colors; Therefore, it is very important to know the biochemical aspects that frame these pigments. The objective of this review is to offer an updated scheme of the chemical and bioactive qualities of anthocyanins and their potential as natural dyes. Anthocyanins are dyes responsible for the range of colors ranging from red to blue of many fruits, vegetables and cereals. The interest in these dyes has intensified thanks to its possible hygienic and beneficial effects, which include the decrease in coronary suffering, anti-cancer, anti-tumor, anti-inflammatory and anti-diabetic effects; in addition to the improvement of visual subtlety and sapient behavior. The bioactive positions of anthocyanins open a new appearance to obtain dye products with added value for human consumption.

Introducción:

En la actualidad el color es uno de los caracteres más significativos en los alimentos, también se usa como base para la identificación y calidad de estos, por su valor estético. Por ende, el color es una de las propiedades sensoriales muy importante, ya que el consumidor juzga el alimento principalmente por su apariencia y lo atañe directamente con la propiedad del alimento. En estos tiempos de industrialización que está abarcando en los alimentos procesados, se busca usar sustancias que proporcionan un color agradable para la vista del público. Inicialmente se utilizaban colorantes sintéticos en bebidas carbonatadas, alimentos horneados y en otros procesos. Sin embargo, se descubrió que algunos colorantes sintéticos poseen propiedades tóxicas, causando deterioros considerables en la humanidad. Es por esta razón que el interés por el uso de los colorantes naturales ha ido aumentando (Badui, 2014). Es por eso que muchos científicos buscaron la manera de como remplazar los colorantes artificiales como el color rojo, que muy empleado en la mayoría de las bebidas y un gran número de alimentos. Es ahí que realizaron investigaciones en fuentes naturales como extraer dicho color. Es ahí donde salen el estudio en las betalainas, ácido carmínico, algunos carotenos y las antocianinas. Las antocianinas son probablemente los colorantes naturales más conocidos y que presentan una gama de colores más amplios presentándose en las mayorías de las frutas y los vegetales, son accesibles en agua, no son tóxicas y forman complejos no covalentes intensamente coloreadas con algunos metabolitos secundarios de las plantas tales como los flavonoides y ciertas aleaciones como el aluminio. Sin embargo, las antocianinas han sido consumidas durante décadas por los humanos por medio de las frutas y hortalizas tales como las cerezas, uvas, rábanos, ciruelas, etc. Por lo que pueden realizarse en la industria alimenticia sin ningún problema como opciones a los colorantes artificiales, para crear un color agradable a la vista del usuario y que además tenga estabilidad durante el proceso y almacenamiento de alimentos.

CAPITULO I: OBJETIVOS.

1.1. Objetivo General

- Dar a conocer un esquema actualizado sobre el potencial de las antocianinas como colorantes de origen natural, y de sus propiedades químicas y bioactivas.

1.2. Objetivos Específicos

- Dar a conocer el impacto que generan sobre las características sensoriales y físico químicos en los alimentos.
- Dar a conocer las propiedades que pueden generar las antocianinas al implicar la salud humana.
- Dar a conocer la clase de las antocianinas en la fabricación de colorantes alimenticios

CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. DEFINICIÓN: ANTOCIANINAS.

Estos pigmentos son responsables del grado de colores que abarcan desde el purpúreo hasta el azul en varias frutas, vegetales y cereales, acumulados en las vacuolas de la célula. Las antocianinas representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible por el ojo humano (Badui, 2014).

Las antocianinas provienen del vocablo griego: anthos, que significa una flor, y kyanos: que significa azul oscuro), flavonoides (parecidos a los flavanos) que se encuentran comúnmente en la naturaleza.

ANTOCIANIDINAS + AZÚCARES = ANTOCIANINAS

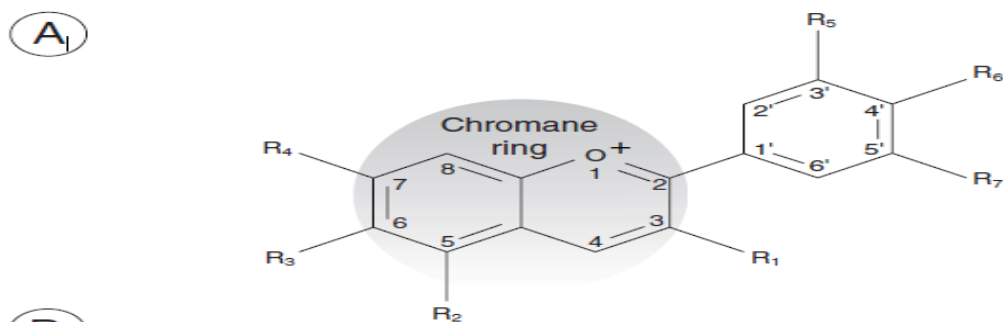
Las antocianinas poseen diferentes puestos en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contagio viral y microbiana. El interés por los colores antociámnicos e indagación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la disminución de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes, neuronales, cardiovasculares; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la perspicacia visual y comportamiento sapiente (WROLSTAD et al, 2000).

Estos atributos de las antocianinas, como colorantes y antioxidantes, resultan de beneficio para establecer la metodología de extracción para poder utilizar posteriormente la utilidad en estudios tecnológicas, especialmente como corrección en la industria alimentaria e unir a alimentos y refrescos (CASTAÑEDA et al, 2009).

2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ANTOCIANINAS.

Las antocianinas muestran una gran diversidad en la naturaleza, pero todos se basan en un dígito mínimo de las estructuras básicas de antocianinas. Tal diversidad representada por una infinidad de colores naturales se produce por la combinación química de la estructura de antocianina básico C-6-C-3-C-6 con azúcares y / o acilo grupos. Las antocianinas más importantes el número 17; sus diferencias son en número y posición de los grupos éter hidroxilo y / o metilo, pero 6 son los más abundantes en la naturaleza. Para obtener una antocianina, la antocianina se debe combinar con al menos una molécula de azúcar; Por lo tanto, antocianinas también se clasifican por el número de moléculas de azúcar en sus estructuras (por ejemplo, monosides, biosides, triosides). Es evidente que la diversidad de antocianinas se asocia con el número de azúcares que se ubican en la naturaleza, pero las antocianinas glicosiladas se forman con glucosa, ramnosa, xilosa, galactosa, arabinosa, y fructosa. Además, la diversidad se aumenta aún más por la combinación química de estos azúcares con ácidos orgánicos (los más comunes son cumárico, cafeico, ferúlico, p-hidroxilo benzoico, synapic, malónico, acético, succínico, oxálico, y málico) para producir antocianinas aciladas, por otra parte, el color también se ve presumida por el número de grupos hidroxilo y metoxilo: si en su estructura encontramos más grupos de hidroxilo, el color va hacia un tono más azulado, o si en su estructura encontramos más grupos metoxilo su color de enrojecimiento aumenta. Curiosamente el color también depende de la interacción de los elementos de antocianina con otras moléculas y/o condiciones de los medios. (DURST Y WROLSTAD, 2001).

Figura N°1. Clasificación de las Antocianinas.



(B)

Name	Hydroxyl group in	Color
Apigeninidin	5, 7, 4'	Orange
Aurantinidin	3, 5, 6, 7, 4'	Orange
Cyanidin	3, 5, 7, 3', 4'	Magenta and crimson
Delphinidin	3, 5, 7, 3', 4', 5'	Purple, mauve, and blue
8-Hydroxycyanidin	3, 5, 6, 7, 3', 4'	Red
Luteolinidin	5, 7, 3', 4'	Orange
Pelargonidin	3, 5, 7, 4'	Orange, salmon
Triacetidin	5, 7, 3', 4', 5'	Red

Fuente: (DURST Y WROLSTAD), 2001.

Estructura básica de pigmentos de antocianidina en los que Rx podría ser (A), OH (B), o OCH₃ (C) en función del pigmento considerado. La nomenclatura más comúnmente aceptada de numeración de átomos de carbono se indica en el íntimo de la estructura. Los pigmentos de antocianidina más representados en la naturaleza están subrayados.

2.3. ESTRUCTURA DE LAS ANTOCIANINAS.

Las antocianinas son glucósidos de antocianinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, mezclados por dos anillos aromáticos A y B fusionados por una cadena de 3 C.

Tabla N°1. Nombre, grupo y color de las antocianinas.

(C)

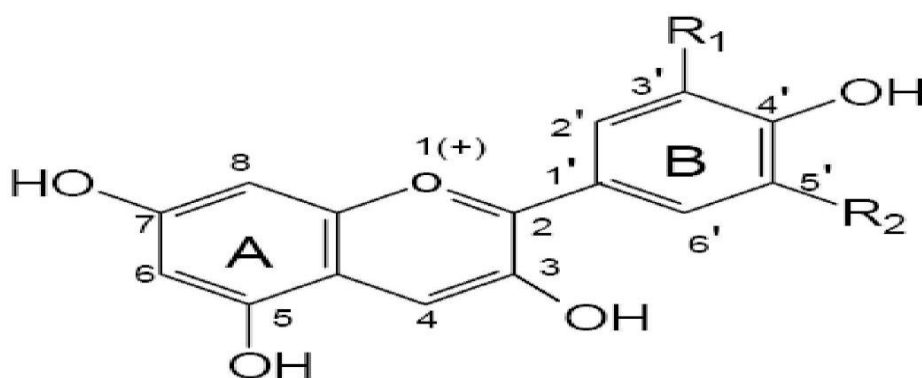
Name	Methyl ether group in	Color
Capensinidin	5, 3', 5'	Bluish red
Europenidin	5, 3'	Bluish red
Hirsutidin	7, 3', 5'	Bluish red
Malvidin	3, 5'	Purple
5-Methylcyanidin	5	Orange-red
Peonidin	3'	Magenta
Petunidin	3'	Purple
Pulchellidin	5	Bluish red
Rosinidin	7	Red

Fuente: (DURST Y WROLSTAD), 2001.

Las antocianinas son los compuestos químicos responsables de conferir los colores rojo, azul y violeta, en hojas, flores y frutos; que están constituidos por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de una unión β -glucosídico. La ordenación química elemental de estas agliconas es el ion flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio, que se compone de dos conjuntos aromáticos: un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); pares unidos por una sucesión de tres átomos de carbono. (AGUILERA et al, 2011).

El color de las antocianinas depende del número y colocación de los grupos hidroxilo y metoxilo del átomo. A mayor incremento en la hidroxilación causan desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que aumentos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas. En la naturaleza, hay una variedad de antocianinas que presentan reemplazos glicosídicos en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que aumentan su solubilidad. Dentro de los azúcares glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Otra posible diferenciación en la ordenación es la acilación de los restos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: p-coumárico, caféico, ferúlico, sinápico, gálico, o p-hidroxibenzoico. (STINTZING et al., 2002).

Figura N° 2. Estructura Química de la Antocianina.



Fuente: (DURST Y WROLSTAD), 2001.

Tabla N° 2. Estructura básica y remplazos de las antocianinas.

Aglicona	Substitución		$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)
	R ₁	R ₂	Espectro visible
Pelargonidina	H	H	494 (naranja)
Cianidina	OH	H	506 (naranja-rojo)
Delfinidina	OH	OH	508 (azul-rojo)
Peonidina	OCH ₃	H	506 (naranja-rojo)
Petunidina	OCH ₃	OH	508 (azul-rojo)
Malvinidina	OCH ₃	OCH ₃	510 (azul-rojo)

Fuente: (GARZÓN), 2008.

2.4. BIOSÍNTESIS: BIOQUÍMICA DE LA ANTOCIANINA.

2.4.1. Bioquímica.

Los precursores de las antocianinas son producidos por la vía glucolítica (fosfoenolpiruvato) y la vía de las pentosas fosfato / Calvin ciclo (eritrosa-4-fosfato). Estos compuestos son los bloques de construcción de ácido shikímico, que junto con acetato forma las piedras de construcción aromáticas primarias de muchos compuestos fenólicos, incluyendo antocianinas.

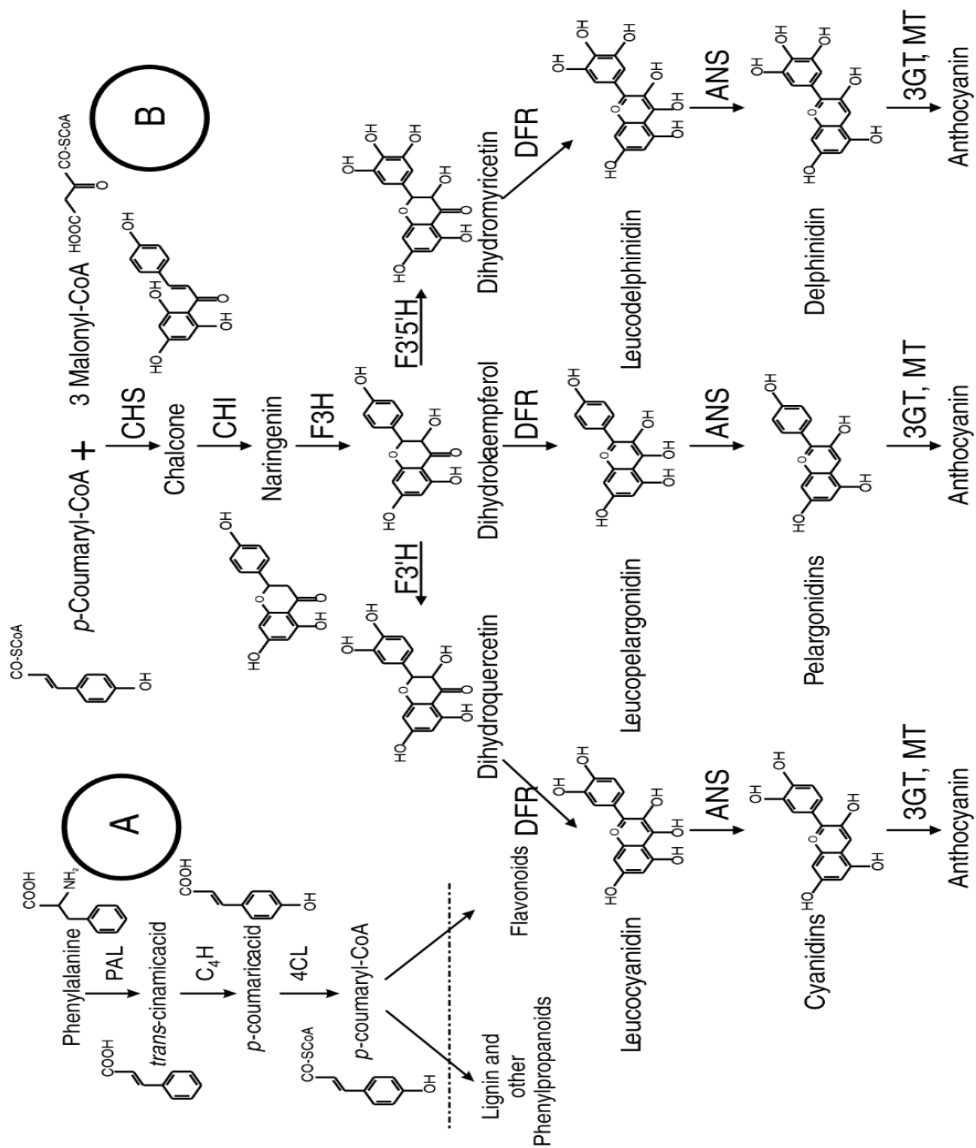
Dos partes principales constituyen el rumbo de biosíntesis de antocianina:

1. Los precursores de metabolismo general de fenilpropanoides (Figura N° 3)
2. Pasos específicos hacia la biosíntesis de flavonoides (Figura N° 3).

En la primera parte, la vía de shikimato se utiliza para producir varios ácidos orgánicos tales como cinámico, p-cumárico, cafeico, ferúlico, clorogénico, y fenilalanina.

La fenilalanina se convierte en p-cumaril-CoA en un proceso que implica tres enzimas: PAL, cinnamate-4-hidroxilasa (C4H), y ligasa 4-cumaril-CoA (4CL). p-cumaril-CoA es el principal antecesor de flavonoides, lignina y otros fenilpropanoides (Figura 3.A.), ácido p-cumárico se utiliza para construir el C-6-C-3 (anillos aromáticos B y carbonos correspondiente al anillo C) porción de la estructura básica de flavonoides (Figura N° 1). En la segunda parte (Figura 3.B.), la sintasa de chalcona (CHS), que se considera la enzima clave en la biosíntesis de flavonoides, cataliza la condensación de tres moléculas de malonil-CoA con 4-cumaril-CoA para formar la chalcona intermedia. Como se puede deducir, la acetil-CoA proporciona el anillo A y el oxígeno del anillo central de pirano largo de malonil-CoA. Para dilucidar las etapas iniciales de la biosíntesis de antocianinas, se han utilizado células indiferenciadas de perejil, maíz, boca de dragón, y petunia. En el siguiente paso, chalcona se isomerizada a naringenina por la chalcona isomerasa de la enzima (CHI), en una reacción estereoespecífica. La naringenina (una flavanona) es un precursor de flavonoides e isoflavonoides. Un grupo mono- o di-oxigenasa (dependiendo del tejido) se utiliza para convertir la naringenina en dihidrocanferol (flavona), que es convertido por F3'H y F3'5'H en dihidroquercetina y dihidromiricetina, respectivamente. En la siguiente reacción, dihidroflavonol-4-reductasa (DFR) cataliza la conversión de dihidrocanferol, dihidroquercetina, y dihidromiricetina en leucoantocianidinas, en un NADPH o reacción dependiente de NAD. Más adelante en las leucoantocianidinas vía se transforman a las antocianidinas de color, la reacción que implica etapas de oxidación y de deshidratación; la actividad enzimática asociada con esta reacción se ha llamado antocianidina sintasa (A.N.S) (FENNEMA, 2010).

Figura N° 3. Biosíntesis de la Antocianina.



Fuente: (DURST & WROLSTAD), 2001.

2.5. DISTRIBUCIÓN.

Según la tabla N° 4, las estructuras de antocianinas producen una gran diversidad de colores de color escarlata al azul que están claramente representados en flores y frutas, aunque también están presentes en las hojas y órganos de almacenamiento. Las antocianinas son habituales en los vegetales superiores, pero que están retirados en algunas plantas inferiores, tales como las hepáticas y algas. En la naturaleza, es posible encontrar plantas con un tipo principal de antocianina (por ejemplo, flores, frutas *Camellia* japónica, *Panax ginseng*), mientras que otros tienen mezclas (por ejemplo, cultivares de la dalia, frutas *Beta vulgaris*).

De hecho, este rango de variabilidad es también común en plantas utilizadas como fuente de alimento, en general, la concentración de antocianina en la totalidad de frutas y verduras varía de 0,1 a 1% de peso seco (Peso Seco) 0,1. En el Tabla N°4 se detalla las antocianinas en plantas y su localización tisular.

Tabla Nº 3. Las Antocianinas en las plantas y su localización tisular.

Modelo Flores	Antocianina
<i>Buchholtzii billbergia</i>	Mv 3,5-diglucósido
<i>Camellia japonica</i> cvs.	Cy 3-glucósido
<i>Commelina communis</i> <i>petropolitana</i> Portea	Dp 3- (6 "glucósido -p-cumaril) -5- (6-malonilglucósido) Cy, Mv 3,5-diglucósidos
<i>Tradescantia</i> spp.	Tricaffeyl Dp 3,7,3'-triglucósido
<i>Dalia</i> cultivares	Pg, Cy 3- (6 "-malonylglucoside) -5-glucósido, Pg, Cy 3,5-di (malonil) glucósido.
<i>Gladiolo</i> cultivares	Cy, Dp, MV, PG, Pn, PT 3-ramnosil-glucósido-5-glucósidos
Frutas	
<i>Panax ginseng</i>	Pg 3-glucósido
<i>Persea americana</i>	Cy 3-galactósido, 3,5-diglucósido-p-cumarato
<i>Sambucus nigra</i>	Cy 3-glucósido-3-sambubiosido, 3-sambubiosido-5- glucósido, 3,5-diglucósido, 3-xylosylglucoside, 3-rhamnosylglucoside
<i>Olea europea</i> cvs.	Dp 3-rhamnosylglucoside-7-xilósido, Cy 3-rutinósido
<i>Beta vulgaris</i>	Cy, Pn, Pt 3-glucósidos
<i>Citrus sinensis</i>	Cy, DP 3-glucósidos, Cy, DP, Pn 3,5-diglucósidos, Cy 3- (acetylglucoside), 3- (ferulylglucoside), 3- (sinapylglucoside), Pn 3- (p-coumarylglucoside)
Hoja	
<i>Alocasia</i> spp.	Cy 3-rutinósido
<i>Aquatica zizania</i>	Cy 3-glucósido, 3-rhanosylglucoside
<i>Epimedium</i> spp.	Cy 3- (p-coumarylsophoroside)
<i>Cichorium intybus</i>	Cy 3- (6 "-malonylglucoside)
<i>Cosmosus Ananas</i>	Cy 3,5,3'-triglucósido, CY, Pn 3,5-diglucósidos
Vástago	
<i>Riedelianum asterostigma</i>	Cy 3-rutinósido, 3-glucósido
<i>Tripartita pinelia</i>	Cy 3-rutinósido
<i>Scabrum Solanum</i> spp. Scabrum	glucósidos Mv, Pt
<i>Polygonum</i> spp.	Cy 3-glucósido, 3-galactósido, 3-arabinósido, 3-rutinósido, 3-arabinosylglucoside, Cy, Pn 3-arabinósido-5-glucósidos, Mv 3,5-diglucósido
Otras partes de plantas	
<i>Alata Discorea</i> (tubérculo)	Cy-3-glucósido
<i>Pistacia vera</i> (Piel kernel tuerca)	Cy 3-galactósido
<i>Jaburan Ophinapogon</i> (Cubierta de semi)	Pt 3- (2G-glucosylrutinoside)
<i>Raphanaus raphanistrum</i> (raíces)	Pg 3- (caffeylsophoroside) -5-glucósido, Pg 3- (ferulilo-sophoroside) -5-glucósido
<i>Punica granatum</i> (Cubierta de semilla)	Cy, Dp 3-glucósidos, 3,5-diglucósidos

Las antocianidinas correspondientes son Cy = cianidina, Dp = delfinidina, Mv = malvidina, Pg = pelargonidina, Pn = peonidina, y Pt = petunidina.

Fuente: (HARBOME Y GRAYER), 1998.

Tabla N°4. Antocianinas en algunas plantas comunes que se utilizan como alimento.

Nombre común	Nombre Científico	Antocianinas
Cebolla roja	<i>Allium cepa</i>	Cy 3-glucósido y 3-laminariobioside, no acilado y acilado con éster de malonilo, Cy 3-galactosa y 3-glucósido; Pn 3-glucósido
Higo	<i>ficus spp.</i>	Cy 3-glucósido, 3-rutinósido y 3,5-diglucósido, Pg 3-rutinósido
Fresa	<i>Fragaria spp.</i>	PG y Cy 3-glucósidos
Cubierta de la semilla de soja	<i>máximos glicina</i>	Cy y Dp 3-glucósidos
Camote morado	<i>Ipomoea batatas</i>	Cy y Pn 3-sophoroside-5-5-glucósidos acilados con ésteres feruloil y cafeóilo
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Pn 3-galactósido
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	Pg 3-diglucósido, Dp 3-glucósido
Ciruela	<i>Prunus domestica</i>	Cy y Pn 3-glucósidos y 3-rutinósidos
Arándano común	<i>Vaccinium macrocarpon</i>	Cy y Pn 3-galactósidos, 3-arabinósidos y 3-glucósidos
Uva	<i>Vitis spp.</i>	Cy, Pn, Dp, Pt y Mv mono y diglucósidos, libre y acilado
El maíz morado	<i>Zea mays</i>	Cy, Pg y Pn 3-glucósidos y Cy 3-galactósido, libre y acilado

Fuente: (SARI et al), 2012.

2.6. FUNCIONES DE LAS ANTOCIANINAS.

2.6.1. Color y Funciones Ecológicas.

Como flavonoides, las antocianinas cumplen un documento transcendental en la naturaleza, tales como antioxidante, foto protección, mecanismos de defensa, así como otras funciones ecológicas (fenómenos simbiosis). La relación entre el tipo de antocianina (color de la flor) y los mecanismos de la polinización, dispersión de semillas, y antifeedante está claramente establecido; como un ejemplo, colores delfinidina son comunes en familias de abejas de polinización, como Primuláceas, Polemoniaceae, Hydrophyllaceae, y Boraginaceae. Se ha demostrado claramente que algunas especies de plantas son aisladas reproductivamente debido a las preferencias de polinización: la polinización de *Mimulus lewisii* se asocia con abejorros, mientras que *M. cardinalis* se asocia con colibríes. Algunas antocianinas actúan como agentes de control biológico, como lacionidina-3-glucósido, que inhibe el crecimiento de las larvas en la oruga del tabaco *Heliothis virescens*. Las Antocianinas - La Fotosíntesis y La Foto protección Se ha sugerido que las antocianinas en las hojas aumentan la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis y reducen la fotoinhibición; esto se debe a que las antocianinas y la clorofila b absorben en la misma región (520 a 530 nm). Mediante el estudio de dos plantas de la selva tropical (*Begonia pavonina* RIDL. Y *triolena hirsuta* Triana), se encontró que cuando las antocianinas están presentes no sólo es fotoinhibición reducido, pero también la fotosíntesis se aumentó con concentraciones de clorofila más altas. Otra función importante de antocianinas se lleva a cabo durante la mejora de las hojas jóvenes; durante este período, el metabolismo es muy activo y se produce un exceso de peróxido. En consecuencia, se favorece la elaboración de radicales libres. En estas condiciones, las antocianinas actúan como agentes antioxidantes al transformarse con los radicales libres o iones metálicos quelantes como el Fe^{+2} . Por lo tanto, la producción de un sistema de antocianina-peroxidasa en las vacuolas puede contribuir a los mecanismos de protección de las plantas contra el daño oxidativo (DELGADO et al, 2000).

Tabla Nº 5. Aplicaciones interesantes de la biología molecular en los flavonoides biosintética camino para mejorar las características de la importancia.

Característica	Observaciones
La producción de cultivos híbridos estériles masculinas	En la alfalfa, F3H se asocia con la acumulación de flavonoides en grano de polen y ovario y está implicado en la fertilidad de la planta. En el tabaco, los flavonoides están implicados en el desarrollo del gametofito masculino. Las plantas transformadas con estilbeno sintasa productos plantas masculinas estériles. Estilbeno sintasa redirecciona la vía y la concentración de los compuestos intermedios utilizados por chalcona sintasa se ven disminuidos.
En la selección de cultivares más rojos de la manzana	Mediante el uso de ADN al azar amplificado polimórfico (RAPD), un marcador que corresponde a un gen regulador de la biosíntesis de antocianinas fue identificado. Por lo tanto, los cultivares más rojos se pueden seleccionar en la etapa de plántula.
Mejora de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>S. cerevisiae</i> se transformó con el gen antocianina- β -glucosidasa de <i>Candida molishinana</i> . La fermentación con <i>S. cerevisiae</i> modificada produce vinos blancos, aunque se utilizan uvas rojas.
La producción de antocianinas aciladas	El gen para la ramnosiltransferasa antocianina-3-glucósido (UFGT) de <i>Antirrhinum majus</i> se utiliza para transformar <i>lisianthus</i> (<i>Eustoma grandiflorum</i> Grise). Las plantas transformadas producen novedosos flavonoles 3-Oglucosylated.
Piensos con mejores concentraciones de taninos condensados	<i>Lotus corniculatus</i> se transforma con el cADN de DFR de <i>Antirrhinum majus</i> . Las plantas transformadas producen aumento de los niveles de taninos condensados.

F3H= Flavonoide-3-hidroxilasa; DFR = dihydroflavonol-4-reductasa.

Fuente: (DELGADO, et al), 2000.

2.6.2. Lesiones por Frio en las Antocianinas.

El daño causado por las temperaturas bajas de *c* se atribuye principalmente a la destrucción de sistemas de membranas de células vegetales por oxígeno activo y otros radicales libres; fenoles en las plantas pueden eliminar el oxígeno y otros radicales libres. Las antocianinas acumuladas en vacuolas pueden proteger la membrana de la vacuola de la lesión de baja temperatura; Sin embargo, el papel desempeñado por las antocianinas en la protección de la membrana que queda por esclarecer en el futuro (FENNEMA, 2010).

2.6.3. Marcador de Buenas Prácticas de Manufacturas en la Industria Alimentaria.

Como es bien sabido, una gran cifra de productos que son de color por las antocianinas, como los vinos, zumos, mermeladas y refrescos. Está claro que, si los consumidores pagan por una mermelada de cerezas, a continuación, que desean tener un atasco preparado con esta fruta. Sin embargo, algunos procesadores pueden adulterar sus productos para lograr un mejor aspecto visual, la introducción de otras fuentes de colores y por consiguiente una ventaja comercial; análisis de las antocianinas se ha gastado a cabo para detectar la adulteración en estos productos. La metodología se basa en el hecho de que cada fruta tiene un patrón de antocianina característica; este enfoque ha sido utilizado en el control de calidad de jugo de ciruela, mermeladas de cereza (que con frecuencia se preparan con cerezas de color rojo, es decir, frutas menos costosas), mermeladas de mora y vinos. En este sentido la metodología combinada del HACCP con multivariable, se sugieren métodos estadísticos como adecuados para el análisis rutinario de vinos tintos (BADUI, 2014).

2.7. ESTABILIDAD DE LAS ANTOCIANINAS Y EFECTOS FISICOS QUIMICOS.

A pesar de las prerrogativas que las antocianinas nos ofrecen como posibles sucesores de los pigmentos artificiales, como su incorporación a matrices alimenticias o productos boticarios y maquillajes son limitadas, por eso existen diversos factores que influyen en la duración de las antocianinas, que pueden verse afectadas en cualquier etapa de un asunto tecnológico, como por ejemplo en un paso de extracción de antocianinas de un material vegetal, como así también durante un tratamiento térmico o durante el acopio de un producto que las contiene. A continuación, se exponen los factores más relevantes que perturban a la duración de las antocianinas (BADUI, 2014).

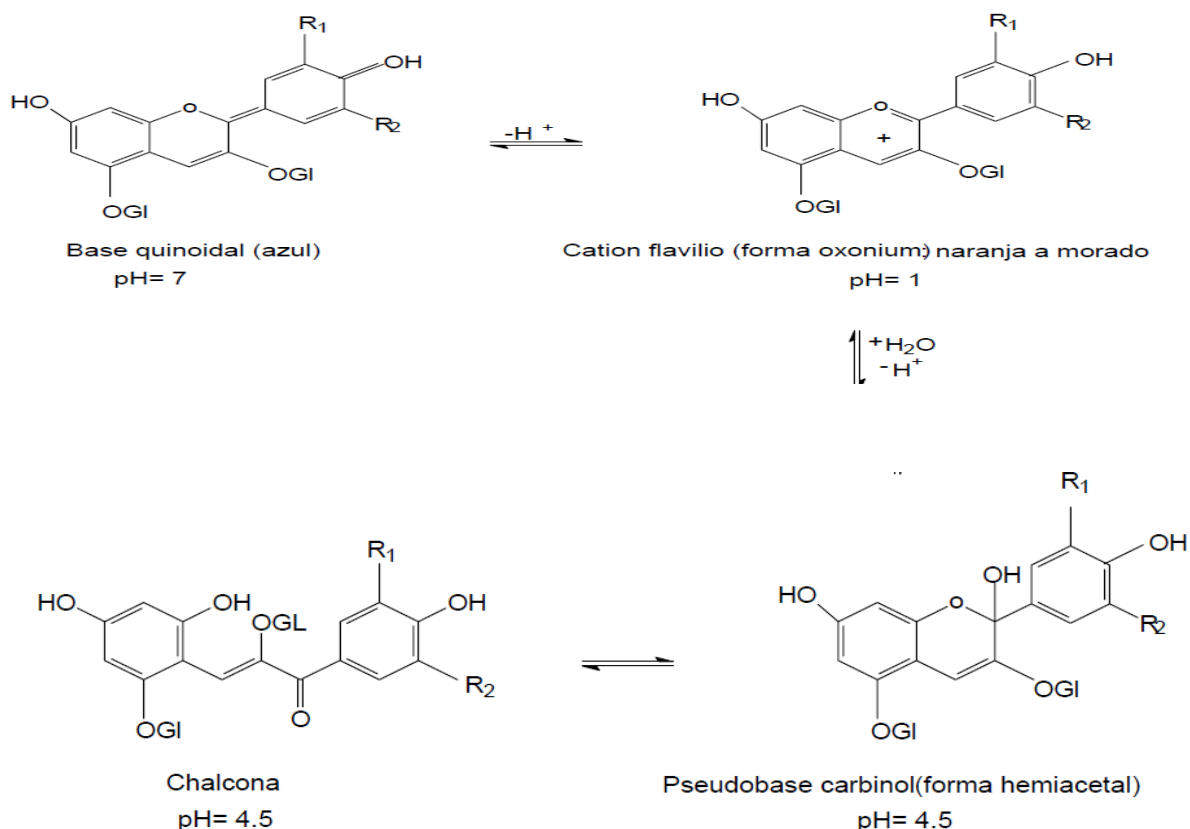
2.7.1. Efecto del pH.

Este es uno de los elementos más significativos. Las antocianinas son más constantes en un medio ácido que en un medio neutral o alcalino. En medio ácido la forma preponderante es la del ion flavilio, el cual da el color rojo, cuando esta es dominada por un pH a medio básico o alcalino, el ion flavilio es susceptible a la acometida nucleofílica por parte del agua, produciéndose la pseudobase carbonilo, esto es a pH 4.5 y continuamente se forma la chalcona, las dos formas son incoloras. (HUTCHINGS, 1999). Así tenemos:

- Conociendo esto, las antocianinas poseen su máxima expresión de color a pH ácido (pH: 1), y su forma incolora se ocasiona a pH neutros o alcalinos.
- A pH entre 4 y 6, es un pH característico de las frutas y hortalizas o procesadas.
- Se puede marcar que la acrimonia tiene una consecuencia protectora sobre la estructura de las antocianinas, mientras que, cuanto más elevado es el pH, aparecen estructuras inestables que se degradan con rapidez.
- Debido a estas características se utilizarán las antocianinas a pH ácidos o ligeramente neutro en la industria alimentaria (MOLDOVAN et al., 2012).

En la figura 4, se muestra el comportamiento de la antocianina a diferentes pH's.

Figura N° 4: Estructuras de las Antocianinas a diferentes pH



Fuente: (RODRÍGUEZ et al), 2001.

2.7.2. Efecto de la Temperatura.

La temperatura es otro de los factores críticos que influyen en la degradación de antocianinas. (Min-Sheng y Po-Jung, 2007). Según (Markakis, 1974), las antocianinas son destruidas por el calor durante el procesamiento y almacenamiento. Por su parte (Timberlake, 1980), con un aumento logarítmico es la catástrofe de la antocianina ocurre con un aumento en la temperatura. Así mismo observo que el equilibrio entre las estructuras es endotérmico, en una dirección de izquierda a derecha: ¿Base? ¿Cation flavilio? ¿Pseudobase carbinol? Chalcona.

Por lo tanto, las antocianinas altamente hidroxiladas son menos estables térmicamente que las metiladas, glicosidadas o acetiladas (Fennema, 2010).

De lo azaroso se puede decir que a temperaturas más dominantes provocan una secuela adversa sobre la estructura de las antocianinas, especialmente durante un

tratamiento térmico o la acumulación. Sin embargo, los mejores rendimien/ tos de extracción de antocianinas de un determinado producto fueron a temperaturas altas (BADUI, 2016).

2.7.3. Efecto del Agua.

El agua puede actuar como nucleófilo y atacar el catión flavilio en el C-2, formando la base carbinol incolora. Sin embargo, esta degradación puede variar, dependiendo de la concentración de azúcares o con el fenómeno denominado copigmentación. Cuando los azúcares se encuentran a altas concentraciones, la actividad de agua es baja, por lo que las moléculas de agua tienen menores posibilidades de acometer al catión flavilio para crear la base carbinol. Sin embargo, cuando los azúcares están en bajas concentraciones la diligencia de agua no se ve afectada, por lo que sus productos de degradación (hidroximetilfurfural y furfural) aceleran la degradación de las antocianinas (KOPJAR Y PILIŽOTA, 2009; LEWIS y WALKER, 1995).

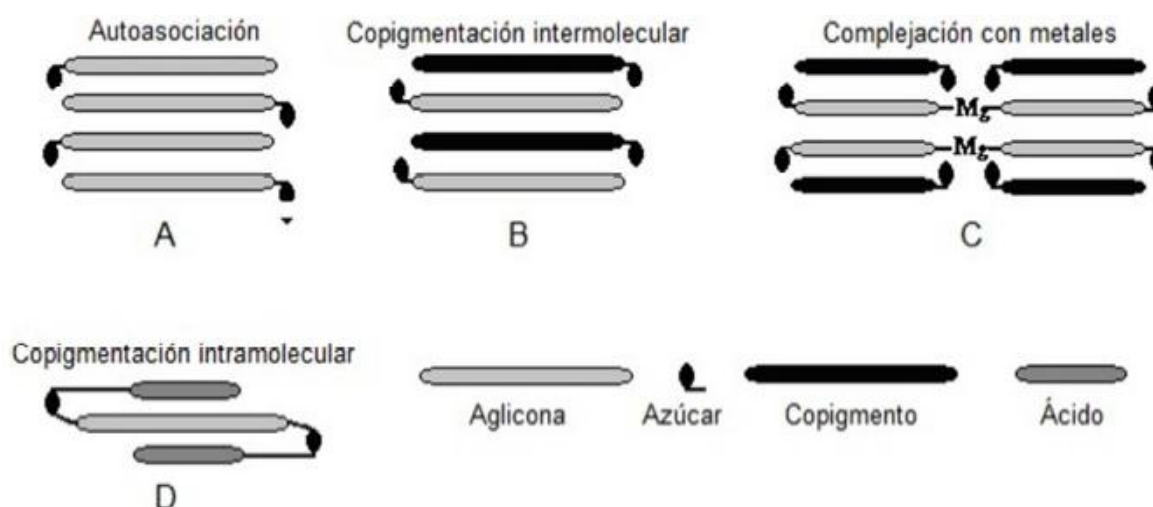
Dado que la molécula de agua intercede en reacciones que deterioran las antocianinas, resulta conveniente su eliminación para disminuir las posibilidades de agresión nucleofílico al catión flavilio (LEWIS y WALKER, 1995).

2.7.4. Efectos de Copigmentacion.

La copigmentación es uno de los principales factores de estabilización de la estructura del catión flavilio in vivo (SARI et al., 2012; KOPJAR et al., 2011; GRADINARU et al., 2003). Las formas coloreadas de las antocianinas pueden estabilizarse por interacción con componentes, llamados copigmentos, que existen en las células de las flores, frutas y berries (REIN, 2005).

Los copigmentos pueden ser flavonoides, polifenoles, alcaloides, aminoácidos, ácidos orgánicos y conjuntos acilo aromáticos, entre otros (SARI et al., 2012; LEWIS y WALKER, 1995). La copigmentación se lleva a cabo en un rango de pH ácido y puede ocurrir a través de una sucesión de interacciones. Los dispositivos más importantes son las: copigmentación intermolecular, copigmentación intramolecular y formación de complejos de metales (MAZZA,1995).

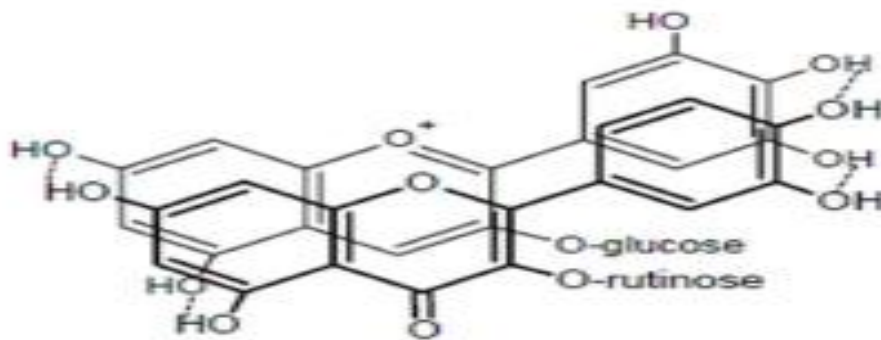
Figura Nº 5: Interacciones de Antocianinas.



Fuente: (REIN), 2005.

En la copigmentación intermolecular se sugiere que las antocianinas y los pigmentos, que pueden ser flavonoides incoloros y otros compuestos fenólicos, interactúan a través de enlaces de hidrógeno e interacciones hidrofóbicas débiles, formando complejos. Este tipo de copigmentación puede producirse tanto con el catión de flavilio como con las formas de base quinonoidal de la antocianina. Dado que estas dos formas de equilibrio de las antocianinas son casi planas y con electrones p deslocalizados, las interacciones de estas con copigmentos, que tengan características estructurales similares, son mucho más fáciles y probables. La disposición solapada de las dos moléculas (antocianina y copigmento), previene el ataque nucleofílico de moléculas de agua en la posición 2 del catión flavilio, evitando la alineación de la pseudobase no coloreada (REIN, 2005).

Figura N° 6. Formación del complejo a través de interacción intermolecular.



Fuente: (REIN), 2005.

En la copigmentación intramolecular el pigmento es parte del elemento de antocianina y consiste en un grupo acilo que está unido covalentemente a un resto de glucósido de la antocianina. En esta última, los residuos aromáticos de grupos acilo interactúan con el catión flavilio cargado positivamente, a través de interacciones hidrofóbicas, formando una conformación apilada tipo sándwich. En esta conformación tipo sándwich, los residuos de glucósidos son considerados como espaciadores, que permiten el plegado del grupo acilo en la aglicona (SARI et al., 2012; REIN, 2005).

La autoasociación y formación de complejos de metal son también medios a través del cual se produce la pigmentación señala que cuando la concentración de antocianinas logra productos altos, y se presentan anómalos de auto asociación entre dos cationes flavilio, dos formas hemicetal, dos pedestales quinooidales, e inclusive, entre una base quinooidal y un catión flavilio, resguardando el átomo de antocianina.

Cuando las antocianinas se encuentran en solución acuosa, el efecto de la copigmentación es dependiente del tipo y la concentración de esta, del copigmento, la temperatura, el pH y la composición del medio (REIN, 2005; BADUI, 2016).

De lo arriesgado se puede rotular que resulta interesante buscar alternativas de copigmentación para evitar el ataque nucleofílico de agua al catión flavilio, impidiendo así la decoloración del pigmento antociánico. Entre las alternativas podría considerarse mantener una alta concentración de antocianinas para acrecentar las posibilidades de autoasociación, o bien juntar alguna mezcla que actúe como pigmento (REIN, 2005).

2.7.5. Efectos del Oxígeno y el Ácido Ascórbico.

Las antocianinas pueden oxidarse por reacción directa con oxígeno, o bien a través de una oxidación indirecta en la que éstas reaccionan con compuestos combinados que han sido previamente oxidados, dando lugar a la formación de productos de color marrón o incoloro. Además, pueden reaccionar con radicales de oxígeno actuando como antioxidantes. Estos mecanismos de oxidación se ven favorecidos cuando se eleva la temperatura (REIN, 2005).

Además, se ha observado que, en presencia de oxígeno, el ácido ascórbico destruye a las antocianinas, formando peróxido de hidrógeno. Estas reacciones se aceleran en presencia de cobre y es inhibida en presencia de flavonoles como la quercetina. El peróxido de hidrógeno actúa rompiendo el anillo de pirilio de la antocianina por un ataque nucleofílico en C-2 produciendo ésteres incoloros y derivados de la cumarina. Estos productos de degradación son totalmente destruidos y polimerizados para formar precipitados de color café. Por lo tanto, para minimizar los medios de avería de las antocianinas es importante excluir el oxígeno del medio (FENNEMA, 2014).

2.7.6. Efectos de la Luz.

La luz es un elemento que acelera la degradación de las antocianinas. Se ha observado que la sustitución del hidroxilo en el C-5 hace que la antocianina sea más apta a la foto degradación cuando ésta se presenta con flavonas polihidroxiladas, isoflavonas y auronas sulfonadas (DELGADO et al., 2000).

Según (FERREIRA, 2007), al estudiar el efecto de la luz sobre la duración de las antocianinas en extracto de frutos de espinaca blanca, consumaron que la luz ejerce un efecto adverso sobre su estabilidad.

Así mismo (LALEH et al, 2006), llegaron a la misma conclusión en su investigación referida a la estabilidad/duración de antocianinas presentes en extractos de frutos de 4 especies de berberies, como así también (GARZON et al, 2008), al estudiar la estabilidad de antocianinas extraídas de salvado de sorgo rojo. Por lo tanto, resulta importante proteger, no solo del oxígeno, sino también de la luz a los productos ricos en antocianinas.

2.7.7. Efectos del Dióxido de Sulfuro.

Enzimas de echar abajo a las antocianinas pueden ser inactivadas manipulando dióxido de sulfuro en bajas proporciones (30 ppm). Bajas concentraciones también son utilizadas para establecer las antocianinas y altas concentraciones de dióxido de sulfuro en la región de las 10,000 ppm se utiliza para un blanqueamiento irreversible (FENNEMA, 2010).

2.8. ASPECTOS METODOLÓGICOS.

2.8.1. Método de Extracción.

Las antocianinas son moléculas polares y por consiguiente son más solubles en polar que en disolventes no polares. Sin embargo, es claro que la solubilidad depende de varios factores, incluyendo ciertas condiciones de medios. A un valor de pH en el que el átomo de antocianina es no ionizado, las antocianinas podrían ser soluble en éter y no son estables en soluciones neutras o alcalinas; Por lo tanto, los métodos convencionales de extracción de antocianinas implican el uso de disolventes ácidos, los sistemas de extracción se han rectificado para producir mejores rendimientos, pero se han visto comprometidas por problemas de seguridad. El ácido clorhídrico sirve para mantener un pH bajo que favorece al mismo tiempo la alineación de las formas de color de antocianina; sin embargo, este es un ácido fuerte, que puede alterar la forma nativa de las antocianinas rompiendo algunas asociaciones débiles con metales y copigmentos. Algunas antocianinas

contienen grupos dicarboxil acilo alifáticos tales como malónico, málico y oxálico. Estos ácidos son susceptibles a medios disueltos de ácido clorhídrico; Por lo tanto, ácidos más débiles, como ácido cítrico o ácido acético, se utilizan en el procedimiento de extracción. En consecuencia, se recomienda el uso de un ácido orgánico débil para la extracción de antocianinas complejos. En la tabla N°06 se detalla los compuestos químicos más utilizados para extracción de antocianinas (REIN, 2005).

2.8.2. Método de Separación.

En los métodos crudos, las antocianinas se mezclan habitualmente con cantidades considerables de material extraño, como otros polímeros, pectinas y azúcares.

Tabla N°6. Métodos y características para preparar el extracto etanólico

Método	Características.
0.001% de HCl, en metanol	Es el método más eficaz, pero el HCl es corrosivo y el metanol tiene efectos tóxicos en la salud humana.
0.001% de HCl en etanol	80% tan eficaz como el metanol.
0.001% de HCl en agua.	27% tan eficaz como el metanol.
Metanol acidificado con ácido cítrico.	Es el más eficaz de los ácidos orgánicos.
Agua acidificada con ácido acético.	En la eficiencia es seguido por ácido cítrico, tartárico y ácido clorhídrico.
De agua con 1.000 ppm de SO ₂	La extracción es mejor que la obtenida por el uso de la extracción tradicional que consiste en etanol, ácido acético: sistema de agua.

Fuente: (REIN), 2005.

Como se puede esperar, el estudio, la caracterización, y uso de estas antocianinas implican el uso de métodos cromatográficas para purificar ellos. En la purificación de antocianinas es común emplear polivinilpirrolidona insoluble (PVP), poliamida-PVP, Sephadex G-25 o LH-20, de fase inversa C18, de intercambio aniónico débil (por ejemplo, Amberlite CG50), polietileno glicol dimetacrilato, y de tipo celulosa resinas. El gel Toyopearl HW-40F se ha manipulado para separar las antocianinas, y la resolución es mejor que con Sephadex LH-20. Metodologías de separación implican la adsorción en la cromatografía en papel, de capa fina cromatografía (TLC), gotita cromatografía en contracorriente, y, hoy en día, HPLC y cromatografía capilar de alto rendimiento para resolver mezclas complejas, que permiten su separación y

cuantificación. Como se puede imaginar, sistemas de disolventes varían y deben adaptarse a la particular, extracto siendo analizado.

2.8.3. Método de Caracterización.

2.8.3.1. Espectroscopia.

Las antocianinas son pigmentos de color y son comúnmente estudiados por espectrofotometría UV-visible; esta metodología da muy valiosa información sobre la distribución de las antocianinas como la acilación, glicosilación, presencia de grupos metoxilo, y copigmentos (REIN, 2005). En el cuadro N°7, se detalla el uso de la espectroscopía UV-Visible y las características estructurales de antocianinas.

Tabla N°7. El uso de la espectroscopía UV-Visible y las características estructurales de antocianinas.

Característica	Observación relacionada
Longitudes de onda máximas	250-275 nm, banda asociada con la absorción del anillo A 465-560 nm, banda asociado con la absorción de los anillos B y C
glicosilación	En el anillo B, desplazamiento hipsocrómico en relación con el anillo B no glicosilada En C-3 posición, desplazamiento bato crómico en la longitud de onda de la máxima absorción En C-5 posición, el hombro de la curva de absorción a 440 nm
La sustitución en la posición C-5	Bajo la luz ultravioleta, por lo general estas moléculas fluorescentes
Acilación	Si se añade un 5% de cloruro de aluminio alcoholica (AlCl ₃) a una solución de pigmento 0,1% en 0,1% de HCl-metanol, un desplazamiento bato crómico (15-35 nm a partir del máximo visible) se observa sólo si el 3' y 5' OH son libres (no acilado) Otro máximo (débil absorción) se observa en la región de 310-335 nm antocianinas aciladas absorción exposición máxima Complex en 560-600 y / o 600-640 nm a pH > 4,0
Ratios UVmax / Visiblemax y Absorbance 440 nm / Visiblemax	Proporcionar información sobre la magnitud y la posición de sustitución glicosil
Presencia de copigmentos	Efecto hipercrómico, lambda max se desplaza hacia longitudes de onda más altas, asociado con las especies más colores desplazamiento batocrómico por un efecto de solvatación

Fuente: (DELGADO et al), 2000.

Por otra parte, diferentes metodologías se han empleado para elucidar la estructura de antocianina, Particularmente importante es la introducción del detector de red de diodos (DAD) acoplado con el HPLC, que se utiliza comúnmente en la mayoría de los laboratorios e industrias. En general, el uso de resonancia magnética nuclear (RMN) en una o dos dimensiones permite la caracterización estructural completa de antocianinas. En particular, RMN de protón se ha utilizado para estudiar los fenómenos copigmentación. En la tabla N°8 se detalla otras metodologías espectroscópicas utilizadas en el estudio de las antocianinas.

Tabla N° 8. Otras metodologías espectroscópicas utilizadas en el estudio de las antocianinas.

Metodología	Observación relacionada
RAMAN	Se utiliza para estudiar las antocianinas en los tejidos vivos, para dilucidar el patrón de sustitución de antocianinas, entre otros
detección por red de diodos (DAD) con HPLC	Después de la separación por HPLC, esta metodología permite la identificación tentativa línea de pigmentos de antocianina
Resonancia magnética nuclear (RMN)	La elucidación estructural completa de una nueva estructura de la antocianina requiere el uso de RMN de protones y carbonos
Espectrometría de masas (MS)	Evaluación de la masa molecular de la antocianina es importante en el establecimiento de la estructura de la antocianina
Dicroísmo circular	Se utiliza para estudiar los fenómenos copigmentación

Fuente: (REIN), 2005.

Las pruebas químicas para la identificación de las antocianinas, los pigmentos son

aislados y separados. Se hidroliza con ácido clorhídrico para interrumpir los enlaces glicosídicos; antocianidinas resultantes son hidroliza adicionalmente para eliminar los grupos metilados y su estructura es verificada por pruebas químicas. La presencia de ácidos alifáticos en la organización de la antocianina puede ser detectado por electroforesis porque forman estructuras zwitterion En la estructura antocianina es frecuente tener ácidos fenólicos como ésteres; para su determinación, extractos concentrados se hidrolizan con HCl 6 N (100 ° C / 60 min). La solución se extrae con acetato de etilo, se evaporó a vacío, y el residuo se prepararon para el análisis por HPLC.45 colorimetría de reflectancia se ha usado para producir un valor numérico que representa color (FENNEMA, 2010).

En la Tabla N°9 se detalla las pruebas químicas para antocianina Caracterización.

Tabla N°9. Pruebas químicas para antocianina. Caracterización.

Condiciones de reacción (antocianina en)	Detección	
	Característica Estructural	Característica Observada
El etanol se disolvió con HCl y Mg (Reac. Wilstatter)	Gamma-benzopirona estructura	Colores de rojo a verde
solución etanólica con AgNO ₃ (12% en agua)	(todos los flavonoides) Los flavonoides con grupos o-hidroxilo	La formación de un espejo de plata
La cromatografía en papel y el tratamiento con vapores amoniacaes	Los flavonoides	Los colores oscuros o fluorescentes cambio bato crómico de los espectros, y si la intensidad de bandas visibles no disminuye, entonces un 4'-OH está presente
metóxido de sodio (2,5% en metanol)	Los flavonoides con grupos hidroxilo en posición 3 y / o 4'-posiciones	
El acetato de sodio (sólido) AlCl ₃ (5% en metanol)	Hidroxilo en posición 7 Los flavonoides con o-hidroxilo y / o 5-OH y / o 3-OH	Cambio bato crómico de la banda UV Cambio bato crómico de los espectros El cambio bato crómico vuelve después de la adición de HCl
AlCl ₃ (5% en metanol) con disolución de HCl	Flavonoides con o-hidroxilo	

Fuente: (CRC Press Web site at www.crcpress.com © 2003 by CRC Press LLC), 2003.

2.9. CARACTERIZACIÓN DE LA ANTOCIANINA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.

2.9.1. Caracterización de las Antocianinas de los Frutos de Lechler.

Es una especie silvestre del Perú; pertenece a la familia Berberidaceae; su fruto es una pequeña bolita comestible de color morado; en las diferentes zonas donde crece se le conoce como cheqche, queswa cheqche, quisca-quisca, ailampo. El análisis preliminar del pigmento fijó la apariencia de antocianinas, cuyo contenido fue fijo por la técnica del pH diferencial, siendo de 7 g / 100 g en el tejido separado de las pepitas del fruto seco. En la tabla N° 9, se muestra las pruebas químicas para antocianinas, caracterizar.

El análisis por HPLC-PDA (C.L.A.R con detector) con arreglo de fotodiodos) de la muestra hidrolizada mostró la presencia de 5 aglicones: delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina, las cuales fueron identificadas por comparación de los picos del cromatograma obtenido al correr juntamente una muestra del color de los frutos de uva.

El análisis por HPLC-espectrometría de masas Tándem, confirmó la presencia de 10 picos y los pesos moleculares permitieron conocer las antocianinas presentes en

Lechler, las cuales son:

Delfinidina-3-glucósido, delfinidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido, Cianidina-3-rutinósido, petunidina-3-glucósido petunidina-3-rutinósido, Peonidina-3-glucósido, peonidina-3-rutinósido, malvidina-3-glucósido y Malvidina-3- rutinósido.

La petunidina-3-glucósido fue identificada como el principal pigmento, en una concentración de 24,43%. Esta es la primera vez que instituye el perfil de las antocianinas de Lechler, siendo esto último importante tratándose de una especie silvestre de nuestro país. (<http://www.redalyc.org/pdf/3719/371937612010>).

2.9.2. Caracterización de las Antocianinas de la Flor de Ceibo como Sensibilizadores Nativos para su uso en Celdas Fotovoltaicas.

La energía solar es la fuente de energía más promisorio del futuro. La evolución directa de luz solar en energía eléctrica mediante el uso de celdas solares posee muchas ventajas sobre las técnicas usadas es la moda, debido a que no genera desechos o contaminantes.

En particular, las celdas solares sensibilizadas con pigmentos (DSSC) o celdas de Graetzel representan una elección a las convencionales celdas solares de silicio. En las últimas tres décadas han atraído considerable atención como una forma de producir celdas fotovoltaicas de bajo costo dada la posibilidad de alcanzar con ellas una alta eficiencia de conversión (de aproximadamente 12%) y su alto rendimiento durante períodos de luz prolongados e incluso en condiciones de stress térmico.

En este trabajo se evalúan pigmentos de origen natural, la mezcla de antocianinas provenientes de la flor del ceibo, como sensibilizadores de estas celdas. Se utilizan medidas de absorbancia UV-visible, voltamperometría cíclica y espectroscopía de impedancia electroquímica como forma de caracterización. (<file:///C:/Users/DELL/Downloads/253-1-1282-1-10>).

2.9.3. Capacidad antioxidante y caracterización estructural de las antocianinas de los frutos rojos de *Prunus domestica* L., *Ficus carica* L. y *Vitis vinifera* L. c.v. "red globe" cultivados en Perú.

En el presente trabajo de investigación se realizó el estudio fitoquímico de los frutos rojos de las especies vegetales *Prunus domestica* L., *Ficus carica* L. y *Vitis vinifera* L. c.v. "Red Globe", conocidas como ciruela, higo y uva "Red Globe", respectivamente. Los frutos se recogieron en el Departamento de Lima e Ica entre los meses de noviembre 2010 a marzo 2011. Se investigó el estudio con la selección/recolección de los frutos purpúreos de las tres especies. Luego de lavadas las muestras, se les determinó el índice de color (IC), encontrándose que la uva presentaba un IC de 177,22, la ciruela de 164,52 y el higo de 53,04. La extracción de las antocianinas se hizo usando como extractor solvente (metanol).

Con el extracto metanólico se realizaron exámenes de cromatográficos utilizando papel Whatman N° 3 y como fase móvil el BAW donde se encontró presencia de antocianinas. Las antocianinas se aislaron recortando las bandas coloreadas y efluyéndolas en 0,01% HCl en metanol, para luego ser leídas en el espectrofotómetro. Según la investigación, los resultados observados no son concluyentes, por lo que se los contrastó con HPLC. Los primeros resultados arrojan presencia de cianidina en el higo, cianidina y peonidina en la ciruela; y cianidina, malvidina y peonidina en la uva.

La cromatografía por HPLC advierte que en la muestra de higo de encuentran la cianidina 3-glucósido y cianidina 3-ramnoglucósido; en la muestra de ciruela la cianidina 3-xylósido, cianidina 3-glucósido, cianidina 3-rutinósido, peonidina, 3-glucósido y peonidina 3-rutinósido; mientras que en la vid se encontró la delphinidina 3-glucósido, cianidina 3-glucósido, petunidina 3-glucósido, peonidina, 3-glucósido y malvidina 3-glucósido.

Los parámetros de las antocianinas monoméricas totales de los tres frutos mostraron que hay mayor cantidad de antocianinas monoméricas (expresado en mg de cianidina 3-glucósido /100g) existe en la ciruela 39,92, seguido del higo 30,09 y la vid red globe 21,28.

Igualmente, se determinó la actividad biológica de las antocianinas mediante la capacidad antioxidante de los frutos, encontrándose que la uva presenta una IC: 50 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) de 3,87, el higo una IC: 50 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) de 8,50 y la ciruela a una IC: 50 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) de 13,25.
<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/2594/>).

2.10. Antioxidantes

2.10.1 ¿QUÉ SON LOS ANTIOXIDANTES?

Son unas sustancias existentes en determinados alimentos que nos protegen frente a los radicales libres, causante de los procesos de envejecimiento y de algunas otras enfermedades.

Hasta hace unos años, la palabra antioxidantes en relación con los alimentos era igual para mucha gente a «esas guarrerías que les añaden, esos no sé cuántos, que nadie sabe lo que son». Por un tiempo a esta parte, esta mezcla de antioxidantes/alimentos se ha transformado por completo; los antioxidantes han entrado en el equipo de «los buenos» y ahora vemos un montón de anuncios publicitarios de bebidas, yogures y hasta de comidas para perros, ricos en antioxidantes, que nos prometen múltiples beneficios, propiedades sobre todo «retrasar el envejecimiento celular» ¿Qué les ha ocurrido a los antioxidantes para convertir de golpe? ¿Son de

verdad la fuente de la eterna juventud? ¿O no se han transformado y siguen siendo esos «E» que se añaden a los alimentos sin que nadie sepa por qué? Intentaremos dar respuesta a estas preguntas, pero yendo por partes (HALLIWELL et al, 1995).

Un antioxidante dietético es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo diario y que puede informar los efectos contrarios de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos PATTHAMAKANOKPORN et al (2008). Las propiedades antioxidantes no sólo deben estudiarse por sus interacciones químico-biológicos, sino por su función en el deterioro oxidativo que afecta a los alimentos.

Se usan en la industria alimentaria agregados a las grasas u otros productos para retrasar los procesos de oxidación, en tanto advierten el comienzo de la rancidez oxidativa de las grasas (LLANCARI y MATOS, 2011).

2.10.1.1. Clasificación de los Antioxidantes.

Los antioxidantes se pueden clasificar como compuestos endógenos producidos por el organismo o compuestos exógenos suministrados con la ingesta de alimentos como es el caso de las vitaminas.

Tabla N° 10. Clasificación de antioxidantes.

EXOGENOS	ENDOGENOS	COFACTORES
VITAMINA E	GLUTATION	COBRE
VITAMINA C	COENZIMA Q	ZINC
BETA - CAROTENO	ACIDO TIOTICO	MANGANESO
COMPUESTOS FENOLICOS	ENZIMAS: SOLOCIONES, CATALASA, GLUTATION	HIERRO
LICOPENO	PEROXIDASA.	SELENIO

Fuente: (FENNEMA), 2010.

Por otro lado, los antioxidantes naturales se pueden clasificar en función de su valor nutritivo o de acuerdo con su totalidad. La su solubilidad podemos diferenciar entre antioxidantes hidrofóbicos (vitamina E y carotenoides) o

hidrofílicos (vitamina C y compuestos fenólicos). En la tabla N° 10, se muestra la clasificación de los antioxidantes.

2.10.1.2 Perspectiva de la Relación Antioxidantes Envejecimiento Humano.

Las hipótesis del envejecimiento marcan, por una parte, la programación genética con una respuesta predeterminada de cada organismo y por otra un proceso no genético que incluye a los radicales libres o el estrés oxidativo (CÉSPEDES et al ,2000).

Según (Harman, 1972), investigador de la Universidad de Nebraska, planteó la unión entre radicales libres y envejecimiento. Se señaló que la posibilidad de vida humana podría aumentar al disminuir los efectos del proceso oxidativo. Así las especies reactivas del oxígeno, entre otros, los radicales libres, pueden alterar la membrana interna o el ADN mitocondrial lo que conlleva más producción de ERO, en consecuencia, más daño y aumento del estrés oxidativo, al producirse más oxidantes y perderse la proporción requerido por la célula.

Así mismo CÉSPEDES et al (2000) que el genoma mitocondrial es susceptible al ataque de los radicales libres que la misma mitocondria produce. En este marco la colaboración mitocondrial, y el aspecto de estrés oxidativo podrían asociarse con la patogenicidad que conduce a la destrucción celular propia de la decadencia celular del ser humano. Durante el envejecimiento también disminuye la protección antioxidante y puede haber más ataque a las moléculas blanco. Sin embargo, algunas moléculas como macro componentes (carbohidratos, lípidos y proteínas) pueden tener un efecto particular. En el caso de los lípidos u grasas, durante la peroxidación se produce malondialdehido, el cual reacciona con lípidos y proteínas formando las denominadas bases de Schiff conjugadas, que

finalmente enlazan al producto fluorescente insoluble que se acumula en los tejidos (lipofucsina) y que se toma como dato del envejecimiento celular del ser humano.

También (ZORRILLA ,2002), señala que el envejecimiento celular, tiende a aumentar en concordancia con los niveles de los antioxidantes en la dieta y con una reducción energética; lo que puede propiciar una menor pérdida de las mitocondrias del metabolismo celular y del consumo de oxígeno. También una situación de constante estrés oxidativo durante el envejecimiento celular puede alterar el sistema inmunológico del ser humano. Se ha observado una disminución de antioxidantes (como el glutatión) durante el proceso normal de envejecimiento, sobre todo en la sangre y algunos órganos, tanto en animales como en humanos. Estos cambios degenerativos del sistema inmunológico y pueden conducir a la formación de cataratas, inicios de Alzheimer, Parkinson o problemas cardiovasculares. Por lo anterior un buen sistema inmunológico se asocia con salud y longevidad (DE LA FUENTE ,2002).

Para fundamentar la relación vejez-antioxidante CESARI, et al (2004) realizaron un estudio en personas de la tercera edad (>75.3 años) con el análisis de la fuerza muscular y el rendimiento físico (fuerza de extensión de la rodilla, velocidad al caminar, equilibrio y capacidad para levantarse). Se evaluó la ingesta diaria de antioxidantes y la concentración plasmática de éstos con los parámetros de rendimiento físico señalados antes. Se midió la ingesta de alimentos con particular atención al consumo de vitamina C, vitamina E, β -caroteno y retinol. Entre otros se observó una correlación significativa entre la ingesta diaria de vitamina C y β -caroteno y la fuerza de extensión de rodilla en los sujetos participantes. Es importante mencionar que la vejez no afecta por igual a todos los individuos y a veces la edad

cronológica y la biológica no coinciden, de ahí la necesidad de estudios longitudinales con diversas poblaciones.

2.10.1.3. Relación Antioxidantes-Ejercicio Físico y Salud Humana.

Se reconoce que la práctica frecuente y sistemática de ejercicio físico es recomendable para la salud y el aumento de las defensas antioxidantes, entre otros efectos positivos. Sin embargo, no escapa al análisis que durante el ejercicio aumenta la producción de radicales libres que afectan el tejido muscular, el hígado, la sangre u otros (GONZÁLEZ Y GARCÍA, 2012).

Es viable que el ejercicio físico aislado aumente el daño oxidativo y en contraposición el entrenamiento regular y sistemático reduzca estos efectos, pero sin someter al organismo al ejercicio excesivo y al sobre entrenamiento que conduce a un estado de estrés oxidativo. Algunos estudios indican que al incluir en la dieta de atletas entrenados alimentos con antioxidantes, redujo el estrés oxidativo. Además, la producción de ácido láctico durante el ejercicio puede convertir el superóxido (radical poco dañino) a un hidroxilo (altamente lesivo para la célula) (CLARKSON Y THOMPSON, 2000).

Frente a este marco, cabe preguntarse si el sistema de defensa de antioxidante endógenos que tiene el organismo puede enfrentar las especies reactivas del oxígeno de manera eficiente o si, como apoyo, siempre deben recomendarse antioxidantes dietarios durante el entrenamiento físico. Al respecto se sugieren más estudios longitudinales con marcadores distintos y diferentes periodos de actividad física. (CLARKSON Y THOMPSON, 2000).

2.10.1.4. Otras Investigaciones Sobre Frutas como Fuentes de Antioxidantes.

Entre los antioxidantes hay varias familias de principios activos como los polifenoles y los fitoestrógenos. Entre los primeros se encuentran los flavonoides y los taninos, ampliamente estudiados. Entre los flavonoides se pueden señalar sólo como ejemplo las antocianidinas (rojo-azulado de las fresas), catequinas (té verde y negro), citroflavonoides (naranja, que da sabor amargo a la naranja, limón, toronja), isoflavonoides (genisteína y daidzeína presentes en soya y sus derivados). Protoantocianidinas en semillas de uva y vino tinto. Las dosis normales de ingesta de flavonoides pueden ser de 20-26 mg/día contenidos en frutas y verduras (manzanas, naranjas, guayabas, uvas). Sin embargo, hay que alertar sobre el consumo excesivo que pueden representar fórmulas comerciales de antioxidantes y mezclas herbales que se producen en gramos y no miligramos (como lo recomendado) y conducirían a problemas de toxicidad (ESCAMILLA et al, 2009).

Otro tipo de antioxidantes son los taninos (polifenoles) presentes en el vino, con su característica de astringencia. No sólo son útiles a la industria alimentaria sino también en la de cosméticos (REYES et al 2011). Así con respecto a los fitoestrógenos (isoflavonas, lignanos, flavonoides) se encuentran particularmente en las proteínas de la soya o sus derivados. Su uso más importante se asocia con la terapia de reemplazo hormonal para mujeres con síntomas de menopausia y osteoporosis durante el climaterio (DRAGO et al, 2006).

Los compuestos relevantes son la genisteína y daidzeína que también se biosintetizan en abundancia en la cascavilla de semillas de linaza y centeno. Entre los productos con antioxidantes, más consumidos, están aquellos con: vitamina E:

aguacate, aceite de oliva, arroz integral, frutas secas; con vitamina C: acelgas, tomates (licopeno), todos los cítricos (limón, naranja, mandarina), además kiwi, fresa, guayaba; con β -caroteno: zanahoria, espinacas, mango, melón; con flavonoides: té verde, vino, manzana, o peras. Además hay antioxidantes en el ajo, cebolla, ginseng, ginko, avena, sauco (gripa), hierbabuena, menta, albaca, jamaica, chaya (Yucatán), calabacita, betabel y verdolagas (REYES et al, 2011).

Se han estudiado ampliamente frutos rojos como el arándano (CUNNINGHAM, et al 2005), de diferentes familias botánicas y se ha evaluado el contenido de antioxidantes (proantocinidinas) por ración del arándano americano: compota de arándano entero: 24mg/70 g; seco edulcorado: 32 mg/40 g; coctel de zumo: 30 mg/240 mg.

Según (CAPOCASA et al, 2008), implícitos de antioxidantes es posible mejorarlos en algunos frutos rojo(fresa) con la selección de nuevos genotipos que ofrezcan mayor eficiencia. Los estudios indican que la actividad antioxidante se ve afectada por el tipo de fruto, la especie y la variedad y si los frutos rojos (fresa) tienen de 2 a 11 veces más antioxidantes (poliofenoles, flavonoides y antocianinas) que la manzana o el kiwi; el mejorar las variedades es una tarea actual. Un dato dietético para recordar es que las moléculas fenólicas tienen amplia afinidad por las proteínas por lo que su capacidad antioxidante puede disminuirse in vivo, y se alerta sobre la ingestión de los frutos rojos (fresa, arándano) en combinación con leche, lo cual podría alterar la efectividad antioxidante de los mismos.

Así mismo (RAMÍREZ et al, 2009) manifiesta otro aspecto es la biodisponibilidad, que implica la cantidad, de nutrimentos que se digieren, absorben y se metabolizan, por ello el contenido total de antioxidantes de un alimento es importante, pero más su biodisponibilidad, en tanto no los más abundantes son los más

activos en el organismo, sea por absorción intestinal baja, por un mayor proceso metabólico, o excreción rápida.

Un alimento con antioxidante de alto consumo es la guayaba (*Psidium guajava* L.) que contiene vitaminas A, C y polifenoles. Al estudiarse la fruta fresca, la piel, la pulpa y toda la capa externa (casco) se observa un mayor contenido de polifenoles (base húmeda) en la piel del fruto y después en la pulpa y el casco (PALOMINO et al. 2009).

De hecho, la piel de las frutas tiene mayor capacidad antioxidante que la pulpa, además, la cocción reduce esta actividad y baja la concentración de polifenoles (MARQUINA et al. 2008). Otra fuente de antioxidantes (procianidinas, antocianinas y flavononas) es el cacao y sus productos (licor de cacao, chocolate amargo, cocoa), ricos en catequinas, (15-20% p/p) (PEREA et al. 2009).

Según (PEREA, CADENA y HERRERA, 2009) observaron que el chocolate amargo tiene alto contenido de polifenoles en tanto que el chocolate de mesa con azúcar, clavo y canela tiene un aporte intermedio y la cocoa con grasa vegetal tiene un contenido menor. Este último tiene valores superiores al de algunas frutas. Se podría considerar que comparado con otros alimentos los polifenoles de cacao y sus derivados se sitúan en este orden: ¿Vino tinto? ¿cacao? ¿té verde? manzana? ¿pera? kiwi. En México se ha estudiado la actividad antioxidante de la tuna no sólo para producir alimentos funcionales sino para la cosmetología o productos farmacéuticos (SUMAYA et al. 2010).

Así mismo se han analizado diferentes variedades de maíz mexicano con antioxidantes los que son parte de la alimentación local (maíz segmentado). Los que indican que el contenido de compuestos fenólicos varía de acuerdo con los diferentes tipos de maíz, aunque éstos se observen con la misma pigmentación. **(LÓPEZ Y GARCÍA, 2009).**

También realizaron investigaciones sobre el tomate. (*Solanum lycopersicum*) es de consumo diario, rico en potasio, ácido fólico, B-caroteno, vitamina C, Vitamina E, flavonoides y licopeno por lo que presenta una buena fuente de antioxidantes para enfrentar el estrés oxidativo. Incluso una dieta que incluya alimentos procesados de tomate (alto en licopeno), como salsas, jugos o pasta pueden disminuir la peroxidación lipídica y la oxidación de LDL colesterol. Un dato importante señala que el jugo de tomate almacenado por un año puede mantener su composición antioxidante debido a la estabilidad del licopeno, compuestos fenólicos y flavonoides totales. Así el procesamiento no deteriora la actividad biológica y mejora la biodisponibilidad del licopeno **(PALOMINO et al, 2009)**.

Otros alimentos locales como el agua de Jamaica, tortillas, frijol, elote, y la bebida pozol (Chiapas, México), también tienen efectos antioxidantes. En plantas medicinales, se han realizado estudios sobre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante. Se puede señalar que se asocia con propiedades farmacológicas (sedativas, antiespasmódicas o antibacteriales). En diversos países se usa en problemas de ansiedad, insomnio, epilepsia o espasmos. Su capacidad antioxidante es mayor en las hojas que en los frutos **(CARVAJAL DE PABÓN et al. 2007)**.

Finalmente cabe alertar sobre el consumo de frutas o verduras troceadas que se venden en diferentes puntos comerciales (cafeterías, supermercados, tianguis, puestos en la calle), porque el pelado y cortado incrementa la actividad metabólica del producto, incide en los compuestos fotoquímicos presentes y en consecuencia en la capacidad antioxidante. De hecho, el oscurecimiento del tejido, producto de la degradación de fenoles (oxidación por la polifenoloxidasas) no sólo altera la apariencia del alimento también disminuye la actividad antioxidante **(ROBLES et al. 2007)**.

2.11. OTROS ANTIOXIDANTES.

2.11.1. ¿QUÉ SON LOS RADICALES LIBRES?

Son moléculas “desiguales” con átomos que contienen un electrón en capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos. Estos radicales recorren nuestro cuerpo u organismo humano intentando atrapar un electrón de los elementos estables, con fin de lograr su estabilidad electroquímica, y con potenciales reacciones en cadena destructoras de nuestras células. Los antioxidantes y los radicales libres. Los antioxidantes retrasan los procesos de envejecimiento combatiendo la decadencia y muerte de las células que provocan los radicales libres. Incapacidad de nuestros para neutralizan a estos radicales libres a los que nos exponemos diariamente y nos obliga a recurrir a alimentos con propiedades antioxidantes con capacidad de utilizarlos. Llevar alimentos o sustancias antioxidantes de determinados alimentos, los mecanismos son diversos y van desde la inhibición hasta una reacción más activa del sistema inmunológico (ZAMORA, 2007).

2.11.2. EL Estrés Oxidativo.

Según (CALIXTO y GOÑI, 2005), nuestro cuerpo es preciso, definir que nuestras células, se encuentran constantemente produciendo energía necesaria desde para caminar hasta para pensar o, simplemente, para mantener todos nuestros órganos en trabajo. Para obtener esa energía, utilizamos oxígeno y los nutrientes (macro componentes) que contienen los alimentos (hidratos de carbono, grasas y proteínas) en un proceso llamado «respiración celular», independiente de lo que conocemos como inhalación, el aire que entra en los pulmones, etc. Todos sabemos que para nosotros (como para todos los organismos que se llaman aerobios) el oxígeno es fundamental para subsistir. Sin embargo, a veces la naturaleza tiene aspectos exteriores contradictorios: aunque ese oxígeno es imprescindible para nosotros, su uso en la respiración celular dará

lugar a esos compuestos que ya hemos mencionado, los radicales libres, que en efecto tienen efectos perjudiciales en la salud, para nosotros. Generalmente, los átomos, son las piezas primordiales de ese puzle, que es la materia, se acoplan a otros átomos formando moléculas. Y para acoplarse, entre otras formas, pueden unirse dos átomos o dos grupos de átomos cada uno de los cuales con una subpartícula llamada electrón y decirse «qué te parece si compartimos nuestros electrones y en vez de ser como si cada uno tuviera sólo uno, sería como si los dos tuviéramos dos». Este arreglo suele gustar bastante a los átomos y se unen. Pero, a veces, hay grupos de átomos que no son muy partidarios de compartir ese electrón y se quedan por ahí con su electrón suelto; estos son los radicales libres. Hasta aquí, los radicales libres no parecen muy feroces ni que tengan que molestar a nadie circulando con ese electrón suelto. La complicación es que estos radicales libres no se quedan ahí, sino que van por ahí asaltando – oxidando– a todo lo que encuentran (esencialmente: lípidos y proteínas que forman estructuras de nuestro cuerpo, así como ADN), usando como «arma de ataque» ese electrón desprendido y, por ser un proceso químico, en ese ataque transmutan también a las otras moléculas en radicales libres.

En síntesis, que los radicales libres que se forman en la respiración celular van a ir reaccionando con otras moléculas y van a ir agrandando ese ejército de radicales libres que circulan en nuestro cuerpo. No sólo eso, sino que además de esos radicales que se generan de manera inevitable, hay otros componentes, como la exposición a ciertas radiaciones o al humo de los cigarrillos, hasta ahora, los radicales libres, aparte de reclutar nuevos miembros para su club, no han parecido demasiado malos. El inconveniente es que al transformarse en (radicales libres) esas moléculas que se van encontrando por nuestro cuerpo (recordemos: lípidos, proteínas y ADN), perturban sus estructuras, sus funciones, y esto va a tener efectos en nuestro organismo humano.

Un ejemplo claro, es cuando los radicales libres atacan –oxidan– al «colesterol malo» (o colesterol LDL), éste se convierte en colesterol LDL oxidado, que se va acumulando fácilmente en nuestras arterias y empieza una causa que conduce a la formación de la placa de ateroma. En concreto, un exceso de radicales libres se ha relacionado con la enfermedad cardiovascular, procesos neurodegenerativos como la enfermedad llamada Alzheimer, enfermedades inflamatorias, o ciertos tipos de cáncer. Muchas veces, los radicales libres son el origen directo de estas enfermedades y, otras, la propia enfermedad desarrolla la producción de radicales libres, que contribuyen a recaer. En cualquier caso, en estas enfermedades siempre existe un exceso de radicales libres. Estos antioxidantes presentes en los alimentos incluyen algunas sustancias de las que hemos oído hablar desde hace mucho, como la vitamina C (ácido ascórbico) y la vitamina E (tocoferoles) y otras que no nos suenan tanto, como polifenoles, carotenoides y terpenoides. Todos ellos embestirán los radicales libres de nuestro cuerpo, y además por distintos flancos: algunos se acoplarán directamente a ellos y los dejarán K.O., incapaces de oxidar otras moléculas; otros ayudarán a los sistemas antioxidantes que hay en nuestro cuerpo; otros dejarán sin discernimiento a algunas moléculas que ayudan a actuar a los radicales libres, etc (CALIXTO Y GOÑI, 2005).

2.11.3. Proceso de Oxidación y los Agentes Promotores.

Si el radical está coligado a la función antioxidante se considera el proceso de óxido-reducción que remite a dos momentos básicos:

- a) oxidación que implica menoscabo de electrones de hidrógeno con el lucro de oxígeno en la molécula.
- b) reducción que significa ganancia de electrones de hidrógeno con la pérdida de oxígeno. Así el oxidante se reduce al protestar con aquella molécula que enmohece.

Todo este proceso es diario en el organismo humano y personifica el conocido peróxido-reductor o balance reducción. Es importante

aclearar que a veces el término oxidación sólo se remite a ciertas sustancias solitarias (oxidación de grasa), pero no hay una perspicacia específica de que esta denominación (oxidación) se refiere a procesos celulares, internos que conllevan la aparición de padecimientos de diferentes enfermedades. Así, no sólo hay que valorar los componentes de defensa del organismo, sino también las especies envueltas, tales como los radicales libres que se analizan de la toma de muestras (QUINTANAR Y CALDERÓN, 2009).

2.11.4. Vitamina C (Ácido Ascórbico).

Según (FENNEMA), 2014), el ácido ascórbico es muy sensitivo a diversas conveniencias de degradación, entre los profusos factores que pueden ser capaz influenciar en los mecanismos degradativos, cabe citar la temperatura, la concentración de sal, azúcar, pH, el oxígeno, las enzimas, los catalizadores, metálicos, la concentración inicial del ácido y la relación ácido ascórbico, ácido dehidroascorbato. Así mismo es un poderoso antioxidante y rejuvenecedor de células.

Tabla N° 11. Clasificación de antioxidantes de acuerdo a solubilidad y su valor nutritivo.

CLASIFICACION	HIDROFILICOS	HIDROFOBICOS
NUTRITIVO	VITAMINA C	VITAMINA E.
NO NUTRITIVO	FENOLICOS	CAROTENOIDES

Fuente: (ARMENTEROS et al), 2012.

Tabla N° 12. Clasificación de los antioxidantes según el sitio donde ejercen su acción.

INTRACELULAR	MENBRANA	EXTRACELULAR
SUPEROXIDO DISMUTASA	VITAMINA E	CERULOPLASMINA
CATALASA	BETACAROTENOS	TRANSFERINAS
PEROXIDASA	UBIQUINOL - 10	LACTOFERINAS
DT - DEAFARASA		AALBUMINAS
GLUTATION		HAPTOGLOBINAS
PROTEINAS QUE LIGAN		VITAMINA C.
METALES.		ACIDO URICO
SISTEMAS PROTEOLITICOS		VITAMINA E.
VITAMINA C		

Fuente: (REITTER), 1995.

La acción del antioxidante es el sacrificio de su propia integridad molecular, para evitar alteraciones de moléculas – lípidos, ADN, etc. Funcionamiento vital o más importante. Su acción la realizan tanto en medios hidrofílicos como hidrofóbicos. Actúan como eliminadores, con el objetivo de mantener el equilibrio prooxidante y antioxidante a favor de estos últimos (REITTER, 1995).

Los antioxidantes exógenos actúan como moléculas suicidas, ya que se oxidan al neutralizar al radical libre, por lo que la reposición de ellos debe ser continua, mediante la ingesta de los nutrientes que los contienen (VENERO, 2002). En la tabla N° 11, se muestra la clasificación de las antocianinas según o de acuerdo a su solubilidad y su valor nutritivo. Así mismo en la tabla N° 13, observamos donde se muestra la clasificación de antioxidantes, según el sitio donde ejercen su acción, y en la tabla N° 13, mostramos la clasificación de los antioxidantes según origen.

Tabla N° 13. Clasificación de los antioxidantes según origen.

ORIGEN	ACCION
I. EXOGENOS	
VITAMINA E	Neutraliza el oxígeno singlete, captura radicales libres hidroxilo, captura O ₂ , neutraliza peróxidos.
VITAMINA C	Neutraliza el oxígeno singlete, captura radicales libres de hidroxilo, captura O ₂ , regenera la forma oxidada de la vitamina E, neutraliza el oxígeno singlete.
BETACAROTENOS FLAVONOIDES LICOPENOS	
II. ENDOGENOS.	
ENZIMATICOS	Cofactor
SUPEROXIDO DE DISMUTASA (SOD)	Cobre, Sodio, Manganeseo.
CATALASA (CAT)	Hierro.
GLUTATION PEROXIDASA (GPs)	Selenio
III. NO ENZIMATICOS	
GLUTATION	Barreras fisiológicas, que enfrenta el oxígeno a su paso desde el aire hasta las células
COENZIMA Q.	Transportadores de metales (mtransferrina y ceruloplasmina).

Fuente: (VENERO), 2002.

Internamente de los antioxidantes hidrofóbicos está incluido la vitamina E, que es un conjunto de compuestos fenólicos conocidos como tocoferoles. El alfa tocoferol es el más común, y biológicamente el que tiene mayor acción vitamínica. Es un antioxidante lipofílico que se localiza en las membranas celulares, cuya absorción y transporte se halla muy vinculado con el de los tejidos. Actúa como protector de las moléculas lipídicas, ya que su acción consiste en proteger de la peroxidasa a los ácidos grasos polinsaturados de los fosfolípidos de la membrana celular y también en inhibir la peroxidación de las lipoproteínas de baja densidad LDL. Así mismo neutraliza el oxígeno, captura radicales libres, hidroxilos, neutraliza peróxidos, y captura el anión superóxido para convertirlo en formas menos reactivas. La vitamina E, actúa como un antioxidante rompedor de cadenas y es un eficaz eliminador de radicales libres, lípidos, poliinsaturados de las membranas frente a la oxidante. Otros antioxidantes (vitamina C, glutatión), y enzimas, mantiene a la vitamina E, en estado reducido. Esta vitamina también inhibe la síntesis de prostaglandinas y las actividades de la proteína cinasa y la fosfolipasa A2 (TRABER & ATKINSON, 2007. HARRINSON, 2010).

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos incluidos en los alimentos vegetales y también de los colores anaranjados de varios alimentos de origen animal. Se conocen alrededor de 600 compuestos de esta familia que se dividen en dos tipos: los carotenos que son hidrocarburos, y las xantofilas, sus derivados oxigenados (KRINSKY, 1989).

Dentro de los antioxidantes hidrofílicos se incluyen la Vitamina C, o ácido ascórbico, es un importante antioxidante hidrosoluble que actúa potenciando el efecto de otros antioxidantes como la vitamina E, Sus principales funciones son neutralizar el oxígeno (O₂), capturar radicales hidroxilos y aniones superóxidos y regenerar la forma oxidada de la vitamina E, es decir actúa de forma sinérgica con la vitamina E (SHEKELL et al 2003, y STANNER et al 2004).

CAPITULO III: CONCLUSIONES.

1. Las antocianinas, tienen una gran influencia en la coloración natural que son extraídas de los frutos y vegetales, en el cual nuestro país es enriquecido de ello, que ahora son empleados la industria alimentaria.
2. Las antocianinas son pigmentos naturales que imparten colores a las plantas para diversas funciones.
3. Estos pigmentos representan un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos y para la obtención de productos con valor agregado dirigidos al consumo humano.
4. Sin embargo, mucho hay por aprender en cuanto a su estabilidad en matrices específicas y a la relación entre su estructura, la actividad biológica de los metabolitos bioactivos, los efectos sinérgicos y las dosis efectivas.
5. Actualmente, se han estandarizado metodologías para aislar y purificar antocianinas con lo que es posible realizar análisis de forma sencilla de compuestos de diferentes variedades de frutas y vegetales, gracias a esto se puede obtener datos exactos para correlacionar el contenido de antocianinas, el tipo y el poder de antioxidante de los extractos.
6. Las antocianinas se acumulan en mayor concentración en flores y frutas, pero también están presentes en hojas, tallos, órganos de almacenamiento y granos.
7. Las antocianinas son muy beneficios para el consumo de la humanidad por que cumplen un papel muy importante en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes, neuronales, cardiovasculares; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo.
8. Las antocianinas son agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano. Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contaminación viral y microbiana.

CAPITULO IV: RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar extracciones de antocianinas de diversos frutos y así poder determinar los beneficios que ofrecen cada uno de ellos; lo cual permitiría promocionar a dichos productos vegetales como excelentes fuentes de antioxidantes y así proporcionar un valor agregado.
2. La biodiversidad de nuestro país ofrece un campo inexplorable para la ciencia y tecnología de alimentos, lo cual debe aprovecharse para responder a las nuevas y crecientes necesidades de una sociedad comprometida a la salud.
3. Realizar estudios para conocer adecuadamente la composición de extractos para identificar compuestos antioxidantes en los mismos y evaluar los efectos en el potencial de la salud, así como en los efectos en la prevención de enfermedades.
4. Se recomienda utilizar disolventes no tóxicos para el ser humano durante la extracción y purificación, ya que se pretende incluir a las antocianinas como colorantes en la industria alimentaria.
5. Se recomienda consumir frutas con una alta concentración de antocianinas para así prevenir dichas enfermedades en la humanidad.

CAPITULO V: GLOSARIO DE TERMINOS

Antocianina.

Son pigmentos solubles en agua que se hallan en las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos.

Colorante.

Se define como la substancia natural o sintética, soluble en el vehículo de una pintura o barniz, a los que aporta un color determinado.

Colorantes Naturales:

Se denominan colorantes o tintes naturales a aquellas sustancias coloreadas extraídas de plantas y animales aptas para la tintura o coloración de las fibras textiles. Y no solo de textiles, ya que aún antes de la existencia de ellos fueron una herramienta de expresión artística.

Colorantes Artificiales o Sintéticos:

Los colorantes artificiales son solubles en agua, debido a la presencia de grupos de ácido sulfónico, y consecuentemente son fáciles de utilizar, generalmente en forma de sales sódicas, en líquidos y materiales pastosos.

Polinizadores:

El transporte del polen lo pueden realizar diferentes agentes que son llamados vectores de polinización.

Reacciones Endotérmicas:

Se denomina reacción exotérmica a cualquier reacción química que desprenda energía, ya sea como luz o calor.

Alifático:

Son compuestos orgánicos que disponen de una cadena abierta como estructura de una molécula.

Método de Extracción:

Son aquellos procesos físicos por los cuales se pueden separar los componentes de una mezcla.

Método de Extracción (Líquido-líquido):

También conocida como extracción con solventes o extracción con disolventes, es un proceso químico empleado para separar una mezcla de compuestos aprovechando su diferencia de solubilidad entre dos líquidos inmiscibles o parcialmente miscibles.

Método de Caracterización:

La caracterización de un sólido mediante distintos métodos tiene como finalidad conocer cualitativa y cuantitativamente cómo está constituido el catalizador tanto en el bulk como en la superficie y qué transformaciones sufre como consecuencia de un tratamiento térmico.

Grupos hidroxilo:

Es un grupo funcional formado por un átomo de oxígeno y otro de hidrógeno, característico de los alcoholes, fenoles y ácidos carboxílicos entre otros compuestos orgánicos.

Grupos Metoxilo:

Es un grupo funcional o radical consistente en un grupo metilo unido a un oxígeno.

Flavonoides:

Es el término genérico con que se identifica a una serie de metabolitos secundarios de las plantas.

Sacáridos Glicosales

Son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas principales funciones en los seres vivos son el prestar energía inmediata y estructural.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. AGUILERA, O, M. REZA, VARGAS, M. CHEW, MEDINA VEITIA R. MEZA, VELAZQUES J. 2011. Propiedades de las Antocianinas. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. XIII: 16-22.
2. ARMENTEROS, M. MORCUENDE, L. 2012. Clasificación de Antioxidantes de acuerdo con su solubilidad. Euro. Carne. Bélgica.
3. BADUI, D. 2016. Química de Alimentos. III. Reimpresión. Acribia. Zaragoza. España. 1760 pag.
4. CALIXTO, S. F. GOÑI, I. 2005. "Fibra dietética y antioxidantes en la dieta española y en alimentos funcionales" Capitulo en el Libro "Alimentos funcionales" Fundación Española para la ciencia y la tecnología. Madrid.
5. CAPOCASA, F. SCALZO, J. MEZZETTI, B. BATTINO, M. 2008. Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: Therole of genotype. Food Chem. III. 872-8.
6. CASTAÑEDA, V, A. PACHECO, H, M. PAEZ, H, M. RODRIGUEZ, J. GALAN, V, C. 2009. Chemical studies of anthocyanins; A review. Food Chemystre, 113: 859-971.
7. CARVAJAL DE PAVON, L. TURBAY, S. ROJANO, B. ALVAREZ, L. RESTREPO, S. ALVAREZ, J. BONILLA, K. OCHOA, C. SANCHEZ, N. 2011. Algunas especies de Passi flora y su capacidad antioxidante. Rev. Cubana Plantas Medic. 16(4): 354-63.
8. CLARKSON, P. THOMPSON, H. 2000. Antioxidnts: What role do they in physical activity and health? AmJ Clin Nutr. 72 (suppl): 637s - 46s.
9. CESPEDES, E. RODRIGUEZ, K. LLOPIZ, N. CRUZ, N. 2000. Un acercamiento a la teoría de los radicales libre y el estrés oxidativo en el envejecimiento. Rev. Cubana Inves. Biomedica. 19(3) 186-90.

10. **CESARI, M. MARCO, P. BARTALI, B. ANTONIO, , CH. PENNIN, B. WILLIANS, G. ATKINSON, H. ANTONIO, M. GURAJNIK, J. FERRUCCI, L. 2004.** Los antioxidants y el rendimiento en personas de edad avanzada: la invecchiare (in Chianti) un estudio. *Am. J. Clin. Nutrit.* 79(2): 89-94.
11. **CUNNINGHAM, D. VANNOZI, S. TURK,R. RODERICK, R. O'SHEA, E. BRILLIANT, K. 2005.** Constituyentes fitoquímicos del arándano americano (*Vaccinium macrocarpon*), y sus beneficios para la salud. *Rev. Fitoterapia.* 5(1): 5.16.
12. **DELGADO, V, F. JIMENEZ, A, R. PAREDES, L, O. 2000.** Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, betalains-characteristics, biosynthesis, processing and stability. *Food Science and Nutrithion*, 40: 173-289.
13. **DE LA PUENTE, M. 2002.** Efects of antioxidants on immune system ageing European. *J. Clin. Nutru.* 56(3) 55-8.
14. **DURST, R. WROLSTAD, R. 2001.** Separation and Characterization of anthocyanins by HPLC, In: *Handbook of Food Analytical Chemistre*, New Jersey: John Willey & Sons, 2001. P. 33 - 45.
15. **DRAGO, M. LOPEZ, M. SAINZ, T. 2006.** Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Rev. Mexicana Ciencias Farmaceuticas.*37(4): 58-68.
16. **ESCAMILLA, CH. CUEVAS, E. GUEVARA, J. 2009.** Flavonoides y sus acciones. *Antioxidantes. Rev. Fac. Med. U.NA.M.* 52(2): 73-5.
17. **FENNEMA, O, R. 2010.** *Química de Alimentos. II. Acribia. Zaragoza. España.* 938 Pag.

18. **FENNEMA, O, R. 2014.** Química de Alimentos. III. Acribia. Zaragoza. España. 1258 Pag.
19. **FERREIRA, O. 2007.** Stability of anthocyanin in spinach (Basella rubra), fruits. U.F.P y U.F.V. Vol. 34. N: 34 pag. 115-120.
20. **GARZON, G, A. 2008.** Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. Acta Biológica. Colombia. 13: 27 – 36.
21. **GONZALES, G. GARCIA, D. 2012.** Ejercicio físico y radicales libres ¿es necesario una suplementación con antioxidantes? Revista Internacional Medica Ciencias. Actividad Física Deporte. 12(46): 369-88.
22. **GRADINARU, G. BILIADERISB C, B. KALLITHRAKAC, S. KEFALASA, P. GARCIA, V, C. 2003.** Thermal stability of hibiscus sabdariffa L. anthocyanins in solution and in solid state: effects copigmentation and glass transition, Food Chemistry, 83: 423 – 436.
23. **HALLIWELL, B. MURCIA, M. CHIRICO, S. ARUOMA, O. 1995.** “Free radicals and antioxidants in vivo: what they do and how they work” Critical reviews in Food Science and Nutrition. 35: 7-20.
24. **HARBONE, J, B. 1993.** Nuevos polifenoles vegetales de origen natural en Polifenolicos. Fenomenos. A. Scalbert. Edicion INRA. Paris 9 -21p.
HUTCHINGS, J, H. 1999. Food and Appearance. II. Gaithersburg. Md. Aspen Publishers Inc.
25. **HARBONE, J, B. y GRAYER, R, S. 1998.** The anthocyanins. In “The Flavonoids: Advance in research since 1980” (J.B. Harbone Ed.) Chapman and Hall. London pp. 1 – 20.
26. **HARMAN, D. 1972.** Teoría de los Radicales Libres y el estrés oxidativo. Actualizado. Nebraska. Universidad de Nebraska. EE. UU.

27. **HARRINSON, T, R. 2010.** Principios de Medicina Interna. 16 ed. México D.F. Mc Graw - Hill Interamericana.
28. **HUTCHINGS, R. 1999.** Las antocianinas como colorantes naturales, compuestos bioactivos. Rev. Act. Biol. Colombia. Vol. 13. Nº 3. 27-36. Pag.
29. **JACKMAN, R, L. SMITH, LL. 1996.** Antocianinas y betalainas, en alimentos naturales Colorantes. G.A.F. Hendry h J.D. Ed. Chapman & Hall. New York. 244 - 310 p.
30. **KOPJAR, M. BILIC, B. PILIZOTA, V. 2011.** Influence of different extracts addition on total phenol, anthocyanin content antioxidant activity of blackberry juice during storage. Croating Journal of Food Science and Tecnology. III: 9 -15 P.
31. **KOPJAR. M, PILIZOTA, V. 2009.** Copigmentacion effect of phenolic compounds, en red currant juice anthocyanins during storage. Croating Journal of Food Science and Technology 1:16 - 20 p.
32. **KRINSKY, N. 1998.** Antioxidant functions of carotenoide. Free Radical Biology. & Medicine. 6(3): 617 - 635.
33. **LALEH, P. 2006.** Antocianinas y Actividad Antioxidante en Maices y Barberies, de las razas, Chalqueño, Elotes cónicos y Boleta. UNIFAB. Salamanca. España.
34. **LEWIS, C. WALKER, J. 1995.** Effect of polysaccharride son the colour of anthocyanins Food Chemystri. 54: 315 -319.
35. **LLANCARI, A. MATOS, A. 2011.** Valoración de los nutrientes y antioxidantes en la salud humana e industria alimentaria. Universidad Peruana Unión. I Congreso Nacional de Investigación. Perú. Lima, 2-4 noviembre.

36. LOPEZ, L. GARCIA, S. 2009. Actividad antioxidante de extractos metabólicos y acuosos de distintas variedades de maíz mexicano. *Nova Scientia*. 2-1(3): 51-64.
37. MARKAKIS, P. LIVINGTON, G. FELLERS, R. 1974. Quantitative aspecto of Strawberry Pigment Degradations *Food Rev: 157: 22:117 - 130*.
38. MARQUINA, V. ARAUJO, L. RUIZ, J. RODRIGUEZ, A. VIT, P. 2008. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava L.*), *Arch. Latino americanos. Nutricion*. 58(1): 89-102.
39. MAZZA, G. 1995. Anthocyanins in grapes and grape products. *Critical Review in food Sciencia and Nutrition*.
40. MIN SHENG, S. PO JUNG CH. 2007. Antioxidant activity, anthocyanins, and phrnolics of rabbiteye bueberry (*Vaccinium ashei*), fluid products as affected fermentation. *Food Chemistry*.104: 182 - 187.
41. MOLDOVAN, B. DAVID, I. CHISBORA, C. CIMPOLU, C. 2001. Degradation kinetics of anthocyanins fron european cranberry bus (*Viburnum opulus*), fruit extracts. Effects of temperatura, pH and storage solvent. *Molecules* 17: 1165 - 11666.
42. PALOMINO, M. GUIJA, E. LOZANO, N. 2009. Propiedades antioxidantes de la guayaba (*Psidium guajava L.*), *Rev. Soc. Química. Perú*. 75(2): 227-34.
43. PATTHAMAKANOKPORN, O. PUWASTEIN, P. NITITHAMYONG, A. SIRICHAKWAL, P. CHANGES, L. 2008. Of antioxidant activity and total phenolic compounds during of selected fruits. *Jou. Composition Analysis*. 21: 241-8.

- 44. PEREA, J. CADENA, T. 2009.** El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes. Efecto del Procesamiento. Salud Universidad Industrial Santander. 41:128-34.
- 45. QUINTANAR, M. CALDERON, J. 2009.** La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones Rev. Educación Bioquímica.
- 46. RAMIREZ, M. GERACITANO, L. MARTI, D. HENRIQUES, A. 2009.** Efectos beneficiosos de extractos de frutas rojas y sus antocianos. Bol. Latinoam. Caribe. Plantas Medicinales Aromáticas. 8(6): 456-68.
- 47. REITTER, R, J. 1995.** Oxidate processes and y antioxidative mechanisms FASEB, J, 9: 526-33.
- 48. ROBLES, M. GORINSTEIN, SH. MARTIN, O. ASTIAZARAN, H. GONZALES, G. CRUZ, R. 2007.** Frutos tropicales mínimamente procesados potencial antioxidante y su impacto en la salud Interciencia. 32(4): 227-32.
- 49. RODRIGUEZ, S, L. WROLSTAD, R, E. 2001.** Extraction Isolation and Purification of anthocyanins In "Current Protocols in Food Analytical Chemistry "John Willey and Sons pp. 1-9.
- 50. REIN, M. 2005.** Copigmentation reactions and color stability of Berry anthocyanins. Academic dissertation University of Helsinki. Departament of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division.
- 51. REYES, A. GALICIA, M. CARRILLO, M. 2011.** Antioxidantes: la magia de lo natural. Rev. Tlatoani. (8): 1-16.

52. **RUSSELL, R. SUTTER, N, P. 2007.** Harrison Parte IV. Capítulo 61. Deficiencias excesos de vitaminas, oligoelementos y vitaminas. <http://Harrisonmedicina.com>.
53. **SARI, P. WIJAYA, C. SAJUTHI, D. SUPRATMAN, U. 2012.** Colour properties, stability , and free radical scavenging activity jambolan (Syzygium cumini), fruit anthocyanins in a beverage model system: Natural and copigmented anthocyanins. Food Cehmistry. 132: 1908 - 1914.
54. **STANNER, S. HUGHES, J. KELLY, C. BUTTRISS, J, A. 2004.** A review of the epidemiological evidence for the “antioxidant hypothesis”. Publish Health Nutr. 7(3): 407-22.
55. **SHEKELLE P, HARDY M. COULTER L, UDANI J, SPAR M. ODA K. 2003.** Effect of the supplemental use of antioxidants vitamin C, vitamin E, and coenzyme for the prevention and treatment of cancer. Evident - tecnologia Assessment 75: (7): 1 - 3.
56. **STINTZING, F, C. STINTZING, A, S. FREI, B. WROLSTAD, R, E. 2002.** Color and antioxidant properties, of Cyanidin based Anthocydying Pigments. Agric Food Chemistry. **TIMBERLAKE, C, E. 1980.** Anthocyanins Occurrence, extraction and Chemistry. Food Chem. 5(1): 69 - 80.
57. **SUMAYA, M. SUAREZ, T. CRUZ, ALANIS, E. SAN PEDRO. 2010.** Innovación de productos de alto valor agregado a partir de tuna mexicana. Rev. Mexicana Agronegocios. XIV
58. **TIMBERLAKE, C. 1980.** Anthocyanins: occurrence, extraction and Biochemistry. Food Chemistry 5: 69-80.
59. **TRABER, M. ATKINSON, J. 2007.** Vitamin E, Antioxidant and Nothing More. Free Rad. Biol. Mole. 43(1): 4-15.

60. **WROLSTAD, R, E. LAURO G, J. FRANCIS 2000.** Anthocyanins Natural Food, Colorants New York. N.Y. Marcel. 237 – 252.
61. **VENERO J, 2002.** Daño oxidativo, radicales libres, y antioxidantes. Instituto Superior de Medicina Militar, Dr. “Luis Diaz Soto” Rev. Cubana Med. Medicina Militar 2 (3): 126 – 33.
62. **ZAMORA, J. 2007.** Antioxidantes micronutrientes en lucha por la salud. Revista de Chile, Nutr. 34(1): 17 – 26.
63. **ZORRILLA, A. 2002.** El envejecimiento y el estrés oxidativo. Rev. Cuba. Cubana Invest. Biomedic. 21(3): 178-85.

Sitios WEB

64. [http: // www.redalyc.org/pdf/3719/371937612010](http://www.redalyc.org/pdf/3719/371937612010).
65. [http: // cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2594/](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2594/) .
66. File:///C:/Users/DELL/Downloads/253-1-1282-1-10
67. CRC Press Web site al www.crcpress.com @ 2003 by CRC Press LLC. 2003.