

EVALUACIÓN DE LA EXTRACCION DE PIGMENTOS VEGETALES COMO LA
ANTOCIANINA A PARTIR DE DIFERENTES FRUTOS SILVESTRES PARA USO
ALIMENTICIO

LAURA NATALIA CUBILLOS CASTAÑEDA
LILI YINETH PAVA MORA

Director
David Triviño Rodríguez

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA
BOGOTA
2020

Nota de aceptación

Ing. Edgar Moreno

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá D.C febrero 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro
Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero institucional
Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones
Dr. MARIA CLAUDIA APONTE GONZÁLEZ

Vicerrector de Administrativo y Financiero
Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA

Secretaria General
Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Decano Facultad de Ingeniería
Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Directora Programa Ingeniería Química
Ing. NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

DEDICATORIA

Por los enormes esfuerzos para lograr culminar este proyecto en mi vida, agradezco y dedico este trabajo a mis dos padres, por su dedicación, compañía, consejos y amor hacia mí. A mi cachorro Nugget, por darme su compañía todas las noches de desvela, igualmente a mi compañera por hacer de nosotras un excelente equipo de trabajo y realizar todo responsablemente.

Gracias a la vida por darme la oportunidad de cumplir uno de mis sueños y llegar a ser una excelente profesional.

Lili Yineth Pava Mora

A mi mamá especialmente por el esfuerzo tan grande que ha hecho para sacarme adelante, todo lo que soy y lo que he logrado es gracias a ella, a sus consejos, a su amor y por su apoyo incondicional. En general a toda mi familia por estar siempre pendiente de mí, por su colaboración y brindarme animo en cada etapa de mi vida. Igualmente, a mi compañera, porque juntas logramos terminar este excelente trabajo y además por ser una gran amiga.

Laura Natalia Cubillos Castañeda

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. OBJETIVOS	22
1.1 Objetivo general	22
1.2 Objetivos específicos	22
2. MARCO TEÓRICO	23
2.1 Frutos silvestres	23
2.1.1 Arándanos	25
2.1.2 Ciruelas silves	26
2.1.3 Frambuesas	26
2.1.4 Fresas silvestres	27
2.1.5 Grosella	27
2.1.6 Zarzamora	28
2.2 Colorantes naturales	28
2.2.1 Tipos	28
2.3 Colorantes artificiales	37
2.3.1. Tipos	37
2.4 Compuestos polifenólicos	50
2.4.1 Flavonoides	50
2.5 Estabilidad de antocianinas	55
2.5.1 Efecto del pH	55
2.5.2 Efecto de las enzimas	55
2.5.3 Efecto del ácido ascórbico	55
2.5.4 Efecto de la luz	56
2.5.5 Efecto de la temperatura	56
2.5.6 Efecto del oxígeno	56

2.5.7	Efecto del sulfitado	57
2.6	Secado	57
2.6.1	Secado al horno	57
2.6.2	Liofilización	57
2.7	Procesos de separación	57
2.7.1	Extracción	58
2.7.2	Extracción por solventes orgánicos	58
2.7.3	Extracción asistida por microondas	59
3.	NORMATIVIDAD DE LOS COLORANTES EN COLOMBIA	61
3.1	Normatividad en Colombia	61
3.1.1	Norma Técnica Colombiana (NTC 409)	61
3.1.2	Decreto N°002106 de 1983	62
3.1.3	Resolución 10593 de 1985	63
3.2	Normatividad extranjera	68
3.2.1	Marco legal de Unión Europea	68
3.2.2	Marco legal de Estados Unidos	72
4.	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE	78
4.1	Destilación por arrastre de vapor	78
4.2	Extracción con fluidos supercríticos	78
4.3	Extracción asistida por ultrasonido	80
4.4	Preparación previa extracción	80
4.4.1	Preparación de la muestra inicial	80
4.4.2	Homogenización de la muestra	80
4.4.3	Desinfección de la muestra	81
4.4.4	Secado de la muestra en horno	83

4.4.5	Liofilización de la muestra	83
4.5	Elección del solvente	85
4.6	Variables que afectan la extracción	87
4.6.1	Tamaño de partícula	87
4.6.2	Tiempo	87
4.6.3	Temperatura	88
4.6.4	Solvente	88
4.7	Extracción	88
4.7.1	Extracción por solventes soxhlet	89
4.7.2	Extracción asistida por microondas	90
5.	APLICACIÓN DEL EXTRACTO NATURAL EN ALIMENTOS	99
5.1	Propiedades organolépticas	99
5.1.1	Textura	99
5.1.2	Color	100
5.2	Propiedades funcionales	100
5.2.1	Memoria	101
5.2.2	Sistema muscular	101
5.2.3	Anticancerígeno	101
5.2.4	Diabetes	102
5.2.5	Obesidad	102
5.2.6	Sistema inmune	102
5.3	Compuestos bioactivos	103
5.4	Presentaciones de distribución	105
5.4.1	Líquido	105
5.4.2	Sólido	105

5.5	Aplicaciones	105
5.5.1	Bebidas	106
5.5.2	Comestibles	109
5.5.3	Cosméticos	112
5.5.4	Farmacéutica	116
5.5.5	Otras aplicaciones	122
6.	DESARROLLAR LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE LA PRODUCCIÓN DEL EXTRACTO	124
6.1	Caracterización	127
6.1.1.	Determinación de la masa	128
6.1.1	Tamaño e índice de esfericidad	128
6.1.2	Volumen	128
6.1.3	Densidad	128
6.1.4	Firmeza o dureza	128
6.1.5	Concentración de iones hidrogeno (pH)	128
6.1.6	Acidez	129
6.1.7	Solidos solubles totales (SST)	129
6.2	Selección	130
6.3	Desinfección	131
6.4	Secado	132
6.5	Congelación	136
6.6	Liofilización	138
6.7	Molienda	139
6.8	Extracción asistida por microondas	140
6.9	Destilación	142

6.10	Empaquetado y sellado	143
6.11	Control de calidad	145
6.11.1	Espectrofotometría UV	145
6.11.2	Cromatografía de capa fina (TLC)	146
6.11.3	Espectroscopia de infrarrojo	147
7.	CONCLUSIONES	149

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. <i>Contenido de antocianinas en alimentos (mg. Por cada 100 g de producto fresco)</i>	25
Tabla 2. <i>Tipos de colorantes naturales</i>	36
Tabla 3. <i>Límites de impurezas de los colorantes</i>	62
Tabla 4. <i>Listado de colorantes naturales</i>	64
Tabla 5. <i>Listado de colorantes inorgánicos</i>	65
Tabla 6. <i>Listado de colorantes artificiales</i>	66
Tabla 7. <i>Límites de impurezas en colorante natural</i>	67
Tabla 8. <i>Aditivos en frutas y hortalizas en conserva</i>	70
Tabla 9. <i>Categorías de aditivos que pueden prohibir por países miembros de la UE</i>	71
Tabla 10. <i>Listado de colorantes con etiquetado especial en el alimento que lo contenga</i>	72
Tabla 11. <i>Valores de ingesta diaria de algunos colorantes dadas por UE, US y la JECFA</i>	75
Tabla 12. <i>Propiedades de los fluidos supercríticos más utilizados</i>	79
Tabla 13. <i>Tipos de disolventes polares próticos y sus propiedades</i>	86
Tabla 14. <i>Resultado de contenido de antocianinas en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural</i>	93
Tabla 15. <i>Resultado de contenido de flavonoles en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural</i>	94
Tabla 16. <i>Resultado de contenido de antocianinas en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural</i>	95
Tabla 17. <i>Resultado de contenido de flavonoles en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural</i>	96
Tabla 18. <i>Sustituyentes de la antocianina</i>	104
Tabla 19. <i>Listado de jugos industrializados y su correspondiente valor de pH</i>	108
Tabla 20. <i>Listado de cereales y su correspondiente pH</i>	109
Tabla 21. <i>Características fisicoquímicas del champú elaborado con colorante de pesgua</i>	114
Tabla 22. <i>Caracterización fisicoquímica de la fruta fresca</i>	133

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Ilustración gráfica de ejemplo de frutos silvestres</i>	24
Figura 2. <i>Estructura de un carotenoide</i>	29
Figura 3. <i>Licopeno a partir de tomate</i>	30
Figura 4. <i>Betacarotenos a partir de zanahorias</i>	31
Figura 5. <i>Estructura de la clorofila</i>	32
Figura 6. <i>Estructura de la antocianina</i>	33
Figura 7. <i>Estructura del flavonoide</i>	34
Figura 8. <i>Estructura de la betaxantina y betacianina</i>	35
Figura 9. <i>Clasificación de taninos</i>	36
Figura 10. <i>Estructura del pigmento azoico</i>	37
Figura 11. <i>Estructura de la Tartrazina</i>	38
Figura 12. <i>Estructura del Amarillo ocaso</i>	39
Figura 13. <i>Estructura química de la carmoisina</i>	39
Figura 14. <i>Estructura química del Amaranto</i>	40
Figura 15. <i>Estructura química del colorante Rojo Ponceau</i>	41
Figura 16. <i>Estructura química del rojo allura</i>	41
Figura 17. <i>Estructura química del azul brillante</i>	42
Figura 18. <i>Estructura química del negro brillante</i>	43
Figura 19. <i>Estructura de colorante Marrón FK</i>	43
Figura 20. <i>Estructura química del Marrón 3</i>	44
Figura 21. <i>Estructura química del colorante rojo 57</i>	45
Figura 22. <i>Estructura del colorante amarillo de quinoleína</i>	46
Figura 23. <i>Estructura química de la eritrosina</i>	47
Figura 24. <i>Estructura del colorante Azul patentado 5</i>	48
Figura 25. <i>Estructura química de la indigotina</i>	49
Figura 26. <i>Estructura del colorante Verde S</i>	50
Figura 27. <i>Estructura general de los flavonoles</i>	51
Figura 28. <i>Estructura general de la quercetina</i>	52
Figura 29. <i>Estructura general del kaempferol</i>	52
Figura 30. <i>Estructura básica de la antocianina</i>	54

Figura 31. <i>Montaje Soxhlet a nivel laboratorio</i>	59
Figura 32. <i>Montaje extracción por microondas a nivel laboratorio</i>	60
Figura 33. <i>Esquema del proceso de aprobación por la Unión Europea</i>	69
Figura 34. <i>Esquema del proceso de aprobación por en Estados Unidos</i>	74
Figura 35. <i>Diagrama de bloques para la preparación de la muestra</i>	82
Figura 36. <i>Diagrama de bloques para la preparación pre-extracción</i>	84
Figura 37. <i>Estructura de los disolventes polares próticos y apróticos</i>	85
Figura 38. <i>Diagrama de bloques para la extracción por solventes soxhlet</i>	90
Figura 39. <i>Diagrama de bloques para la extracción asistida por microondas</i>	91
Figura 40. <i>Rango de color del colorante natural alimentario antocianina</i>	100
Figura 41. <i>Estructura química de las antocianinas</i>	103
Figura 42. <i>Crema exfoliante con contenido de antocianinas</i>	113
Figura 43. <i>Champú con contenido anticanónico</i>	115
Figura 44. <i>Tinte para cabello en presentación de 230 gramos</i>	116
Figura 45. <i>Extracto de piel de grosella negra</i>	117
Figura 46. <i>Tableta masticable Bilberry sweden</i>	118
Figura 47. <i>Comprimidos de grosella negra con luteína</i>	119
Figura 48. <i>Anthocyanins plus</i>	120
Figura 49. <i>Jarabe de sauco</i>	121
Figura 50. <i>Natural Wild Blueberry</i>	122
Figura 51. <i>Tonalidades obtenidas del extracto de Liriope platyphylla</i>	123
Figura 52. <i>Bebidas de frutos rojos marca Fruttsi</i>	125
Figura 53. <i>Jugos naturales marca Alimentarte</i>	126
Figura 54. <i>Pulpa de frutos rojos marca Alimentarte</i>	127
Figura 55. <i>Diagrama de bloques del proceso (BFD) para la obtención de extracto natural</i>	127
Figura 56. <i>Banda transportadora industrial para la selección de fruta</i>	131
Figura 57. <i>Autoclave de uso industrial</i>	132
Figura 58. <i>Secador de uso industrial</i>	136
Figura 59. <i>Congelador para uso industrial</i>	138
Figura 60. <i>Liofilizador para uso industrial</i>	139

Figura 61. <i>Molino de martillos para uso alimenticio</i>	140
Figura 62. <i>Extractor por método asistido por microondas para uso industrial</i>	142
Figura 63. <i>Cuba de destilación</i>	143
Figura 64. <i>Empacador y sellador de líquidos para uso industrial</i>	144
Figura 65. <i>Diagrama de flujo del proceso (PFD) para la obtención de extracto natural</i>	148

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

X: Masa total

X_i: Masa individual de cada muestra

n: Total de muestras

d: Densidad

m: Masa

v: Volumen

GLOSARIO

Aditivo: sustancia que se añade o incorpora a otra para aumentar o mejorar cualidad.

Antioxidante: compuesto químico que impide o retardan la formación de óxidos.

Antocianina: pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores o frutos.

Colorante: sustancia soluble en agua, con la capacidad de teñir y dar un nuevo color a un tejido, alimento, entre otros, puede ser de origen natural o sintético.

Cromatografía de capa fina: es un procedimiento utilizado para la separación de moléculas que tienden a ser pequeñas. Consiste en una fase estacionaria y una fase móvil, en la cual la sustancia de interés se va a adherir a la fase estacionaria o por el contrario se mueva con la fase móvil, viajando a una distancia inversamente proporcional a la afinidad por la fase estacionaria.

Espectrofotometría: instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

Extracción: procedimiento que se usa para la separación de un producto orgánico de una mezcla por medio de un disolvente.

Extracto: producto sólido o espeso obtenido por evaporación de un zumo o de una disolución de sustancias vegetales o animales.

Evaporación rotativa: es una técnica comúnmente utilizada en química orgánica para remover un disolvente volátil de un compuesto no volátil de interés.

Favonoides: son pigmentos naturales con propiedades antioxidantes que ayuda a proteger la salud humana de agentes oxidantes.

Flavonoles: son una clase de flavonoides que es su estructura poseen un grupo carbonilo en la posición 4 y un grupo –OH en la posición 3.

Fruto silvestre: son frutas comestibles de tamaño pequeño, dulces, jugosas e intensamente coloreadas, de tipo bayas, comúnmente obtenidas en arbustos silvestres.

Liofilización: es un método de conservación, el cual consiste en la deshidratación sometiendo a una rápida congelación y eliminando el hielo mediante un ligero calentamiento al vacío que lo transforma en vapor manteniendo todas sus propiedades organolépticas.

Microondas: horno electrónico que basa su funcionamiento en la radiación electromagnética causando movimiento de las moléculas por migración de iones y rotación de dipolos que da paso al aumento de la temperatura, facilitando la difusión de los compuestos desde la matriz hasta el disolvente.

Pigmento: sustancia colorante que, disuelta o en forma de gránulos, se encuentra en el citoplasma de muchas células vegetales y animales.

Secado: método por el cual se eliminan sustancias volátiles, es decir, humedad, para poder obtener un producto final en estado sólido y seco.

Solvente: sustancia con la capacidad de disolver y producir con otra una mezcla homogénea.

RESUMEN

Se conoce que en la actualidad el uso de aditivos como colorantes artificiales es muy amplia debido a su gran facilidad de producción a partir de síntesis química, sin embargo, esto representa un gran problema para el ser humano, porque este tipo de colorantes son sustancias tóxicas que pueden llegar a producir daños irreversibles en el organismo como enfermedades graves relacionadas con la aparición de tumores, trastornos de aprendizaje, alergias, entre otros padecimientos. Sin embargo, existe una alternativa para evitar que no se sigan presentando estos problemas de salud, la cual es la implementación del uso de los colorantes naturales, estos son pigmentos que se extraen de vegetales y frutas, los cuales no solo cumplen la función de colorear, sino que también aportan algunas de las propiedades nutricionales de la materia prima.

Existen distintos tipos de pigmentos naturales que se encuentran en la gran diversidad de Colombia, como lo son los carotenoides, clorofílicos, antocianínicos, entre otros y que se pueden utilizar en diferentes campos de la industria. El objetivo de este trabajo es evaluar la extracción de antocianinas a partir de frutos silvestres, los cuales presentan una alta concentración de este tipo de pigmento. En primera instancia se realizó una revisión bibliográfica de las normas para el uso de aditivos en Colombia y la normatividad extranjera usada en Estados Unidos y la Unión Europea y se observaron las diferencias en cuanto a restricciones, límites de consumo permitido, especificaciones de la norma y demás características, que dan a las normas extranjeras una mejor regulación y manejo de los colorantes y aditivos en general en la industria alimenticia.

Además, se realizó una revisión bibliográfica de los métodos de extracción de colorantes, destacando el método de extracción por solventes (soxhlet) y el método de extracción asistida por microondas, de los cuales se realiza una investigación exhaustiva arrojando como resultado que el segundo método es el mejor debido a su facilidad y eficiencia al momento de la extracción de colorante. En cuanto al colorante como producto final, se estudia su aplicabilidad en diferentes productos, no sin antes

investigar acerca sus propiedades benéficas como la prevención de diferentes enfermedades, presentaciones en el mercado y su comportamiento en diferentes alimentos, presentando una buena aplicabilidad del colorante en gaseosas, quesos, golosinas, cremas, shampoo, tintes, entre otros. Por último, se realizó un esquema del proceso de extracción a escala industrial con todas las etapas respectivas y además con el control de calidad del producto final.

INTRODUCCIÓN

Bien se sabe que el consumo de muchos alimentos suele ser nocivo para la salud, esto debido a que algunos ingredientes en su composición, como lo son los colorantes artificiales, producen producir efectos secundarios en el organismo y es esta la razón por la cual las investigaciones ha expandido su conocimiento en lo que respecta a alimentos procesados para reducir sus consecuencias, sin embargo, este argumento no es suficiente para suspender el uso de estos colorantes en los distintos comestibles que se encuentran en el mercado.

La confitería, lácteos, embutidos, bebidas refrescantes y demás alimentos que se consumen diariamente son ejemplos de comestibles que cuentan con colorantes sintéticos en sus ingredientes de procesamiento, los cuales se conocen comúnmente con el nombre de tartrazina, azul brillante, carmoisina, amarato, eritrosina, entre muchos más. Estos colorantes se utilizan con bastante frecuencia en la industria alimenticia, debido a que tienen la capacidad de ofrecer una amplia gama de colores a su disposición, dado que son componentes elaborados desde el laboratorio incrementa las probabilidades de ser perjudiciales para la salud, dentro de sus efectos secundarios se puede ocasionar un aumento en la hiperactividad en la conducta de los niños, fotosensibilidad en personas sensibles a la luz solar, reacciones alérgicas, llegando a algo más grave como mutaciones en los fetos de mujeres en estado de embarazo y desarrollo progresivo de tumores en distintas partes del cuerpo, todo por causa de los químicos sintéticos nocivos existentes en ellos[1]. En la actualidad el uso de colorantes naturales para distintos fines viene en aumento, según un estudio realizado por la DIAN en la hoy en día se utilizan alrededor de 40.000 a 50.000 toneladas de colorantes alimenticios, además afirma que el valor global para este tipo de colorantes orgánicos equivalió a un total de USD 1.300 millones para el 2016, estimando así una proyección de mercado para el año 2023 de alrededor de USD 2.100 millones, esto gracias a que la demanda de colorantes naturales se ha incrementado[2]. En Colombia el valor del mercado de colorantes naturales se valorizo a un total de USD 2.300 millones, es decir, un aproximado de 137.200 kilogramos de producto, la competencia nacional deja un

promedio del 40% para industrias pequeñas, ya que compañías como Colorganics o CHR HNSEN ocupan un total del 60% con su marca[3]. A su vez, los consumidores han cambiado su perspectiva hacia los alimentos y bebidas procesados, ahora pretenden consumir de la manera más simple y pura posible, es por esto que los líderes en colorantes tienen la nueva tendencia a lo natural, países europeos que abarcan la mayor comercialización en el mercado internacional con Estados Unidos, gran porcentaje de sus nuevos productos siguen esa corriente saludable por exigencia del consumidor[4]. Por tanto, encontrar opciones industriales es clave para el futuro de los seres humanos y es por eso que la elaboración de un colorante natural a partir de frutos silvestres que contengan antocianinas evitará consecuencias a futuro y será una alternativa para la tinción de alimentos.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar la normatividad de los colorantes naturales en Colombia.
- Seleccionar el método de extracción que dé el mejor rendimiento del pigmento vegetal de antocianina a partir de diferentes frutos silvestres.
- Determinar las diferentes aplicaciones del extracto en los alimentos.
- Desarrollar una propuesta del proceso industrial para la producción del extracto.

2. MARCO TEÓRICO

Para realizar una correcta investigación se deben conocer todos los conceptos relacionados, es por esto, que entrar con mayor profundidad en el significado para cada termino en específico es necesario. A continuación, se expondrán de manera más detallada todas las definiciones para un entendimiento más claro y sencillo.

2.1 Frutos silvestres

Son frutas comestibles del tipo bayas, estos frutos se destacan por poseer una alta concentración en propiedades nutritivas, como vitaminas (A y C), minerales (Hierro, calcio oligoelementos) y antioxidantes, en especial las antocianinas, el cual es un tipo de antioxidante que le confiere al fruto su tono rojizo o morado oscuro y además ayudan a proteger de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y el cáncer. Algunos frutos silvestres son los arándanos, ciruelas silvestres, frambuesas, fresas silvestres, grosellas y zarzamoras[5].

Figura 1.

Ilustración grafica de ejemplo de frutos silvestres



Nota. La figura muestra los diferentes frutos silvestres. Tomado de: Freepik. Conjunto de frutas y bayas silvestres.

https://www.freepik.es/vector-premium/conjunto-frutas-bayas-silvestres_6079736.htm

Tabla 1.

Contenido de antocianinas en alimentos (mg. Por cada 100 g de producto fresco)

Alimento (fruta, planta)	Contenido de antocianinas
Maíz morado (<i>Zea mays</i>)	1.642
Aronia melanocarpa	1.480
Uvas rojas y negras	888
Berenjena (<i>Solanum melongena</i>)	750
Frambuesa negra (<i>Rubus occidentalis</i>)	589
Arándanos (<i>Vaccinium</i>)	558
Fambuesa (<i>Rubus idaeus</i>)	365
Cerezas (<i>Prunus cerasus</i>)	entre 350 y 400
Palmera de azaí (<i>Euterpe oleracea</i>)	320
Zarzamora (<i>Rubus fruticosus</i>)	317
Grosellero (<i>Ribes rubrum</i>)	entre 80 y 420
Casis (<i>Ribes nigrum</i>)	entre 165 y 412
Naranjas (<i>Citrus × sinensis</i>)	200
Vino tinto	entre 24 y 35

Nota. La tabla muestra un listado de diferentes alimentos con su correspondiente al contenido de antocianinas en miligramos por cada 100 g de producto fresco. Tomado de: Flavonoides.org. Antocianinas en alimentos, propiedades y beneficios antioxidantes.

<https://www.flavonoides.org/antocianinas/>

2.1.1 Arándanos.

Son bayas pequeñas y se distinguen por ser de color azul oscuro o rojo, poseen un sabor característico dulzón con un toque ácido. Se caracterizan por su alto contenido en antioxidantes, los cuales combaten el envejecimiento prematuro neutralizando los

radicales libres y además con propiedades benéficas para el corazón, la vista y la memoria [6].

2.1.2 Ciruelas silvestres.

Es un frutal del ciruelo, un árbol que pertenece la familia de las Rosáceas y característico de las regiones templadas. El ciruelo es un frutal caducifolio que logra alcanzar los 6 metros de altura. En cuanto a la corteza de su tronco tiene una tonalidad grisácea con ramas rectas y espinas robustas y puntiagudas. Por otro lado, las hojas presentan una forma elíptica, con borde aserrado y un color verde pálido. La longevidad de este árbol puede alcanzar los 50 – 60 años.

La ciruela es una fruta de forma redondeada con estructura acorazonada, la cual es atravesada por un surco que la recorre longitudinalmente dividiéndola en dos partes. Presenta diversos colores y así mismo su sabor cambia[7].

- Amarillas: un sabor ácido y jugosa.
- Rojas: jugosas y dulces.
- Violetas o negras: son adecuadas para cocinarlas en postres u otras recetas
- Verdes: denominadas Claudias y destacando su sabor dulce.

2.1.3 Frambuesas.

La planta crece silvestre en diferentes regiones de Europa, la fruta es pequeña, cónica o redondeada, con una piel aterciopelada de color rojo. Este fruto está compuesto por numerosas drupas pequeñas y redondeadas, las cuales en cada una de ellas se encuentra una semilla en su interior. La pulpa de esta fruta es muy aromatizada y su sabor característico es agridulce, se puede consumir cruda o utilizarla en la elaboración de mermeladas, jaleas y bebidas.

En cuanto al aporte nutricional, las frambuesas aportan potasio, hierro y calcio, además se destaca por su bajo contenido en sodio, vitamina B3, vitamina C y ácido fólico, y en menor cantidad también aportan vitamina A, B1, B2 y B6. Igualmente, poseen un bajo

contenido en proteínas y grasa y por su nivel de azúcar tolerable es apto para el consumo de los diabéticos[8].

2.1.4 Fresas silvestres.

Es una planta herbácea que mide entre 2 a 25 cm de altura, presenta unas hojas con el envés muy piloso, verdes, divididas en 3 segmentos dentados y ovaladas. Las fresas silvestres son pequeñas, con un sabor característico dulce y muy aromatizadas, mucho más que las fresas cultivadas. Estos frutos se pueden consumir frescas o se pueden utilizar en la preparación de mermeladas, yogures, dulces, jarabes, helados y sorbetes. De igual manera se pueden usar para aromatizar vinos y además como corrector organoléptico en medicamentos y confitería. En la parte de cosmética, se pueden usar los frutos machacados para preparar mascarillas para tratar pieles grasas y contra las arrugas [9].

2.1.5 Grosella.

Es un fruto del grosellero de la familia de las Grosulariáceas, la cual se cultiva y crece de forma silvestre en zonas de climas templados y fríos, donde logran alcanzar los dos metros de altura. Las grosellas son frutos comestibles que crecen en primavera a los lados de un racimo colgante, similares a las uvas, pero más pequeñas. La estructura de este fruto se caracteriza por ser redondeada, de aspecto globoso, con un diámetro entre 7 a 10 mm, las semillas se encuentran en su interior y son tan pequeñas que apenas se logran apreciar durante su ingesta, además el fruto posee un color llamativo rojo brillante cuando alcanza la madurez idónea para su consumo. En cuanto a su sabor, se caracteriza por tener ciertos toques ácidos y además proporciona un efecto de frescor en el paladar.

También se puede encontrar la grosella negra que generalmente se utilizan para la elaboración de mermeladas o compotas debido a su sabor amargo y ácido. Otra variedad es el grosellero espinoso o uva espina, que se caracteriza por tener espinas en el tallo, inflorescencias rosadas y frutos verdosos [10].

2.1.6 Zarzamora.

Son bayas pequeñas muy aromáticas y algo ácidas. Se consumen frescas o se pueden emplear en la elaboración de compotas, macedonias, tartas, etc. Además, son ricas en vitaminas, sobre todo A y C y minerales como el potasio, aportan fibra y contienen pocas calorías. Proviene de un arbusto llamado zarza, el cual crece generalmente silvestre en bastantes zonas del planeta, este arbusto forma tallos de hasta 4 metros y están llenos de espinas. En cuanto a las flores son rosadas o blancas, aparecen solitarias o agrupadas[11].

La zarzamora tiene múltiples beneficios para la salud como prevenir el reumatismo, combatir efectivamente la diarrea, gastroenteritis, cólicos menstruales, debido a su poder diurético evita la retención de líquidos y además cuando los frutos están maduros, contienen un alto contenido de vitamina C por lo que ayuda a mejorar los resfriados, la tos y las constipaciones[12].

2.2 Colorantes naturales

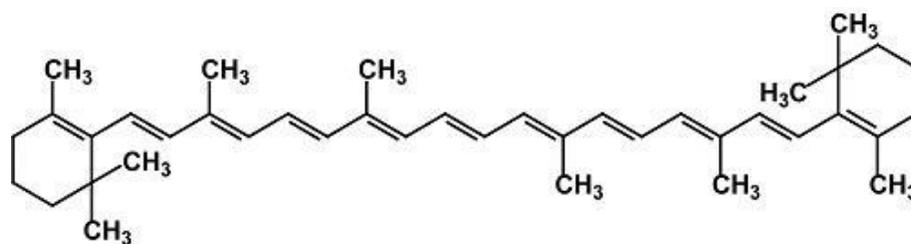
Se obtienen a partir de diversas fuentes vegetales e incluso de animales. Estos pigmentos ofrecen una paleta de colores en su mayoría tonalidades cálidas, desde los marrones, naranjas y ocre hasta amarillos y verdes. Las ventajas de estos colorantes es que son menos dañinos para las personas y son menos contaminantes[13]. Entre los colorantes naturales se distinguen los hidrosolubles, solubles en agua, los liposolubles o solubles en grasa y los minerales.

2.2.1 Tipos

2.2.1.a. Carotenoides. Son estructuras isoprenoides que se encuentran presentes en colorantes y pigmentos naturales de plantas superiores, algas, hongos y bacterias. En cuanto a la estructura química de los carotenoides se caracterizan por poseer dobles enlaces insaturados y la mayoría son tetra-terpenos con 40 átomos de carbono[14], como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 2.

Estructura de un carotenoide



Nota. En esta figura se observa a la estructura zigzag de un carotenoide. Tomado de: Beatriz López, Carotenoides: estructura, funciones, clasificación, alimentos.

<https://www.lifeder.com/carotenoides/>

Los colorantes y pigmentos que pertenecen al grupo de los carotenos presentan una paleta de colores en la cual se encuentran colores como amarillo pálido, anaranjado y rojo. Por ejemplo, se encuentra el licopeno, el cual es un colorante extraído del tomate y la sandía dando una tonalidad rojiza, además se encuentra el colorante betacaroteno el cual tienen una tonalidad anaranjada, la cual se obtiene a partir de las zanahorias[14].

Figura 3.

Lycopeno a partir de tomate



Nota. La imagen muestra el colorante alimentario rojo obtenido a partir del tomate. Dongguan Meiherb Biotech Co., Ltd, Pigmento Natural extracto de tomate en polvo el licopeno. https://es.made-in-china.com/co_meiherb-biotech/product_Natural-Pigment-Tomato-Extract-Powder-Lycopene_rhsenhgg.html

Figura 4.

Betacarotenos a partir de zanahorias



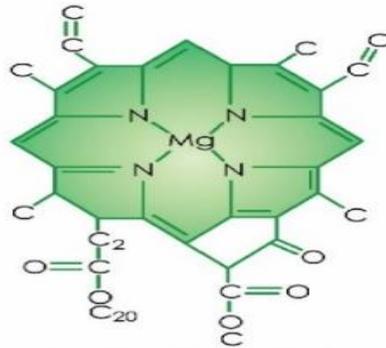
Nota. En la imagen se muestra un colorante alimentario anaranjado a base de verdura del extracto de la zanahoria. Tomado de: Andy Biotech, Betacarotene.

<http://spanish.plant-extractpowder.com/sale-10412951-carrot-extract-vegetable-based-food-coloring-10-beta-carotene-organic-food-coloring-powder.html>

2.2.1.b. Clorofílicos: estos compuestos constan de una porfirina el cual lleva integrado un átomo de magnesio en el centro del núcleo tetrapirrólico. Son compuestos insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como el alcohol etílico, la acetona, el tetracloruro de carbono y en éter de petróleo[14].

Figura 5.

Estructura de la clorofila



Nota. La imagen muestra la estructura detalla de la clorofila. Tomado de: Probiótico, Los colores nos hablan del pH.

<http://www.mundobacteriano.com/los-colores-nos-hablan-del-ph/>

Estos colorantes son los más abundantes del planeta, debido a que se encuentran en los cloroplastos de las células vegetales, organelos en los cuales las plantas llevan a cabo la fotosíntesis. Existen dos tipos de clorofilas: Clorofila A y Clorofila B, pigmentos que son responsables del color verde de las plantas[14].

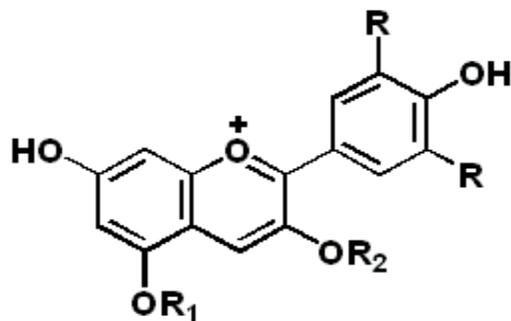
- Clorofila A: este pigmento representa aproximadamente el 75% de toda la clorofila de las plantas verdes y además también se encuentran en las algas verde azuladas.
- Clorofila B: es un pigmento que acompaña a la clorofila A, tiene la función de absorber la luz de una longitud de onda más baja y luego transfiere la energía a la clorofila A, la cual tiene la función de convertirla en energía química.

2.2.1.c. Antocianínicos: son pigmentos hidrosolubles responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas y fresas. Las antocianinas tienen

múltiples funciones en las plantas, como lo es protección de la radiación solar y atraer insectos polinizadores. La estabilidad de estos pigmentos está asociada a una serie de factores como el potencial redox, la temperatura, el pH del medio, la interacción con otros radicales y moléculas, entre otros. Por ejemplo, un cambio de un pH ácido hacia uno alcalino representaría que el colorante se torne de un color rojizo dando a su vez compuestos inestables que se decoloran rápidamente. De la misma manera sucede con la temperatura ya que si no se tiene en cuenta la temperatura adecuada se presentarán cambios en su estructura molecular, como la pérdida del glicósido lo que causaría una pérdida del color[14].

Figura 6.

Estructura de la antocianina



estructura general de las antocianinas
R1 y R2 pueden ser H o azúcares R
pueden ser OH o H.

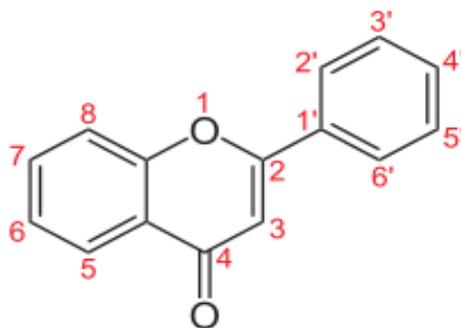
Nota. La imagen muestra la estructura detalla de la antocianina. Tomado de: La guía. Antocianinas. <https://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/antocianinas>

2.2.1.d. Flavonoides: este tipo de colorante se caracteriza por su color amarillo y por ser solubles en agua, algunos con una estructura de glucósidos y otros de polímeros naturales[14]. Estos pigmentos son los encargados de proteger al organismo del daño

producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, algunas sustancias químicas presentes en los alimentos, entre otras funciones.

Figura 7.

Estructura del flavonoide



Nota. La imagen muestra la estructura detalla del flavonoide. Wikipedia.

Flavonoide.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Flavonoide>

En su estructura química poseen un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro y otros metales de transición, por lo que tienen la gran propiedad de ser antioxidantes, por lo que tienen grandes propiedades protectoras frente a fenómenos de daño oxidativo y además efectos terapéuticos en enfermedades como cardiopatía isquémica, aterosclerosis y el cáncer[15].

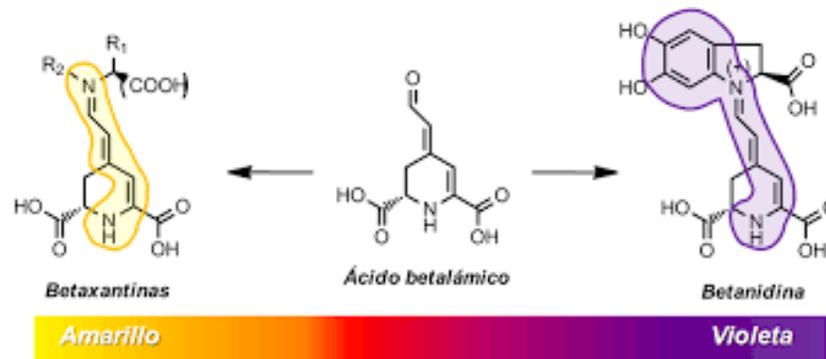
2.2.1.e. Betalainicos: son colorantes naturales los cuales se encuentran constituidos por aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles con estructura de glucósidos, estos se clasifican en dos grandes grupos[14]:

- Las betacianinas: comprenden 50 colorantes naturales donde se encuentra el color rojo o violeta, que son obtenidos de plantas como la remolacha, frutos de la tuna y en algunos basidiomicetos.

- Las betaxantinas: comprenden casi 25 componentes de color amarillo, estas se encuentran en algunas variedades de hongos venenosos (amanita muscaria) y en las bayas de los cactus pitaya.

Figura 8.

Estructura de la betaxantina y betacianina



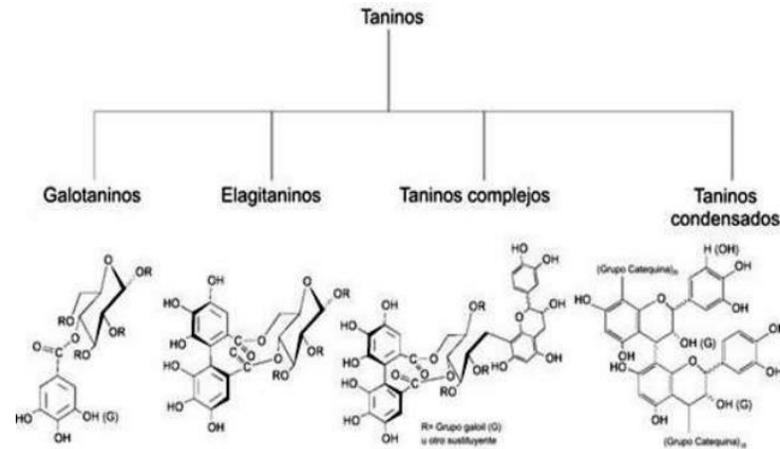
Nota. La muestra la estructura detalla de *la betaxantina* y *betacianina*. Tomado de: <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Leccion-Academia-FGC-definitivo.pdf>

2.2.1.f. Tanínicos: son colorantes que son extraídos de plantas superiores como robles, castaños, paquío, verdolaga, entre otros y además son compuestos fenólicos coloreados en una gama de colores que van desde amarillo hasta castaño oscuro. Adicionalmente, este tipo de colorante se caracteriza por su olor y su amargo sabor. Se agrupan en dos[14]:

- Taninos condensados: son polímeros naturales y se encuentran formados por monómeros de antocianidina, se pueden encontrar en semillas y tejidos vegetativos de ciertas forrajeras.
- Taninos hidrosolubles: estos son colorantes polímeros heterogéneos que se encuentran formados por fenoles y azúcares simples, se caracterizan por ser más pequeños que los taninos condensados y además no tienen dificultad para hidrolizarse en medio ácido.

Figura 9.

Clasificación de taninos



Nota. La imagen muestra la clasificación de los taninos.

Tomado de: Igor Villalta. Compuestos fenólicos.

<https://es.slideshare.net/IgorVillalta/clase-21-taninos>

En la siguiente tabla se puede evidenciar un resumen de todos los colorantes naturales que se pueden utilizar para uso alimenticio.

Tabla 2.

Tipos de colorantes naturales

COLORANTES NATURALES HIDROSOLUBLES	
Curcumina (E100)	Riboflavina, lactoflavina o B2 (E101)
Cochinilla o ácido carmínico (E120)	Caramelo (E150)
Betanina o rojo de remolacha (E162)	Antocianos (E163)
COLORANTES NATURALES LIPOSOLUBLES	
Clorofilas (E140 y 141)	Carotenoides (E160)
Xantofilas (E161)	
MINERALES	
Carbón vegetal (E153)	Carbonato cálcico (E170)
Dióxido de titanio (E171)	Óxidos e hidróxidos de hierro (E172)
Aluminio (E173)	Plata (E174)
Oro (E175)	

Nota. Esta tabla muestra los diferentes tipos de colorantes naturales con su respectivo código de color. Tomado de: La química del color en los alimentos.

<https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

2.3 Colorantes artificiales

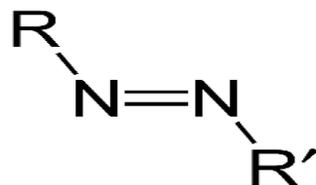
Son un grupo de aditivos formulados con diversos químicos que en varios países el uso para consumo humano ha sido aprobado, aunque por otro lado también han existido diversas polémicas sobre los efectos negativos de este tipo de colorantes en la salud del ser humano. La fabricación y uso de estos colorantes artificiales es más empleada, económica, fácil y rápida que la de los colorantes de origen natural debido a que la mayoría de estos colorantes artificiales son solubles en agua. Por lo tanto, presenta fuertes ventajas en comparación de los naturales, porque a pesar de ser más económicos y fáciles de elaborar, además son resistentes a los tratamientos térmicos, por lo que amplían mucho el campo de uso, ya que se pueden utilizar en productos que deben ser calentados o cocidos antes de empacarse, soportan niveles de pH más extremos, tienen mayor resistencia a la luz, entre otras ventajas [16].

2.3.1. Tipos

2.3.1.a. Colorantes Azoicos: es el grupo más extenso de colorantes que se consumen cotidianamente, los más disponibles y los más contaminantes para el medio ambiente. Además se caracterizan por la presencia de uno o varios grupos azo (-N=N-) los cuales están unidos a otros grupos de fenilo o naftaleno y además puede contener iones como cloruro, nitro, metilo, amino, hidroxilo y carboxilo [17].

Figura 10.

Estructura del pigmento azoico



Nota. La imagen muestra la estructura química del pigmento azoico. Tomado de: Wikipedia. Pigmento azoico. https://es.wikipedia.org/wiki/Pigmento_azoico

- Tartrazina, E 102: es uno de los colorantes artificiales más utilizados en alimentos, les proporciona tanto a alimentos como a bebidas una tonalidad amarilla o naranja, esto dependiendo la cantidad que se agregue. De igual manera se utiliza para la obtención de colores verdes al mezclarlo con el color azul. El uso de este colorante está autorizado en más de 60 países, incluyendo la unión europea y Estados Unidos[18].

Figura 11.

Estructura de la Tartrazina



Nota. Esta imagen se muestra la estructura detallada de la tartrazina y su tonalidad. Tomado de: Miguel Mateo, Tartrazina, colorante acusado de hiperactividad.

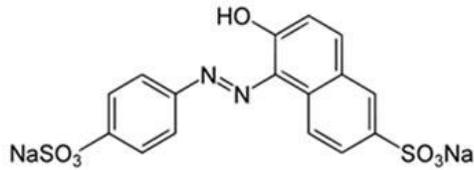
<https://oxocarbenio.wordpress.com/2018/06/01/tartrazina-un-colorante-acusado-de-hiperactividad/>

En cuanto a los usos de estos colorantes está en productos de repostería, derivados cárnicos, sopas preparadas, conservas vegetales, salsas, helados, postres, caramelos y otras golosinas. También se utiliza para colorear las bebidas refrescantes de “naranja” y “limón” [18].

- Amarillo anaranjado S, E 110: conocido también como “amarillo ocaso”, se emplea en la coloración de refrescos de “naranja”, helados, caramelo, productos para aperitivo, postres, etc [18].

Figura 12.

Estructura del Amarillo ocaso



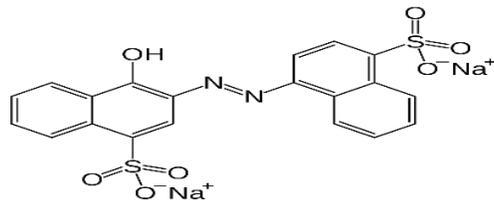
Nota. La imagen muestra la estructura detalla del colorante amarillo ocaso (E 110). Tomado de: S. Badui, Química de los Alimentos.

<https://hablemosclaro.org/ingrepe/dia/amarillo-ocaso/>

- Carmoisina, E 122: conocida también como “Azorrubina”, a través de este colorante se logra conseguir el color de frambuesa en caramelos, helados, postres, etc. y además se caracteriza por ser resistente a los tratamientos térmicos. Su uso no está autorizado en los Países Nórdicos, Estados Unidos y Japón [18].

Figura 13.

Estructura química de la carmoisina

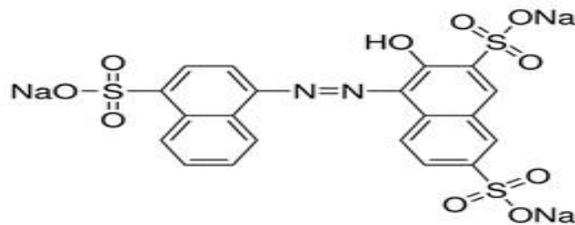


Nota. Se muestra la estructura química detalla del colorante carmoisina. Tomado de: <https://www.wikidata.org/wiki/Q409676>

- Amaranto, E 123: el rango de este colorante va desde rojo al morado o púrpura y se obtiene derivado del naftaleno, conocido como alquitrán blanco. Se utiliza en fruta confitada, glaseados, pasteles, chicles, caramelos y algunos medicamentos de farmacia. Tiene un nivel de toxicidad alta, en dosis pequeñas es posible que cause hiperactividad en niños[19].

Figura 14.

Estructura química del Amaranto



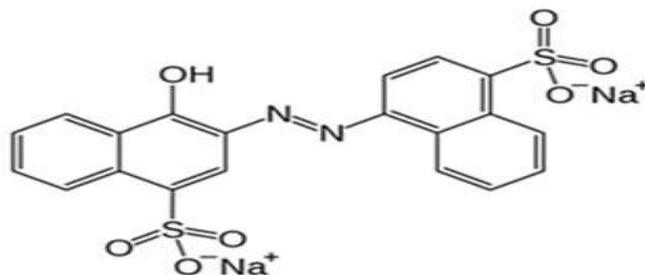
Nota. Muestra la estructura química detallada del colorante amaranto. Tomado de: S. Badui, Química de los alimentos.

<https://hablemosclaro.org/ingreperia/rojo-amaranto/>

- Rojo Ponceau 4R, E 124: conocido también como “Rojo cochinilla A”, el cual se utiliza para dar color de “fresa” a los caramelos y productos de pastelería, helados, etc, de igual manera en sucedáneos de caviar y derivados cárnicos como el chorizo [18].

Figura 15.

Estructura química del colorante Rojo Ponceau

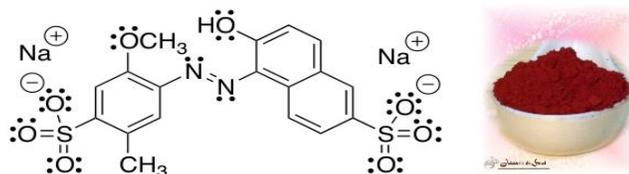


Nota. Se muestra la estructura química detallada del colorante Rojo ponceau. Tomado de: S. Badui, Química de los alimentos. <https://hablemosclaro.org/ingrepedia/rojo-ponceau/>

- Rojo Allura AC, E 129: colorante con tonalidades desde rojo intenso hasta rojo oscuro, es un derivado del petróleo y fue elaborado para reemplazar el colorante Amaranto y evitar efectos perjudiciales, además es el colorante rojo más consumido. Se utiliza en la elaboración de yogures, gelatinas, flanes, postres, dulces, caramelos, cereales, bebidas y productos cárnicos[20].

Figura 16.

Estructura química del rojo allura

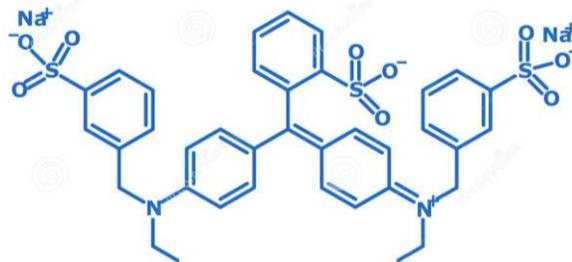


Nota. Se muestra la estructura química detallada del colorante rojo allura o rojo 40. Tomado de: Álvarez Rodolfo, Colorantes. <https://www.slideshare.net/xiuhts/colorantes-90267397>

- Azul brillante FCF, E133: color azul derivado del petróleo y suele mezclarse con otros colorantes como tartrazina para así obtener una tonalidad verde. Es usada en refrescos, gaseosas, bebidas para deportistas, bebidas alcohólicas, chicles, caramelos, helados, snacks, salsas y queso azul, igualmente se usa en la industria cosmética y en productos de higiene personal. Estos colorantes pueden acumularse en los riñones y vasos linfáticos, producir hiperactividad en los niños, aumentar los síntomas de asma y a largo plazo puede ser cancerígeno [21].

Figura 17.

Estructura química del azul brillante

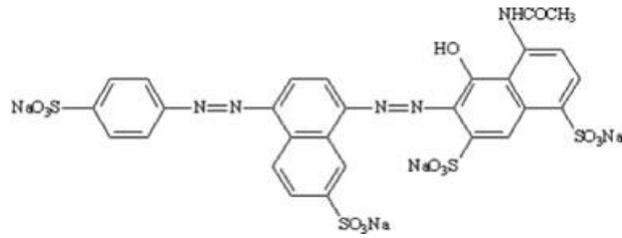


Nota. En la imagen se muestra la estructura química detallada del colorante azul brillante. Tomado de: Dreamstime, Formula azul brillante – E 133. <https://es.dreamstime.com/f%C3%B3rmula-azul-brillante-e-image120169244>

- Negro brillante BN, E 151: varia su color desde negro hasta azul oscuro, se utiliza en la preparación de regaliz, caramelos, dulces, salsas, sopas de sobre y caviar. Tiene un nivel alto de toxicidad y el consumo a largo plazo podría ser cancerígeno [22].

Figura 18.

Estructura química del negro brillante

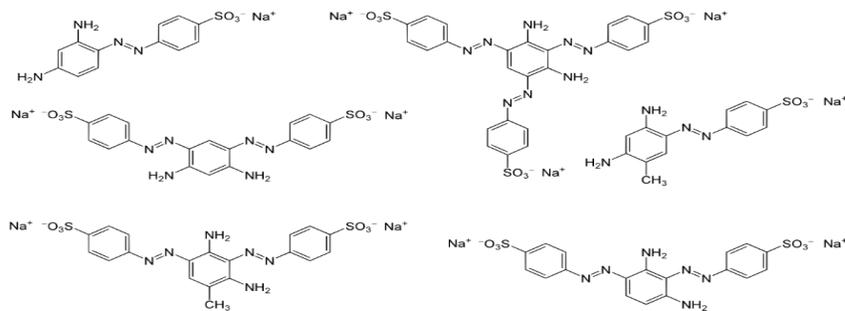


Nota. Se muestra la estructura detallada del colorante negro brillante. Tomado de: S. Badui, Química de los alimentos. <https://hablemosclaro.org/ingreperia/negro-brillante-pn/>

- Marrón FK, E 154: conocido también como Marrón 1, tiene tonalidades desde el marrón hasta el rojo, se utiliza en productos ahumados y en kippers. Tiene un nivel de toxicidad alta y en bajas dosis puede causar hiperactividad en niños y a largo plazo podría ser cancerígeno [23].

Figura 19.

Estructura de colorante Marrón FK

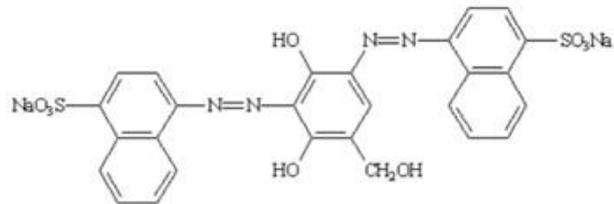


Nota. La imagen muestra las seis estructuras de colorantes azoicos. Tomado de: Wikipedia. Marrón FK. https://es.wikipedia.org/wiki/Marr%C3%B3n_FK#/media/Archivo:Brown_FK.svg

- Marrón HT, E 155: conocido también como “Marrón 3”, tiene una tonalidad desde el marrón hasta el rojo oscuro, se utiliza en productos de chocolate como galletas, helados y pastelería. Tiene un nivel de toxicidad alta, el cual a largo plazo puede ser cancerígeno[24].

Figura 20.

Estructura química del Marrón 3



Nota. Se muestra la estructura química detallada del colorante Marrón 3. Tomado de: S. Badui, Química de los alimentos. <https://hablemosclaro.org/ingrepedia/marron-ht/>

- Litolrubina BK, E 180: conocido también como “Rojo 57 o pigmento rubí”, da una tonalidad roja y se utiliza en la cobertura de quesos [25].

Figura 21.

Estructura química del colorante rojo 57



pigmento rojo-57

Nota. Se muestra la estructura química detallada del colorante rojo 57. Tomado de: Sanz Ascensión, Industria de los colorantes y pigmentos.

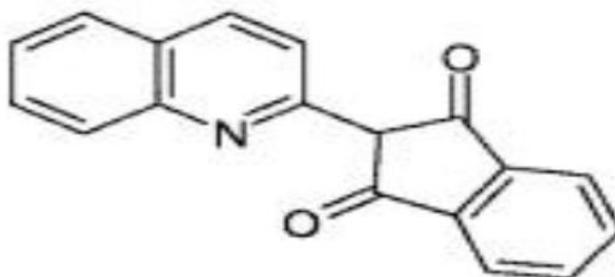
<https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-11.php>

2.3.1.b. Otros tipos de colorantes: además de los colorantes azoicos también se utilizan colorantes de distintas familias químicas

- Amarillo de quinoleína, E 104: conocido también como “Amarillo ácido 3”, comprende los colores desde amarillo hasta el verde, es derivado del indeno, el cual es un compuesto común del alquitrán de hulla, este colorante se utiliza en refrescos con sabores cítricos, bebidas alcohólicas, licor, conservas vegetales, productos cárnicos, pasteles y helados [26].

Figura 22.

Estructura del colorante amarillo de quinoleína

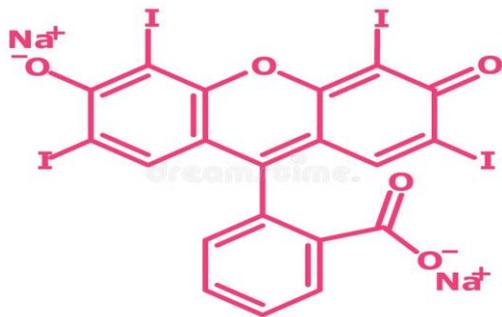


Nota. La imagen muestra la estructura química del colorante amarillo de quinoleína, E 104. Tomado de: Alimentos y aditivos. ¿sabes lo que comes?. <http://alimentosyaditivos.blogspot.com/2011/04/e-104-amarillo-de-quinoleina.html>

- Eritrosina, E 127: conocido también como “Rojo ácido 51, Rojo 3 o Rojo 14”, tiene una variedad de tonalidades desde el rojo cereza al rosa, violeta o púrpura, este colorante se obtiene a partir de fluoresceína por extracción con yodo y ácido yódico en alcohol. Se utiliza en dulces, helados, gelatinas, postres, frutas en almíbar, galletas y frutos secos, en el sector farmacéutico en productos multivitamínicos y en algunos otros medicamentos [27].

Figura 23.

Estructura química de la eritrosina

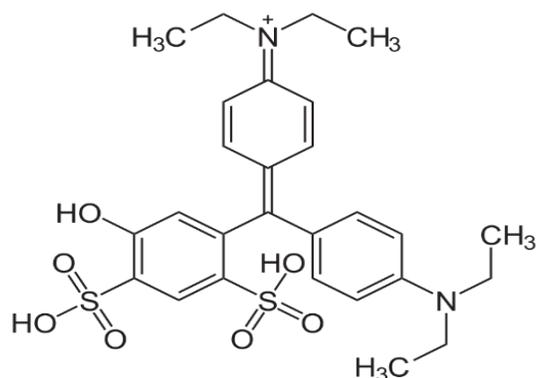


Nota. Se muestra la estructura química detallada del colorante eritrosina. Tomado de: Dreamstime, Formula de la eritrosina – Rojo 3, E127. <https://es.dreamstime.com/f%C3%B3rmula-de-la-eritrosina-rojo-ning%C3%BAn-e-image120169235>

- Azul patentado V, E 131: conocido también como “Azul 5” el cual presenta una tonalidad azul oscura y es utilizada en golosinas, helados, pastelería, recubrimientos de azur y bebidas dulces y además en la medicina en los casos de cáncer para detectar linfomas[28].

Figura 24.

Estructura del colorante Azul patentado 5

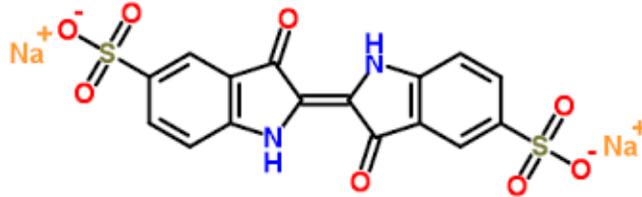


Nota. La imagen muestra la estructura del colorante Azul patentado 5. Tomado de: Wikipedia. Azul patentado V. https://es.wikipedia.org/wiki/Azul_patentado_V

- Indigotina, E 132: conocido también como “Carmín índigo o azul 2” el cual tiene una tonalidad desde azul hasta el amarillo y es obtenido a partir del tratamiento de fenilglicina con una mezcla fundida de hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y sodamida. Este colorante se utiliza en caramelos de color violetas, helados azulados, piruletas, bebidas, sopas en polvo, galletas, pastelería y té. En otros campos se utiliza en la industria textil para teñir los jeans y además en el campo farmacéuticos en diferentes medicamentos[29].

Figura 25.

Estructura química de la indigotina



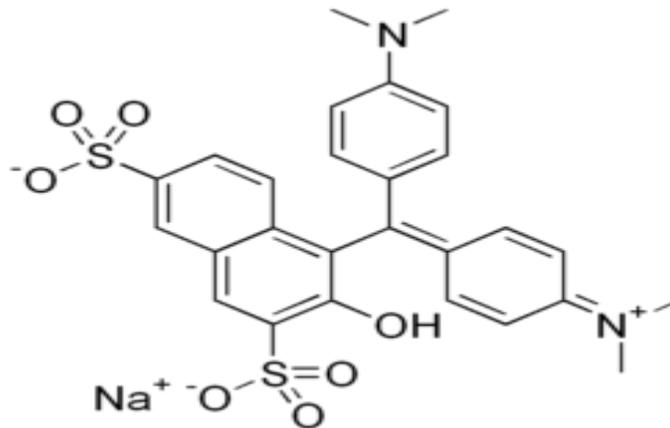
Nota. Muestra la imagen de la estructura química detallada del colorante carmín índigo. Tomado de: Bernal Miriam, Evaluación de una columna de burbujeo de Flujo ascendente para la ozonación catalizada con arcillas pilareadas con Fe.

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/13936/419734.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Verde lisamina, E 142: conocida también como “Verde 4, Verde ácido 50, Verde S”, el cual es derivado del hidrocarburo trifenilmetano y es usado en conservas vegetales, verduras enlatadas, guisantes cocidos, helados, dulces, pastelería y también en pruebas de oftalmología [30].

Figura 26.

Estructura del colorante Verde S



Nota. La imagen muestra la estructura del colorante Verde S. Tomado de: Wikipedia. Verde S. https://es.wikipedia.org/wiki/Verde_S

2.4 Compuestos polifenólicos

Son metabolitos secundarios con uno o más anillos aromáticos y por lo menos un sustituyente hidroxilo en su estructura química, se conforma de dos grupos: los ácidos fenólicos (benzoico y cinámicos) y los flavonoides (flavonoides, antocianinas y taninos). Los flavonoides poseen dos anillos fenólicos los cuales son unidos por un anillo heterocíclico; ellos reaccionan sencillamente con un ácido orgánico o un azúcar, como los flavonoides y las antocianinas, o unas con otras para formar polímeros, como los taninos[31]. Estos compuestos se encuentran en todas las partes de las plantas y la concentración puede variar a lo largo del ciclo vegetativo, contribuyen a la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, fotosíntesis, formación de componentes estructurales y la alelopatía[32].

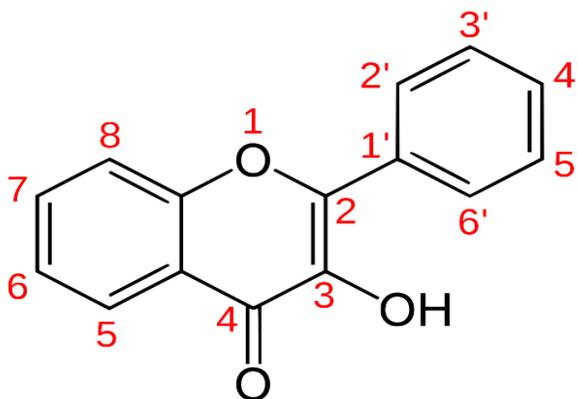
Estos compuestos se consideran antioxidantes, además de tener la capacidad de donar electrones indicando poder reductor debido a la existencia de grupos hidroxilo en el anillo aromático y el poder de deslocalizar los electrones del radical fenólico[33].

2.4.1 Flavonoides

2.4.1.a. Flavonoles: son compuestos que pertenecen al grupo de los flavonoides y además son compuestos fenólicos por lo que están constituidos químicamente por un anillo aromático, un grupo hidroxilo y sus derivados grupos funcionales como éster, metil ester, glicósidos, entre otros.

Figura 27.

Estructura general de los flavonoles



Nota. En la imagen se muestra la estructura química detallada de los flavonoles, mostrando los diferentes grupos funcionales dentro de su estructura. Tomado de: Rocha, Flavonoles.

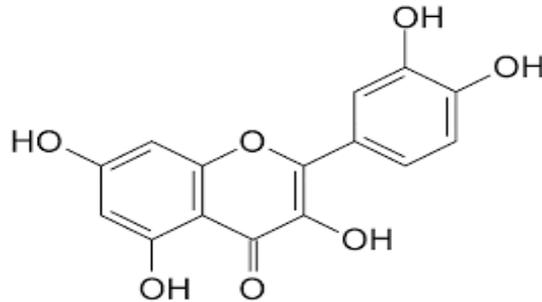
<https://es.calameo.com/books/001752202bc2cd13fae37>

Los flavonoles más importantes y conocidos son:

- Quercetina: colorante natural hidrosoluble que se encuentra principalmente en la cebolla, la manzana y la uva.

Figura 28.

Estructura general de la quercetina

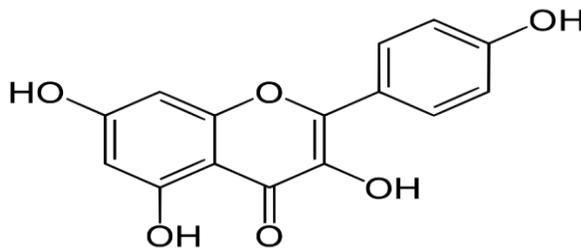


Nota. La imagen muestra la estructura química detallada de la quercetina. Tomado de: Rocha, Flavonoles. <https://es.calameo.com/books/001752202bc2cd13fae37>

- Kaempferol: es un flavonol obtenido de diferentes fuentes como el té, brócoli, toronja y manzana. Son compuestos muy solubles en agua, etanol caliente y éter etílico.

Figura 29.

Estructura general del kaempferol



Nota. En la imagen se observa la estructura química detallada del compuesto kaempferol. Tomado de: Rocha, Flavonoles. <https://es.calameo.com/books/001752202bc2cd13fae37>

Dentro de las propiedades de los flavonoles se encuentran las propiedades nutraceuticas y antioxidantes, que hace que posean propiedades muy importantes para prevenir enfermedades y promover una buena salud. Debido a la estructura de anillos aromaticos resonantes tiene la propiedad de ser potentes antioxidantes y quelantes de metales, propiedades muy efectivas para reducir el riesgo de presentar cancer, tanto como promotores anti-cancer efectivos como tambien agentes quimiopreventivos.

La quercetina reduce el estres oxidativo sobre las membranas de las celulas nerviosas, incluso mas que la vitamina C, lo que demuestra que la quercetina contribuye significativamente produciendo efectos protectores sobre las neuronas, previniendo algunas enfermedades como el Alzheimer. Segun otros estudios en roedores con diabetes, la quercetina puede evitar la enfermedad de cataratas y en ratas hipertensas ayuda a reducir la presion arterial y la disfuncion endotelial.

Otros efectos beneficos de la quercetina es que funciona como antiviral contra el virus del herpes simple, ademas puede actuar sobre los mastocitos para prevenir que liberen histamina, lo que ayudaria a evitar o aliviar una reaccion alergica, y por ultimo, segun estudios se ha descubierto que puede reducir los sintomas de la cistitis intersticial [34].

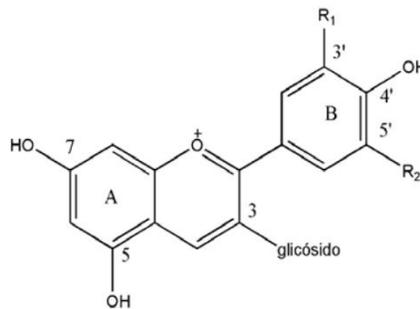
2.4.1.b. Antocianina: son compuestos no nitrogenados que pertenecen al grupo de los flavonoides, pigmentos de color rojo, hidrosolubles, con una amplia distribucion en la naturaleza. Quimicamente hablando son glucosidos antocianinas, lo que significa que se forman por una molécula de antocianina[35].

La presencia de colores rosa, rojo, azul y violeta en las flores, frutos y hojas es debido a la existencia de estos pigmentos; son poco estables y no resisten de forma adecuada tratamientos tecnologicos. Se encuentran primordialmente en la piel de las frutas y su funcion es atraer a los seres vivos para seguidamente ocurra la polinizacion y distribucion de las semillas[36].

2.4.1.c. Estructura. En el mundo existen como glicósidos, en otras palabras, que contiene unidos carbohidratos covalentes como se observa en la figura 1. Así que cuando el azúcar se hidroliza se forma una aglicona, denominada antocianidina, de la cual existen veinte diferentes tipos en la naturaleza, de las cuales las seis más relevantes en los alimentos corresponden a pelargonidina, cianidina, delfinidina, peonidina, petunidina y malvidina-+; cada una con distintas intensidades del color rojo [36].

Figura 30.

Estructura básica de la antocianina



Nota. Esta figura representa la estructura básica de una molécula de antocianina. Tomado de: Química de los alimentos.

2.4.1.d. Color: el color es una de las características con más peso en la valoración de un alimento segmentado especialmente en la maduración, presencia de impurezas, malas condiciones de almacenamiento, entre otras variedades visuales. Dentro de los principales pigmentos naturales se encuentran las antocianinas, clorofila y los carotenoides [37].

El aspecto físico colorido de los alimentos debería ser estable especialmente a influencia de: luz, oxidación y reducción, cambio de pH, temperatura y ataque microbiológico [38].

2.5 Estabilidad de antocianinas

Pese a que las antocianinas se encuentran fácilmente gracias a la biodiversidad, su uso como colorante no es muy frecuente, esto debido a que son poco estables y difíciles de purificar a la hora de usar como aditivo[31] . Este compuesto se comporta medianamente estable en medios ácidos, ya que, por el cambio de pH, temperatura, oxígeno, luz, sulfitos, ácido ascórbico, metales, degradación enzimática y no enzimática, se degradan, cambiando de color a uno más oscuro o claro[36].

2.5.1 Efecto del pH.

Es uno de los factores más relevantes, ya que presentan un cambio muy significativo a distintos puntos de pH. Se conoce que las antocianinas se comportan establemente en medios ácidos, mejor que en neutros o alcalinos. Así que al permanecer en pH inferiores a siete su color es intenso y llamativo, ya que existe un equilibrio entre las cuatro estructuras de esta.

La variación de la coloración se debe a que la conversión del catión flavilo produce formas secundarias de las antocianinas en los medios acuosos, por la imperfección que estos compuestos poseen en el núcleo flavilo se puede usar industrialmente como indicador de pH [39].

2.5.2 Efecto de las enzimas

Existe relación entre las enzimas endógenas y la decoloración de las antocianinas, las cuales comúnmente se encuentran en los tejidos vegetales, generalmente se identifican como glicosidasas y polifenoloxidasas, las cuales catalizan la oxidación del compuesto fenólico[36].

Las antociananasas, especialmente glicosidasas y polifenoloxidasas, están implicadas en la decoloración de las antocianinas; cabe aclarar que los frutos y vegetales también poseen estas enzimas en su estructura [40].

2.5.3 Efecto del ácido ascórbico

El ácido ascórbico se puede encontrar en variedad de frutas y su concentración varía con respecto al tipo de fruto, el grado de madurez y la intensidad de luz durante su crecimiento. Su impacto en las antocianinas conlleva una decoloración en presencia de iones cobre o hierro por formación de peróxido de hidrógeno, generando así una degradación de ambos compuestos cuando son almacenados por un tiempo prolongado [32].

2.5.4 Efecto de la luz

Al tener presencia de luz UV o luz visible, así como otras formas de energía radiante genera una inestabilidad en el comportamiento de la antocianina, generalmente acelerando o retardando la degradación de esta, aquellas que poseen una sustitución en el hidroxilo del carbono cinco son los más propensos a la fotodegradación [41].

2.5.5 Efecto de la temperatura

La presencia de temperatura está directamente relacionada a la velocidad de destrucción de las antocianinas y por esa razón es un pilar importante en la estabilidad y almacenamiento; cuando esta aumenta da como resultado la pérdida del azúcar glicosídico y apertura del anillo dañado como consecuencia chalconas incoloras. Por tanto, para mejorar la retención de los pigmentos hay que aplicar tratamientos térmicos de alta temperatura, pero de corto tiempo e igualmente un almacenamiento a bajas temperaturas [39].

2.5.6 Efecto del oxígeno

Como las antocianinas poseen una naturaleza insaturada en su estructura las hace más susceptibles al oxígeno molecular, ya que aceleran su degradación por medio de mecanismos como la oxidación y/o indirectos con la oxidación de los constituyentes del medio reaccionando con las antocianinas formando productos incoloros. El oxígeno tiene un efecto negativo en la estabilidad debido a que su presencia hace muy susceptible a la molécula de la antocianina. Un método para eliminar la existencia de oxígeno es procesar los alimentos con antocianinas en condiciones de vacío, para así lograr prevalecer el color [40].

2.5.7 Efecto del sulfitado

Su importancia se ve relacionada al almacenamiento de las frutas antes de su procesamiento para producir jaleas y conservas. Sin embargo, influye en la decoloración de la antocianina formando en la fruta tonalidades amarillas; normalmente se puede recuperar por acidificación o adición de compuestos con grupos carbonilo[42].

2.6 Secado

El secado es el proceso en el cual se realiza la eliminación de sustancias volátiles o humedad, esta se presenta como una solución líquida dentro del sólido, es decir dentro de su microestructura y se realiza este proceso para lograr producir un producto sólido y seco. Cuando el sólido húmedo es sometido a este proceso de secado ocurren dos fenómenos simultáneamente: Transferencia de energía de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie y transferencia de la humedad interna hacia la superficie del sólido. La transferencia de calor de los alrededores hacia el sólido húmedo puede ocurrir como resultado de una transferencia por convección, conducción, radiación o en algunos casos puede ocurrir por la combinación de estos tres [43].

2.6.1 Secado al horno.

Este proceso se lleva a cabo en una cámara cerrada donde el flujo de aire, temperatura y humedad son controladas para proporcionar un secado rápido [44]. El horno de secado es un tipo de horno de convección de baja temperatura o de aire forzado que se utiliza generalmente en procesos a escala laboratorio[45].

2.6.2 Liofilización.

Es un proceso mediante el cual se seca un producto eliminando el agua a baja temperatura y presión. Esto se da debido a un proceso llamado sublimación, esto ocurre cuando el hielo de un producto congelado se convierte directamente en estado gaseoso sin necesidad de pasar por la fase líquida [46].

2.7 Procesos de separación

Los procesos de separación hacen referencia a todas aquellas actividades en las que se busca separar o clasificar las diferentes sustancias por las que está compuesta un flujo de alimentación o materia prima que va a ser usado en algún proceso industrial o a escala laboratorio, para la obtención de distintos productos. Los procesos de separación son de gran importancia, ya que siempre es necesario separar los componentes de una mezcla en fracciones individuales, ya sea para lograr aprovechar cada sustancia por separado o para eliminar contaminantes o sustancias no deseadas y así lograr purificar la sustancia de interés.

2.7.1 Extracción

La separación por extracción de un compuesto se basa en la transferencia selectiva del compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida; dependiendo de su naturaleza, hacia una fase líquida que normalmente es un disolvente orgánico. Para que esta técnica funcione de la mejor manera depende fundamentalmente de la diferencia de la solubilidad en el disolvente de extracción entre el compuesto de interés y los demás compuestos presentes en la mezcla inicial. La extracción se realiza con el objetivo de separar un producto en específico generado de una reacción o de igual manera se desarrolla para eliminar algunas impurezas que pueden estar acompañando a la mezcla reaccionante, todo lo anterior, se puede lograr debido a las diferentes solubilidades de los compuestos de mezcla a separar en el disolvente de extracción elegido [47].

Existen variedad de métodos de extracción entre los cuales se desarrollarán la extracción por solventes orgánicos y la extracción asistida por microondas.

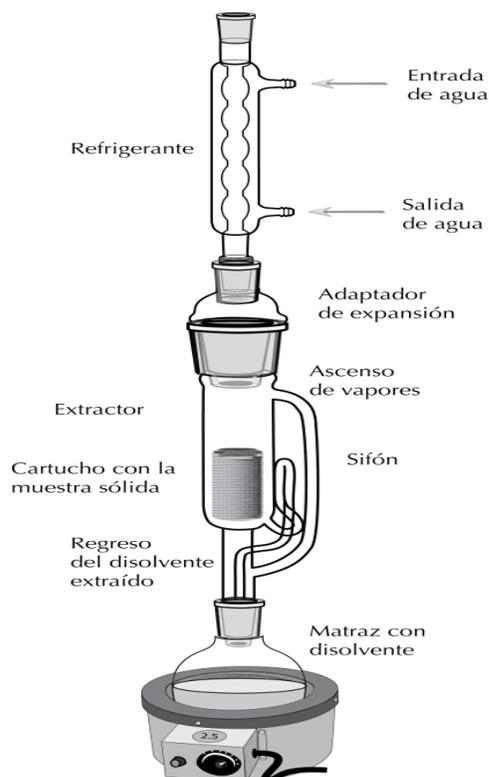
2.7.2 Extracción por solventes orgánicos

Es una operación de transferencia de masa de un sistema de dos fases líquidas. Este proceso es considerado como el más efectivo y económico para purificar, concentrar y separar el compuesto de interés de otras sustancias que no son de interés. Esta técnica se basa en el principio de intercambio iónico líquido, en el cual un soluto o ion metálico puede distribuirse en cierta proporción entre dos solventes inmiscibles, de los

cuales uno es acuoso y el otro es orgánico, se realiza de esta manera debido a que existen varios reactivos orgánicos que poseen un alto grado de afinidad hacia iones metálicos determinados [48].

Figura 31.

Montaje Soxhlet a nivel laboratorio



Nota. La figura representa la extracción por solventes orgánicos a nivel laboratorio. Tomado de: De química. Extracción sólido - líquido (Soxhlet). <https://www.dequimica.info/extraccion-solido-liquido/>

2.7.3 Extracción asistida por microondas

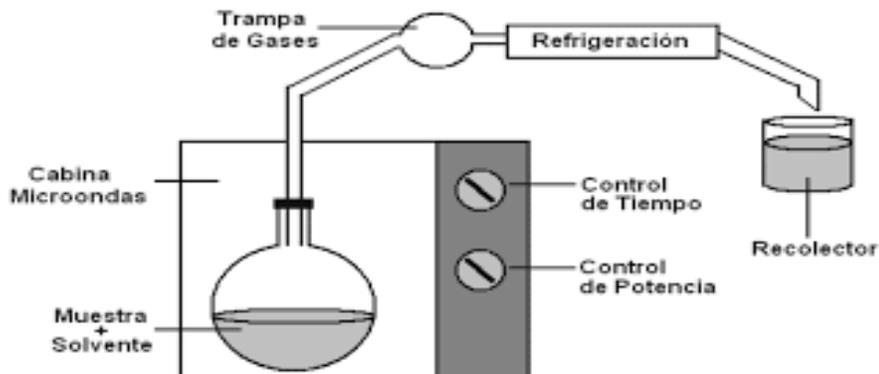
Esta técnica es usada para extraer compuestos insolubles o muy poco solubles en agua, de compuestos sólidos como arcilla, lodos, sedimentos o residuos sólidos. Este

proceso utiliza la energía de las microondas provenientes de magnetrones independientes que rotan logrando que la distribución de las microondas sea homogénea en la mezcla para poder generar condiciones de presión y temperatura elevadas en un recipiente cerrado que contiene la sustancia[49].

Este método es fácil y eficiente frente al método de extracción de solventes debido a que su principal ventaja es la rapidez del calentamiento, mientras que el otro método se realiza el calentamiento a partir de la transmisión de la energía al material de forma indirecta. Por lo tanto, la aplicación de esta técnica permite ahorrar tiempo de manera significativa; disminuir los volúmenes de disolventes necesarios, y, por ende, la energía del proceso, asimismo, es un método amigable con el medio ambiente. Es por todo lo anterior, que este procedimiento requiere de menores costos en general y además permite obtener una alta recuperación de los compuestos de interés [50].

Figura 32.

Montaje extracción por microondas a nivel laboratorio



Nota. La figura representa la extracción por microondas a nivel laboratorio. Tomado de: German Giraldo, David León, Angélica Moreno, y otros. Estudio del perfil de compuestos volátiles de los rizomas de cúrcuma longa I. Cultivada en el departamento de Quindío – Colombia. http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigacion/adjuntos/pdf/f3f0_n1804.pdf

3. NORMATIVIDAD DE LOS COLORANTES EN COLOMBIA

3.1 Normatividad en Colombia

En Colombia se tienen diferentes normativas para restringir el uso alimenticio de los diferentes colorantes que existen, ya sean colorantes naturales o artificiales, siendo estos últimos los de mayor restricción en el país.

3.1.1 Norma Técnica Colombiana (NTC 409)

En primera instancia se encuentra la Norma Técnica Colombiana, la cual tiene como título “Industrias alimentarias. Colorantes aditivos para alimentos” y tiene como objetivo establecer los colorantes que son permitidos y los requisitos que deben cumplir estos en la industria alimenticia.

Primeramente, la norma esclarece algunas definiciones y clasificaciones de los diferentes colorantes. Igualmente comentan las distintas presentaciones en las que se pueden presentar y las diferentes restricciones en la composición de los colorantes, como por ejemplo que el colorante no debe llevar sustancias tóxicas, no pueden producir reacciones secundarias en el alimento ni mucho menos ocultar alteraciones o disimular la calidad del alimento que lo contenga.

Adicionalmente, presenta una tabla con los límites de impurezas que pueden contener los colorantes y que deben cumplir de carácter estricto para poder emplearse en los alimentos.

Tabla 3.

Límites de impurezas de los colorantes

Impurezas	Contenido máximo en mg/kg
Arsénico, como As	3,0
Cobre, como Cu	100,0
Cromo y cromato, expresados como Cr	20
Plomo, como Pb	10,0
Sulfato de bario	100,0
Cinc, como Zn	100,0

Nota. La tabla muestra el contenido máximo de impurezas que pueden contener los colorantes en unidades de mg/kg. Tomado de: Norma Técnica Colombiana (NTC) 409. Industria alimentarias colorantes aditivos para alimentos. [http://files.aditalimentarios.webnode.es/200000042-
ea1dcec11e/NTC409_colorantes%20aditivos%20para%20alimentos.pdf](http://files.aditalimentarios.webnode.es/200000042-
ea1dcec11e/NTC409_colorantes%20aditivos%20para%20alimentos.pdf)

Asimismo, se apoya en diferentes normas como la NTC1236, NTC 440, NTC 1078, AOAC 25136 y AOAC 35022, para realizar diferentes tomas de muestras al colorante para examinar si cumple o no con los requisitos ya establecidos, para esto se emplean ensayos de determinación de plomo, arsénico, cobre, cromo y cromatos, cinc y sulfato de bario, y por último la pureza del colorante.

Finalmente, indican el debido empaque y rotulado del producto que contiene al colorante, en el cual debe anotarse el color índice o en su defecto el nombre común o genérico, el porcentaje de pureza, el contenido neto, el lote de producción y nombre y dirección del distribuidor[51].

3.1.2 Decreto N°002106 de 1983

En este decreto se desarrolla todo lo referente a la identificación, clasificación, uso, procesamiento, importación, transporte y comercialización de aditivos en general para alimentos. Lo anterior significa que este decreto no simplemente habla en específico de

los colorantes, sino que describe diferentes aditivos como por ejemplo acidulantes, antioxidantes, aromatizantes, clarificantes, conservantes, estabilizantes, gelificantes y demás aditivos, de los cuales expone su debida definición y en algunos la clasificación.

En cuanto a la producción de los aditivos la norma especifica la siguiente lista de componentes que pueden usarse:

- Agente protector de superficie
- Agente abrillantador de superficie
- Texturizante
- Modificador de densidad
- Solvente, vehículo, solubilizante y soporte
- Anticoagulante
- Acondicionador de masa
- Condimentos
- Nebulizante

No obstante, reitera el no uso de solventes tóxicos, se deben usar solventes incluidos en las farmacopeas oficiales en Colombia y en las listas que fije el Ministerio de Salud.

Asimismo, este decreto establece algunas restricciones en el uso de aditivos en alimentos cuando se presenten las siguientes situaciones:

- Interferir sensible o desfavorablemente en el valor nutritivo del alimento.
- Sirva para encubrir fallas en el procesamiento o en las técnicas de manipulación.
- Encubra alteraciones, adulteraciones, contaminaciones o falsificaciones en la materia prima empleada o en el producto terminado.
- Introducir al consumidor a error, engaño o confusión[52].

3.1.3 Resolución 10593 de 1985.

En esta resolución se consideran conceptos en relación con los colorantes, como la definición de colorante natural, orgánico, inorgánico y sintético. Además, muestra un

listado de los diferentes colorantes tanto naturales, artificiales y algunos orgánicos con su respectivo código de color índice, la cantidad máxima permitida y la sigla BPM que significa “Buenas prácticas de manufactura”, la cual es una herramienta elemental para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se enfoca fundamentalmente en la higiene y en la forma de manipulación del producto[53].

Tabla 4.

Listado de colorantes naturales

-Alcanna, Alcannina, Ancusina u Orkanet	Color	Index	75530	BPM
-Antocianinas				BPM
Carotenos				BPM
Acido beta-apo-8'-carotenóico	Color	Index	75130	BPM
-Beta-apo-8'-carotenal				BPM
-Catnaxantina	Color	Index	40820	BPM
-Xantofilas	Color	Index	40850	BPM
-Achiote o Anato				BPM
-Azafrán, Crocina y Croteina	Color	Index	75120	BPM
-Clorofila	Color	Index	75100	BPM
-Complejo de cobre y clorofila	Color	Index	75810	BPM
-Complejo de cobre y clorofilina y sus sales sódicas y potásicas				BPM
-Riboflavina y Riboflavina-5-fosfato de sodio				BPM
-Rojo de remolacha y betanina				BPM
-Cochinilla, Carmín y Acido Carmínico				BPM
-Cúrcuma y Curcumina	Color	Index	75470	BPM

Nota. La figura representa un listado de los diferentes colorantes naturales con su respectivo color índice. Tomado de: Ministerio de salud. Resolución 10593 de 1985.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion%2010593-de-1985.pdf>

Tabla 5.

Listado de colorantes inorgánicos

COLORANTES INORGANICOS

-Aluminio metálico	Color	Index	77891	Max 10g/kg
-Dióxido de titanio	Color	Index		BPM
-Gluconato ferroso			77266	BPM
-Negro de carbón	Color	Index	77480	BPM
-Oro metálico	Color	Index	77820	BPM
-Plata metálica	Color	Index		

Nota. La figura representa un listado de los diferentes colorantes inorgánicos con el respectivo color index. Tomado de: Ministerio de salud. Resolución 10593 de 1985. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RI/DE/DE/OT/Resolucion%2010593-de-1985.pdf>

Tabla 6.

Listado de colorantes artificiales

COLORANTES ARTIFICIALES O SINTETICOS				
1. Amarillos				
	Color	Index		
-Amarillo de quileína		47005	50 mg/kg	
-Amarillo ocasio FCF o FD y C Color	Index			
Amarillo No. 6		15985	200mg/kg	
-Tartrazina o FD y C Amarillo No.5	Color	Index		
		19140	100mg/kg	
2. Azules				
Azul brillante FCF y C Azul No. 1				
-Indigo Carmin, Indigotina o FD y C Color	Index			
Azul No. 2		42090	100 mg/kg	
	Color	Index		
3. Negros		73015	100 mg/kg	
Negro brillante BN				
	Color	Index		
4. Rojos		28440	300 mg/kg	
-Amaranto o FD y C Rojo No. 2				
-Azorrubina o Carmoisina	Color	Index		
-Eritrosina o FD y C Rojo No. 3	Color	Index	16185	300mg/kg
-Rojo Altura o FD y C Rojo No.46	Color	Index	14720	300mg/kg
-Rojo Cochinilla A o Punzó 4R	Color	Index	45430	300mg/kg
	Color	Index	16035	BPM
5. Verdes		16255	200MG/KG	
-Verde rápido FCF o FD y C Verde				
No. 3	Color	Index		
		42053	100mg/kg	
6. Marrón				
-Marrón HT				
	Color	Index		
		20285	50mg/kg	

Nota. La figura representa un listado de los diferentes colorantes artificiales con su respectivo color index y el consumo máximo de cada uno. Tomado de: Ministerio de salud. Resolución 10593 de 1985. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion%2010593-de-1985.pdf>

De igual manera, la resolución reitera al igual que la norma anterior el uso de solventes que se encuentren en la lista de los permitidos en las Farmacopeas oficiales de Colombia, en el Food Chemical Codex y en el Codex Alimentarius.

En cuanto a los colorantes naturales o los idénticos a los naturales, en específico a los que se originan de pigmentos vegetales como la antocianina, según el artículo 4º de la resolución da una definición y especificaciones que deben acatar este tipo de colorantes[54].

- **Antocianinas:** son glicósidos de sales del 2-fenil-benzo-pirilio, en su mayoría derivados hidroxilados. Los aglucones de las antocianinas se denominan antocianidinas.

Tabla 7.

Límites de impurezas en colorante natural

Elemento	Cantidad máxima (mg/kg)
Arsénico (As)	3
Plomo (Pb)	10

Nota. La tabla muestra la cantidad máxima de impurezas que pueden contener

los colorantes naturales. Tomado de: Ministerio de salud. Resolución 10593 de 1985.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion%2010593-de-1985.pdf>

Por último, los colorantes autorizados por el Ministerio de Salud deben llevar en su etiqueta indicaciones como, por ejemplo, el nombre técnico de los colorantes, nombre y dirección del fabricante, el número de lote de fabricación, el número de registro sanitario, el contenido neto y la leyenda “Industria Colombiana”[54].

3.2 Normatividad extranjera

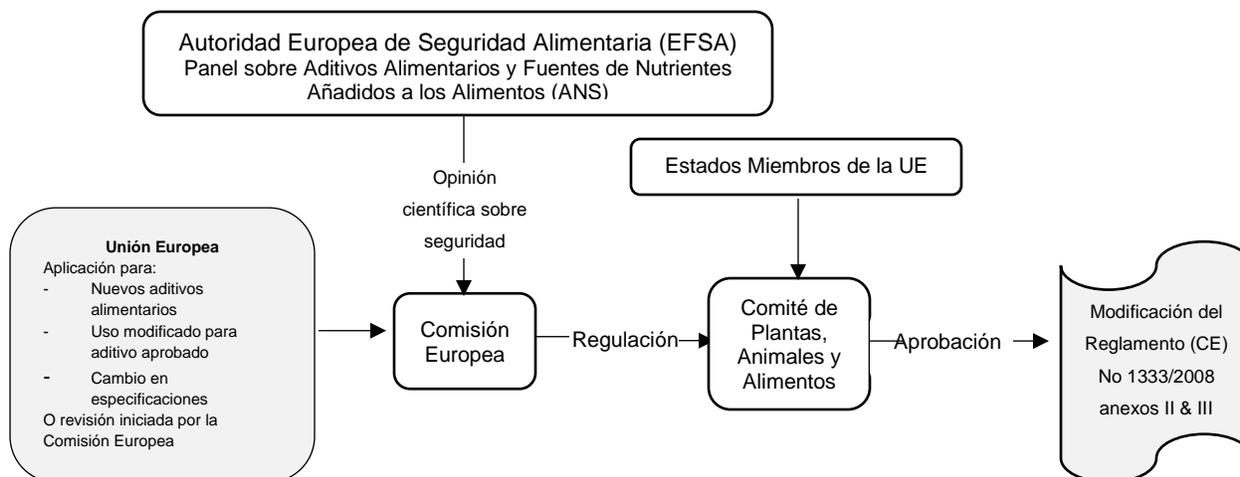
La regulación global de aditivos alimenticios ha sido liderada durante varias décadas por tres programas: el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), el Comité científico de la Unión Europea sobre Alimentación; más recientemente la Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria (EFSA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU (FDA), todos ellos se dedican a mantener la seguridad de los alimentos y medicamentos regulando todas aquellas sustancias químicas que son incorporadas en estos productos. A continuación, se presentan los marcos legales tanto de la Unión Europea como de Estados Unidos, por los cuales reglamentan la aprobación, requisitos y restricciones para el uso de los colorantes como aditivo alimenticio[55].

3.2.1 Marco legal de Unión Europea

Todos los aditivos que se utilicen en la Unión Europea deben estar autorizados y enumerados con condiciones de uso. Su reglamentación se basa en una evaluación de seguridad, la necesidad tecnológica y garantizar que el uso del aditivo no induzca a error a los consumidores. Para realizar esta regulación existe el Reglamento (CE) n°1331/2008 (CE 2008a) en el cual se establece el procedimiento de autorización común, el Reglamento (CE) n° 1333/2008 (CE 2008c), el cual trata sobre los aditivos alimentarios y la modificación de este, el Reglamento (CE) n° 1129/2011 (EC 2011), en el cual se incluyen las reglas para colorantes alimentarios. Además del mismo Reglamento (CE) n°1333/2008 (CE 2008c) se cuenta con los anexos que contienen las categorías de alimentos y una lista de los colores que son permitidos en la Unión Europea, incluidas las cantidades máximas de consumo y las instrucciones de uso[56].

Figura 33.

Esquema del proceso de aprobación por la Unión Europea



Nota. El esquema muestra la secuencia que se sigue en la Unión Europea para la aprobación de colorantes aditivos. Tomado de: Sari Lehto, Maria Buchweitz, Alexandra Klimm, Raphaela Straßburger, Cato Bechtold & Franz Ulberth. Comparison of food colour regulations in the EU and the US: a review of current provisions. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19440049.2016.1274431?needAccess=true>

Dentro del contenido de esta norma se encuentran 5 anexos los cuales se describen a continuación.

- Anexo I: da a conocer las clases funcionales de aditivos usados en alimentos, en este anexo se presentan un listado con los conceptos y la funcionalidad de todos los aditivos que se utilizan para cualquier alimento[57].
- Anexo II: lista de aditivos alimentarios aprobados para su uso en aditivos alimentarios y condiciones de uso. En este anexo presentan los nombres de los aditivos alimentarios con su respectivo número E, los alimentos en los cuales puede

añadirse, las condiciones en las cuales puede utilizarse y las restricciones a su venta directa al consumidor final[58].

Tabla 8.

Aditivos en frutas y hortalizas en conserva

Número de la categoría	Número E	Denominación	Dosis máxima (mg/l o mg/kg)	Notas	Restricciones o excepciones
04.2.3.	Frutas y hortalizas en conserva				
	E 101	Riboflavina	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 120	Cochinilla, ácido carminico, carmines	200	(34)	solo conservas de frutos rojos
	E 122	Azorrubina, carmoisina	200	(34)	solo conservas de frutos rojos
	E 124	Ponceau 4R rojo cochinilla A	200	(34)	solo conservas de frutos rojos
	E 129	Rojo Allura AG	200	(34)	solo conservas de frutos rojos
	E 131	Azul patente V	200	(34)	solo conservas de frutos rojos
	E 133	Azul brillante FCF	200	(34)	solo conservas de frutos rojos
	E 140	Clorofilas y clorofilinas	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 141	Complejos cúpricos de las clorofilas y clorofilinas	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 150a-d	Caramelo	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 160a	Carotenos	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 160c	Extracto de pimentón, capsantina, capsorrubina	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 162	Rojo de remolacha, betanina	quantum satis		solo verduras y hortalizas (excepto aceitunas)
	E 163	Antocianinas	quantum satis		solo conservas de frutos rojos
	E 102	Tartrazina	100		solo guisantes rugosos o lisos elaborados (en conserva)
	E 133	Azul brillante FCF	20		solo guisantes rugosos o lisos elaborados (en conserva)
	E 142	Verde S	10		solo guisantes rugosos o lisos elaborados (en conserva)
	E 127	Eritrosina	200		solo cerezas de cóctel o confitadas
	E 127	Eritrosina	150		solo cerezas bigreaux en jarabe o en cóctel

L 293/58

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

1

Nota. La tabla muestra todos los aditivos que pueden ser agregados a las frutas y hortalizas en conserva y además especificando su cantidad máxima de consumo y las restricciones o excepciones con este producto. Tomado de: Comisión Europea. Reglamento (CE) no°1129/2011. https://anefp.org/system/files/legislacion/reglam_1129_2011_lista_adit_alim.pdf

- Anexo III: lista de aditivos alimentarios de la Unión Europea, incluidos los soportes, autorizados para ser empleados en aditivos alimentarios, enzimas alimentarias, aromas alimentarios y nutrientes, y sus condiciones de uso. Este anexo está dividido en cinco partes; la primera parte es acerca de los soportes en aditivos

alimentarios, la segunda parte habla de los aditivos alimentarios distintos a los de la primera parte, en la tercera parte se tratan los aditivos alimentarios incluidos los soportes en enzimas alimentarias, la cuarta parte es acerca de los soportes en aromas alimentarios y por último, en la quinta parte se consideran los soportes en nutrientes y otras sustancias añadidas a un alimento con fines nutricionales u otros fines fisiológicos[57].

- Anexo IV: alimentos tradicionales para que los determinados países de la Unión Europea pueden seguir prohibiendo el uso de determinadas categorías de aditivos alimentarios[57].

Tabla 9.

Categorías de aditivos que pueden prohibir por países miembros de la UE

Estado miembro	Alimentos	Categorías de aditivos cuya prohibición puede mantenerse
Alemania	Cerveza alemana tradicional (Bier nach deutschem Reinheitsgebot gebraut)	Todas, excepto los gases propelentes
Francia	Pan francés tradicional	Todas
Francia	Trufas francesas tradicionales en conserva	Todas
Francia	Caracoles franceses tradicionales en conserva	Todas
Francia	Conservas francesas tradicionales de ganso y de pato (confit)	Todas
Austria	Bergkäse austriaco tradicional	Todas, excepto los conservadores
Finlandia	Mämmi finlandés tradicional	Todas, excepto los conservadores
Suecia Finlandia	Jarabes suecos y finlandeses tradicionales de frutas	Colorantes
Dinamarca	Kødboller danesas tradicionales	Conservadores y colorantes
Dinamarca	Leverpostej danés tradicional	Conservadores (con excepción del ácido sórbico) y colorantes
España	Lomo embuchado español tradicional	Todas, excepto los conservadores y los antioxidantes
Italia	Mortadella italiana tradicional	Todas, excepto los conservadores, los antioxidantes, los agentes reguladores del pH, los potenciadores del sabor, los estabilizantes y los gases de envasado
Italia	Cotechino y zampone italianos tradicionales	Todas, excepto los conservadores, los antioxidantes, los agentes reguladores del pH, los potenciadores del sabor, los estabilizantes y los gases de envasado

Nota. La tabla muestra los diferentes aditivos en los cuales se puede mantener la prohibición esto respecto a cada país miembro de la Unión Europea. Tomado de: El parlamento europeo y el consejo de la unión europea. Reglamento (CE) No 1333/2008. <https://eur->

lex.europa.eu/legal-
content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1333-
20141106&rid=1

- Anexo V: información de etiquetado de aditivos para ciertos colorantes alimentarios[57].

Tabla 10.

Listado de colorantes con etiquetado especial en el alimento que lo contenga

Alimentos que contienen uno o varios de los siguientes colorantes alimentarios	Información
Amarillo anaranjado (E 110) (*)	«nombre o número E del/de los colorante(s): puede tener efectos negativos sobre la actividad y la atención de los niños.»
Amarillo de quinoleina (E 104) (*)	
Carmoisina (E 122) (*)	
Rojo allura AC (E 129) (*)	
Tartracina (E 102) (*)	
Rojo cochinilla A (E 124) (*)	

(*) ► **MI** Con la excepción de:

- alimentos en los que el/los colorante(s) se ha(n) utilizado para el marcado sanitario o de otro tipo de productos cármicos o para estampar o colorear con fines decorativos cáscaras de huevo y
- bebidas con un volumen de alcohol superior a 1,2 %. ◀

Nota. La tabla muestra los colorantes que tienen efectos negativos sobre la actividad y la atención de los niños, por lo tanto, si el alimento contiene alguno de los colorantes en la lista entonces deberá tener un etiquetado especial donde tenga escrito los efectos negativos del consumo de estos aditivos. Tomado de: El parlamento europeo y el consejo de la unión europea. Reglamento (CE) No 1333/2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1333-20141106&rid=1>

3.2.2 Marco legal de Estados Unidos

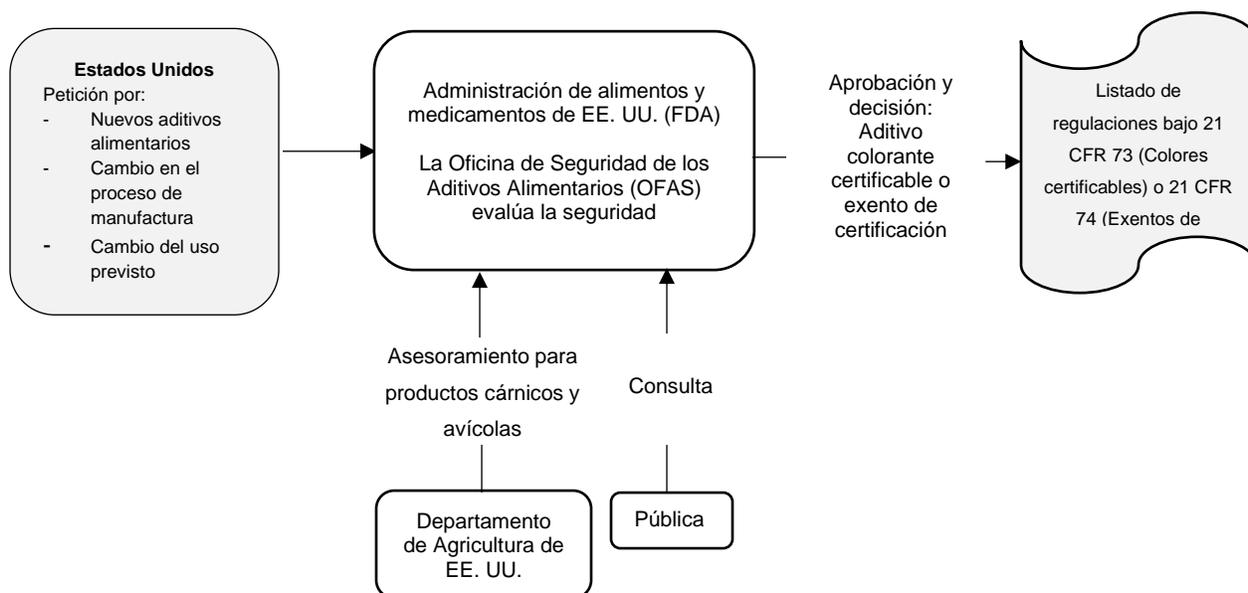
La Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) es la encargada de examinar, evaluar y aprobar una amplia gama de productos para uso médico, alimentos, cosméticos y muchos otros productos relacionados con la salud. De igual manera la FDA ha establecido regulaciones para los aditivos de color en el Título 21 del Código de Regulación Federal (CFR), partes 70-82, por medio de estas se identifica cada colorante, con sus respectivas especificaciones químicas, diferentes usos y restricciones, requisitos de etiquetado y de certificación.

Dentro de las partes más importantes de este Código de Regulación Federal se encuentra la parte 71 que describe el proceso de aprobación previa a la comercialización de los aditivos colorantes (figura 34), para esto los fabricantes de colorantes deben realizar pruebas de control de calidad para asegurar que los productos que venden al mercado cumplen con las especificaciones establecidas en el Código de Regulaciones Federales.

Así mismo, en la parte 74 del CFR se muestran los diferentes colorantes usados en la industria de alimentos, drogas, cosméticos y dispositivos médicos. Además, nos explica que de cada lote de colorante certificado se debe tomar una muestra, la cual es llevada a la FDA para realizar el respectivo análisis de calidad y así garantizar que el color cumpla con los estándares establecidos por esta entidad. Por otra parte, existen colores exentos de certificación en la parte 73 del CFR, estos colorantes son aquellos que son derivados de fuentes vegetales o minerales. Estos colorantes deben cumplir con las especificaciones de pureza y limitaciones de uso descritas en el reglamento, además no requieren de pruebas de lote por lote adicionales, pero aun así son evaluados minuciosamente por la FDA [59].

Figura 34.

Esquema del proceso de aprobación por en Estados Unidos



Nota. El esquema muestra la secuencia que se sigue en Estados Unidos para la aprobación de colorantes aditivos. Tomado de: Sari Lehto, Maria Buchweitz, Alexandra Klimm, Raphaela Straßburger, Cato Bechtold & Franz Ulberth. Comparison of food colour regulations in the EU and the US: a review of current provisions. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19440049.2016.1274431?needAccess=true>

En Estados Unidos el etiquetado de los aditivos colorantes tanto certificados o exentos se unifica y se consideran artificiales y debe identificarse en la etiqueta como “color artificial” o “color agregado”. No está permitido usar el término de “colorante natural”, pues la FDA no ha definido el término “natural”, debido a que para esta organización significa que no se ha agregado nada artificial o sintético sin importar la fuente de donde provenga, al ser “natural” normalmente no se esperaría que estuviera presente en el producto.

Finalmente, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) desde 1956 hasta la actualidad también se ha encargado de la reglamentación mundial por medio de evaluaciones de seguridad tanto para colorantes como aditivos

alimentarios en general. Gracias a esta gran cantidad de evaluaciones e investigaciones, la JECFA ha podido establecer límites de ingesta diaria de los colorantes y publicar periódicamente este tipo de información al consumidor.

A continuación, se puede observar una tabla donde se comparan los valores de los límites de ingesta de algunos colorantes en mg kg^{-1} determinados por la Unión Europea, Estados Unidos y la JECFA y se logran percibir pequeñas diferencias en los valores de IDA de muy pocos colorantes como el Amarillo ocaso/ Amarillo FD & C No. 6, mientras que en la mayoría de los colorantes se logra ver gran diferencia entre UE, US y JECFA, mostrando la independencia y criterio propio de cada país[59].

Tabla 11.

Valores de ingesta diaria de algunos colorantes dados por UE, US y la JECFA

Nombre UE / EE. UU.	IDA (mg kg^{-1})		
	UE ^a	Nosotros ^b	JECFA ^c
Curcumina / cúrcuma	3	(GMP)	0-3
Tartrazina / FD & C Amarillo No. 5	7,5	5	0-7,5
Amarillo ocaso / Amarillo FD & C No. 6	4	3,75	0-4
Carmines / carmín	5	25	0-5 (lagos: sin IDA asignada)
Eritrosina / D & C Red No. 3	0,1	2,5	0-0,1
Rojo Allura AC / FD & C Rojo No. 40	7	7	0-7
Indigotina / FD & C Azul No. 2	5	2,5	0-5
Azul brillante FCF / FD & C Azul No. 1	6	12	0-12,5
Caramelos	100 (E 150c); 300 (grupo de caramelo)	(GMP; también GRAS)	160 (clase II); 0-200 (clases III y IV)
Anatto / extracto de annatto	6 (bixina); 0,3 (norbixina)	(GMP)	0-12 (bixina); 0-0,6 (norbixina)
Extracto de pimentón / pimentón, oleoresina de pimentón	24 (extracto de pimentón); 1,7 para carotenoides en extracto de pimentón	(GMP)	0-1,5 (extracto de pimentón)
Licopeno	0,5	(GMP)	No especificado
β -Apo-8'-carotenal	0,05	(restricciones)	0-5
Cantaxantina	0,03	2,5	0,03
Óxidos de hierro)	No asignado	Límite superior 40 mg de hierro al día ⁻¹ para niños y 45 mg al día ⁻¹ para adolescentes y adultos	0-0,5

Nota. La tabla muestra un listado de algunos colorantes con su respectivo valor de ingesta diaria determinado por la Unión Europea, Estados Unidos y el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos. Tomado de: Sari Lehto, Maria Buchweitz, Alexandra Klimm, Raphaela Straßburger, Cato Bechtold & Franz Ulberth. Comparison of food colour regulations in the EU and the US: a review of current provisions. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19440049.2016.1274431?needAccess=true>

e

De todo lo anterior, si comparamos las leyes colombianas con las leyes de Estados Unidos y de la Unión Europea en el uso de aditivos, más específicamente en el uso de colorantes, Colombia se encuentra bastante atrasada en ese sentido, debido a que las normativas que existen para regular esta medida no se encuentra del todo actualizada, comparadas con las legislaciones extranjeras que por el contrario si son abastecidas con información periódicamente, además la información mostrada en estas es bastante organizada y específica, pues muestran en que alimentos se puede o no utilizar los distintos colorantes, esta información es de gran ayuda para las empresas que usan de estos aditivos en sus alimentos, pues les muestra de manera clara y concreta en que productos y la cantidad adecuada que no afecta la salud del consumidor.

Un ejemplo claro de que tan desactualizadas están las normas colombianas se puede evidenciar en los valores límites de consumo de colorantes, en Colombia la mayoría de los colorantes artificiales se encuentran entre un rango de 50 a 300 mg/kg, valores que son excesivos si los confrontamos con los extranjeros, ya que la mayoría de los colorantes se encuentran entre un rango de 0 a 25 mg/kg, con excepción del colorante caramelo que tiene un valor máximo de consumo de 100 mg/kg. Lo anterior indica que en Colombia no se tiene una buena regulación de los colorantes para uso alimenticio, no se están teniendo en cuenta las diferentes consecuencias que conlleva el alto consumo de estas sustancias químicas ni se está transmitiendo al consumidor de estos efectos negativos, simplemente se advierte en el etiquetado que el producto contiene ese colorante, pero no da a conocer lo peligroso que puede ser como si por el contrario lo realiza la Unión Europea.

Todo lo anterior, muestra que en Colombia falta mucho más interés por el bienestar y la buena salud de las personas, que tal vez debido a asuntos de corrupción no se disponga del dinero suficiente para realizar una profundización en este tema de los colorantes artificiales ni tampoco que existan diferentes laboratorios especializados en este tema con los cuales se puedan establecer límites de consumo pertinentes, estudios relacionados con las graves consecuencias de su alto consumo y posteriormente su debida difusión y además incursión de una mayor producción de

colorantes naturales, aprovechando toda biodiversidad del país y además ayudando al planeta con la reutilización de algunos residuos agroindustriales de empresas del sector alimenticio.

4. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COLORANTE

Dentro de la industria existe gran variedad de métodos de extracción de pigmentos, para este caso se lleva a cabo una extracción sólido-líquido la cual se puede realizar por medio de diferentes técnicas como son:

4.1 Destilación por arrastre de vapor

Método el cual es usado principalmente para la obtención de aceites esenciales los cuales son empleados para la industria cosmética como perfumes, para la industria de alimentos como saborizantes, aromatizantes y antioxidantes, e igualmente usados en la industria como precursores para la síntesis de otros. Este proceso no se adecua a la extracción de pigmentos como la antocianina debido a las elevadas temperaturas que se manejan por un tiempo prolongado durante su funcionamiento, para que el agua se encuentre en estado gaseoso la torre de destilación se debe mantener como mínimo a 100°C, valor el cual genera una degradación acelerada de la antocianina y, por ende, decoloración del producto final[60].

4.2 Extracción con fluidos supercríticos

Es una técnica que permite la separación de sustancias que están disueltas o incluidas dentro de una matriz, está basada en el uso de fluidos que se pueden llevar a un estado supercrítico, es decir a condiciones de presión y temperatura superiores a su punto crítico, para modificar su poder disolvente. Este fluido presenta propiedades intermedias entre un gas y un líquido, lo cual beneficia la penetración de este en la matriz y, por ende, la miscibilidad con el soluto, el fluido más usado en la industria corresponde al dióxido de carbono debido a sus condiciones críticas termodinámicas que facilitan la extracción de muchos compuestos termolábiles, la separación con el soluto es muy fácil, no posee problemas ambientales, además de no ser tóxico y económico en el mercado. Sin embargo, existen igualmente varias opciones a usar como solventes supercríticos en la extracción, como:

Tabla 12.*Propiedades de los fluidos supercríticos más utilizados*

Solvente	Peso molecular	T° crítica	Presión crítica	Densidad crítica
	g/mol	K	MPa (atm)	g/cm ³
Dióxido de carbono (CO ₂)	44,01	304,1	7,38 (72,8)	0,469
Agua (H ₂ O)	18,02	647,3	22,12 (218,3)	0,348
Metano (CH ₄)	16,04	190,4	4,60 (45,4)	0,162
Etano (C ₂ H ₆)	30,07	305,3	4,87 (48,1)	0,203
Propano (C ₃ H ₈)	44,09	369,8	4,25 (41,9)	0,217
Etileno (C ₂ H ₄)	28,05	282,4	5,04 (49,7)	0,215
Propileno (C ₃ H ₆)	42,08	364,9	4,60 (45,4)	0,232
Metanol (CH ₃ OH)	32,04	512,6	8,09 (79,8)	0,272
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	46,07	513,9	6,14 (60,6)	0,276
Acetona (C ₃ H ₆ O)	58,08	508,1	4,70 (46,4)	0,278

Nota. La tabla muestra un listado de las propiedades de los fluidos supercríticos más utilizados en la industria. Tomado de: Canales sectoriales. Los fluidos supercríticos. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/152961-Los-fluidos-supercriticos.html>

Dentro de sus amplias aplicabilidades se encuentra la extracción de aditivos de primeros, contaminantes ambientales, lípidos, vitaminas, compuestos aromáticos y cafeína, y en la industria farmacéutica; no obstante, un limitante corresponde a la polaridad de varios de ellos que van a tender ser opuestos de los pigmentos polares de antocianinas, a su vez las condiciones de operación para cada uno de los fluidos son demasiado extremas para la estabilidad de las antocianinas, es por esta razón que este método de extracción no se adecua a la obtención de estos pigmentos [61].

4.3 Extracción asistida por ultrasonido

Este proceso se logra por medio de las ondas de ultrasonido de alta potencia y baja frecuencia en una mezcla, generando un cambio celular que aumenta la transferencia de masa, debido a la perforación de las paredes y membrana celular que dan paso a la zonificación y penetración del disolvente en el interior de la célula[62]. Existen dos formas de llevar a cabo este procedimiento, directamente en la muestra o indirectamente por medio de un recipiente, una desventaja de los equipos equivale al material que los compone, los dispositivos industriales usados para esta técnica están contruidos a base de metales que durante su funcionamiento puede desprenderse en pocas cantidades a la mezcla, igualmente su maquinaria trabaja con contenedores abiertos que dificultaran la inocuidad del proceso, son estas razones por las cuales este método de extracción no se adapta correctamente a la obtención de antocianinas[63].

Analizando los diferentes métodos y su utilidad, se realiza una comparación entre los dos métodos más utilizados en la industria para la extracción de pigmentos, es decir, extracción por solventes orgánicos y extracción asistida por microondas, así mismo determinar el rendimiento para cada uno de ellos y afirmar cuál de los dos ofrece mejores resultados. Para ambos casos se debe realizar un procedimiento preliminar a la extracción el cual corresponde a:

4.4 Preparación previa extracción

4.4.1 Preparación de la muestra inicial

Ya que el proceso de descomposición del fruto se ve relacionado a la temperatura en la que se encuentre se almacena la fruta a una temperatura de 2°C para reducir su deterioro fisiológico y patológico de esta.

4.4.2 Homogenización de la muestra

Con ayuda de la bibliografía se puede determinar las condiciones de temperatura, pH y como tal el estado de la muestra.

El fruto se debe recolectar en el estado de maduración exacta para mejores resultados, se realiza una selección minuciosa con filtros de coloración adecuada en su estado de maduración, para ello se debe llevar a cabo con un colorímetro Konica Minolta CR-400 con una precisión recomendada de 0,6.

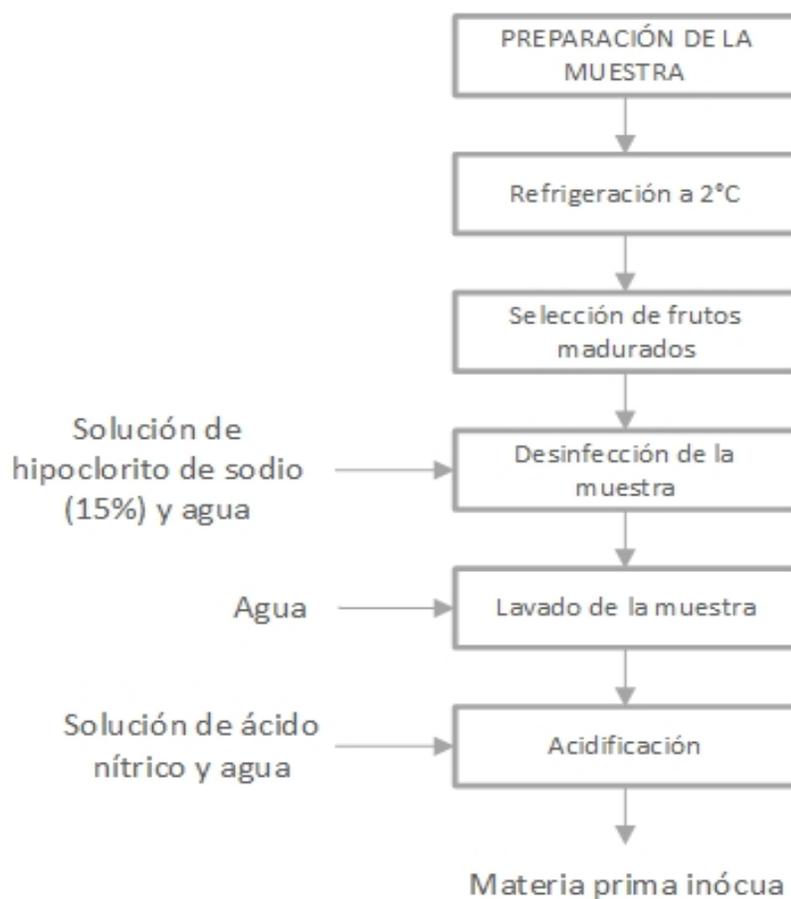
4.4.3 Desinfección de la muestra

Luego de homogenizar la muestra, la materia prima escogida para la extracción por Soxhlet y asistida por microondas debe ser sometida a un proceso de desinfección, cual consta de limpiar la fruta con una solución de 20 mL de hipoclorito de sodio al 15 % en 100 mL de agua durante aproximadamente 5 minutos y luego se enjuaga debidamente con abundante agua. Finalmente, para acidificar la fruta, esta se agrega en una solución de 0.5 g de ácido cítrico en 100 mL de agua, hasta lograr un pH de 2.1 aproximadamente.

El anterior procedimiento se ilustra en la Figura 35.

Figura 35.

Diagrama de bloques para la preparación de la muestra



Nota. La imagen describe gráficamente el proceso para la preparación de la muestra. Tomado de: Ximena Herrera, Karen Rodríguez. Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

Tanto como en la extracción por soxhlet como por la asistida por microondas se tendrán en cuenta las temperaturas debido a que es un factor que influye en el estado inicial de la muestra.

4.4.4 Secado de la muestra en horno

De la muestra anteriormente desinfectada, se toman 750 g y se colocan en una bandeja con papel absorbente dentro de un horno a 40 °C por un tiempo de secado de aproximadamente de 4 a 5 días. Finalmente, la muestra se tritura en una licuadora para alimentos CBL 999 durante 2 minutos y para evitar que la muestra se oxide esta se empaca en bolsas de cierre hermético.

4.4.5 Liofilización de la muestra

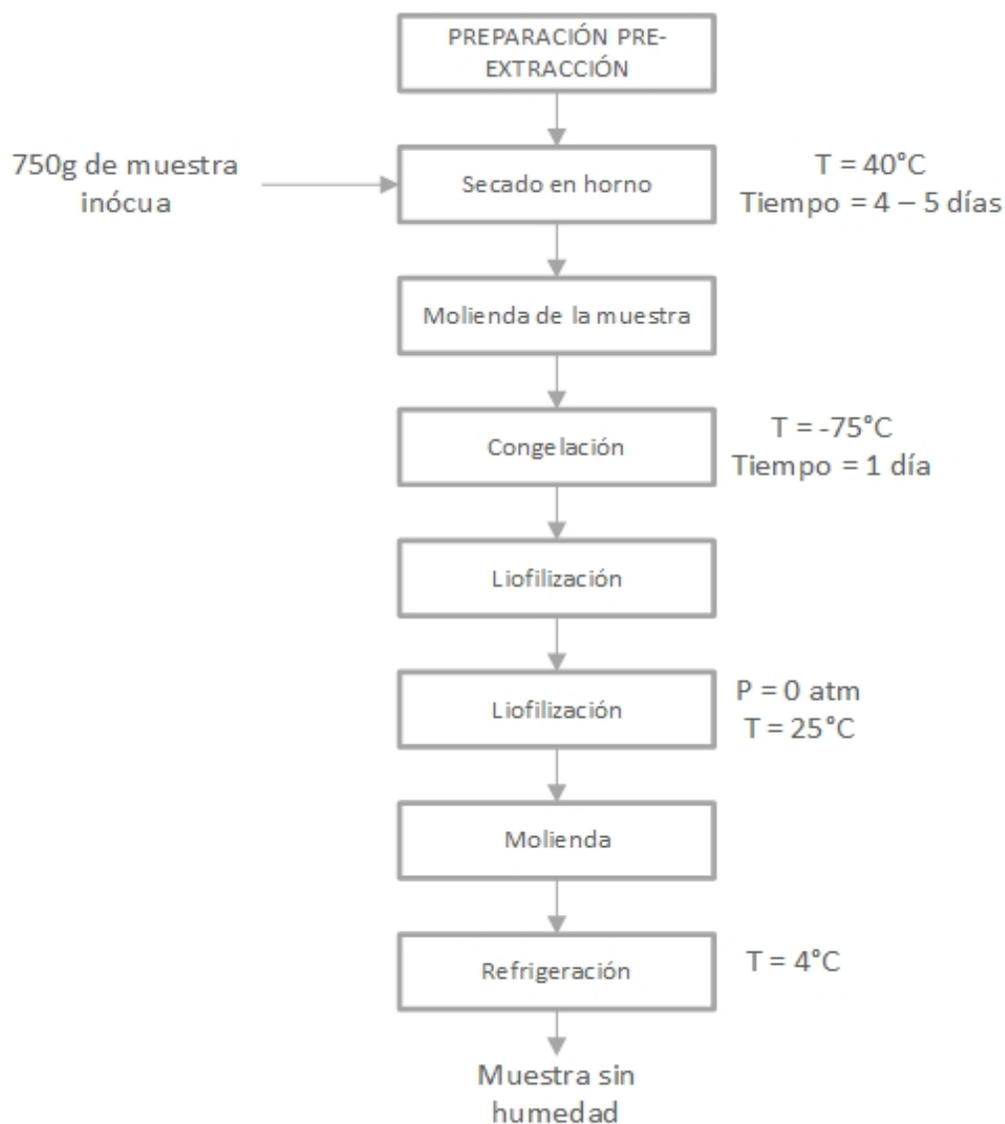
Para este procedimiento se toman 600 g de fruta fresca que previamente debió estar congelada en una ultra-congelador Evermed a -76.5°C por 24 horas, asegurando la congelación completa de la materia prima. Seguidamente esta muestra se lleva a un liofilizador LABCONCO a una temperatura entre -86 °C y -55°C, en las bandejas una temperatura constante de 25°C y a una presión de vacío de 0.2 mbar durante 31 horas.

Luego de que la muestra salga del proceso se tiene que almacenar en recipientes herméticos y a bajas temperaturas para evitar la desnaturalización.

El anterior procedimiento se ilustra en la Figura 36.

Figura 36.

Diagrama de bloques para la preparación pre-extracción



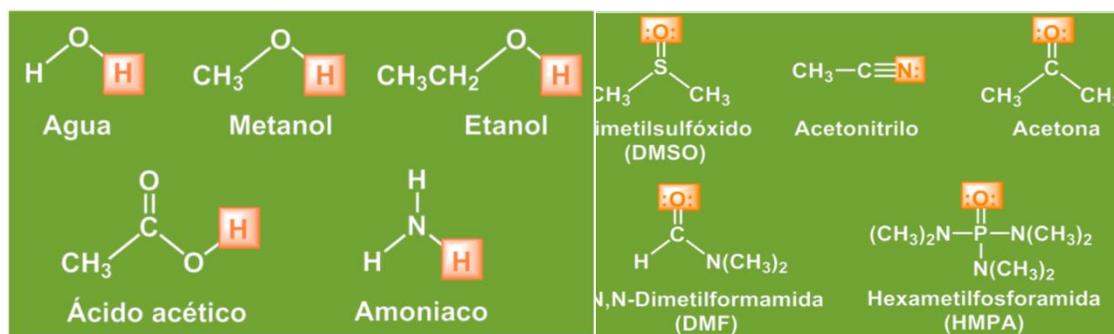
Nota. La imagen describe gráficamente el proceso para la preparación de la muestra antes de ser llevada al proceso de extracción. Tomado de: Ximena Herrera, Karen Rodríguez. Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas.

4.5 Elección del solvente

Dentro de la gama de disolventes disponibles se encuentran categorizados por aquellos que son no polares y polares, para los que se encuentran en la segunda categoría se subdividen en polares apróticos y polares próticos, es decir, los apróticos se caracterizan por poseer un átomo de hidrogeno unido directamente a un átomo electronegativo y los apróticos por al contrario difieren de esta unión[64].

Figura 37.

Estructura de los disolventes polares próticos y apróticos



Nota. Las imágenes representan algunos ejemplos de disolventes próticos (izquierda) y disolventes apróticos (derecha). Tomado de: Infografías química orgánica. Tipos de disolventes. <https://infografiasquimicaorganica.wordpress.com/2019/10/01/tipos-de-disolventes/>

Las antocianinas son compuestos netamente polares, es decir que para su correcta extracción es necesario el uso de un disolvente polar, más exactamente un polar prótico, debido a que en el momento en el que se encuentren en contacto en una mezcla los radicales libres de la estructura de la antocianina y el al átomo –OH, se unirán formando puentes de hidrogeno y permitiendo una correcta miscibilidad[64].

Dentro de los disolventes próticos disponibles se encuentran:

Tabla 13.

Tipos de disolventes polares próticos y sus propiedades

Disolvente	Fórmula química	Punto de ebullición	Constante dieléctrica	Densidad
Disolventes polares próticos				
Ácido acético	CH ₃ -C(=O)OH	118 °C	6,2	1,049 g/ml
<i>n</i> -Butanol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -OH	118 °C	18	0,810 g/ml
Isopropanol (IPA)	CH ₃ -CH(-OH)-CH ₃	82 °C	18	0,785 g/ml
<i>n</i> -Propanol	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -OH	97 °C	20	0,803 g/ml
Etanol	CH ₃ -CH ₂ -OH	79 °C	24	0,789 g/ml
Metanol	CH ₃ -OH	65 °C	33	0,791 g/ml
Ácido fórmico	H-C(=O)OH	100 °C	58	1,21 g/ml
Agua	H-O-H	100 °C	82	1,000 g/ml

Nota. La tabla muestra los tipos de disolventes polares próticos y sus correspondientes propiedades. Wikipedia. Polaridad de un disolvente. https://es.wikipedia.org/wiki/Polaridad_de_un_disolvente

Según investigaciones los solventes más utilizados para este tipo de extracción de pigmentos corresponden al metanol, agua y etanol por su polaridad, densidad y constante dialéctica, pese a esto el objetivo de la extracción es obtener un colorante natural que pueda ser usado en alimentos, por ello el metanol queda totalmente descartado debido a su alta toxicidad, y por otro lado, el agua al poseer una constante dialéctica tan elevada, a la hora de ser utilizada en la extracción asistida por microondas, tendrá mayor absorción de la energía del microondas y por ende mayor temperatura, lo cual disminuirá el rendimiento de la extracción al degradar las antocianinas por mantener tan elevadas temperaturas por un tiempo prolongado, a su vez su densidad es mayor en comparación a los otros los solventes, lo cual dificulta un poco más el proceso de extracción. Por esta razón, significa que la opción más adecuada para la extracción se reduce al etanol como solvente, es una solución

altamente utilizada en la extracción de antioxidantes, no es contaminante y totalmente seguro para el consumo humano[65].

Cabe resaltar que la elección se adecua perfectamente para los dos métodos de extracción a evaluar por su solubilidad e interacción con el componente de interés, la capacidad de penetrar el compuesto y el valor de su constante dialéctica. La cantidad y concentración del disolvente dependerá de la materia prima a utilizar en la extracción, ya que es una variable que puede afectar el rendimiento de esta[66].

4.6 Variables que afectan la extracción

Para un proceso tanto industrial como experimental a escala laboratorio, siempre existirán diferentes variables que afectan el funcionamiento y éxito de la etapa a realizar, la extracción no es uno que esté exento a esta influencia, muchos de estos factores son:

4.6.1 Tamaño de partícula

Esta variable es de gran importancia para la obtención de resultados positivos, ya que es la más influyente dentro de todas las existentes, esto es por la transferencia de masa que ocurre entre el solvente y el fruto, es decir, entre mayor sea el diámetro de partícula, la extracción de pigmentos será en mayor cantidad[65].

4.6.2 Tiempo

Según investigaciones el tiempo no es un factor el cual favorezca la cantidad de pigmentos, es decir, que no es directamente proporcional a la variable de interés (antioxidantes), por al contrario se observa que en un tiempo inicial la extracción transcurre satisfactoriamente con el aumento del compuesto[65], sin embargo, en un tiempo determinado se mantiene constante hasta llegar al límite en cual va en un constante decrecimiento de ese contenido, esto ocurre debido a que en un inicio el solvente está desprendiendo poco a poco los pigmentos hasta retirarlos en su mayoría por lo que la materia prima ya no tiene más compuestos por liberar, y la temperatura juega un papel crucial en este tiempo transcurrido, ya que puede generar una

degradación de estos compuestos, en conclusión, mantener el proceso de extracción a una prolongada duración, genera efectos contraproducentes para la calidad del colorante como producto final[66].

4.6.3 Temperatura

El rendimiento de la extracción depende en gran medida de la temperatura que se maneje durante su proceso, manejar temperaturas con un rango entre 30°C a 50°C no influencia su rendimiento, sin embargo, temperaturas entre los 50°C y 60°C son en las cuales se observa un mejor comportamiento en su incremento de contenido de antocianinas, a su vez, mantener temperaturas superiores a los 60°C no están relacionada directamente a un aumento adicional de la proporción de pigmentos en el extracto. Esos beneficios son debido a que el incremento de la temperatura permite una mayor solubilidad y difusividad entre la mezcla por la disminución de la viscosidad y tensión superficial del solvente. Cabe resaltar que una muy elevada temperatura causa la degradación de las antocianinas debido a su naturaleza termolábil disminuyendo el rendimiento de la extracción[66].

4.6.4 Solvente

Como bien ya se mencionó, le elección de un solvente que se acople perfectamente al producto de interés es crucial para el éxito de la extracción y obtener un buen rendimiento, se debe cuantificar correctamente la proporción sólido-líquido para que en ninguno de los dos casos haya exceso, al igual el solvente debe tener una viscosidad lo más baja posible para que logre penetrar y moverse con facilidad al interior del sólido [67].

Según estas condiciones y decisiones, se lleva a cabo el proceso crucial de la experimentación, es decir, la realización de los dos métodos de extracción seleccionados:

4.7 Extracción

A continuación, se muestran los dos métodos de extracción que se quieren comparar en la investigación, de los cuales se evaluará la influencia del método en el contenido resultante de antioxidantes.

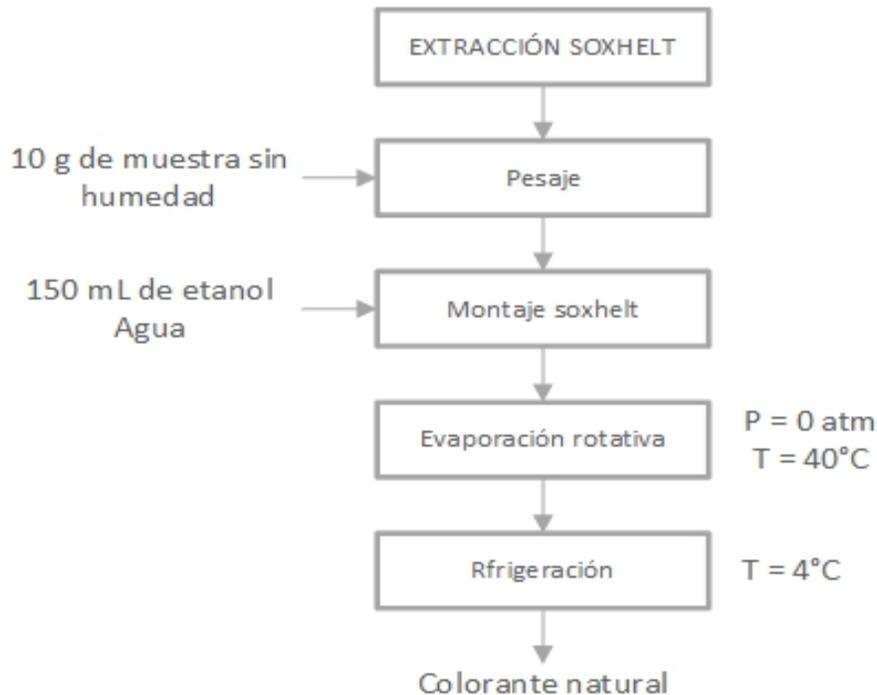
4.7.1 Extracción por solventes soxhlet

Con base a la bibliografía se basó el proceso de extracción, se debe pesar 10 g del fruto seco, previamente triturado, para situarlo en un papel filtro dentro del tubo del extractor y se debe armar el montaje Soxhlet. Dentro del balón se deben adicionar 150 mL de etanol para posteriormente ser calentado con precaución cuidando que el flujo de agua en el condensador sea suficiente, graduando la cantidad de calor suministrada para prevenir la ebullición violenta del etanol. Se debe mantener en calentamiento continuo para permitir la recirculación recurrente y suficiente reduciendo la coloración del extracto más solvente. Sugiere una evaporación rotativa a 40°C a vacío, en un rotavaporador Heidolph para finalmente almacenar el extracto a una temperatura de 4°C para su siguiente estudio.

El anterior procedimiento se ilustra en la Figura 38.

Figura 38.

Diagrama de bloques para la extracción por solventes soxhlet



Nota. La imagen describe gráficamente el proceso de extracción por método soxhlet. Tomado de: Ximena Herrera, Karen Rodríguez. Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

4.7.2 Extracción asistida por microondas

Al tomar una muestra de 10 g del fruto, anteriormente deshidratada y triturada, se le adiciona etanol a una cantidad de 10 mL para así llevar la muestra a radiación en un horno de microondas convencional acoplado a un hidroddestilador, con una salida de frecuencia de 2450 MHz preferiblemente, por un intervalo de tiempo de

aproximadamente 2 minutos a una potencia de 80 watts. Posteriormente el extracto que se obtiene previamente se filtra a vacío, y si existe presencia de sobrenadante se debe retrovaporar a 40°C a vacío en un retrovaporador Heidolph. Para finalizar el extracto resultante se debe conservar en almacenamiento a una temperatura de 4°C para su siguiente estudio.

El anterior procedimiento se ilustra en la Figura 39.

Figura 39.

Diagrama de bloques para la extracción asistida por microondas



Nota. La imagen describe gráficamente el proceso de extracción por método asistido por microondas. Tomado de: Ximena Herrera, Karen Rodríguez. Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

Para corroborar la eficiencia en cada uno de los métodos de extracción es necesario realizar un conteo de cantidad de antocianinas y flavonoides existentes en el extracto, ver la variación para cada uno de ellos y así determinar el mejor proceso según los resultados.

En base a procedimientos experimentales ya realizados, en los cuales el fruto silvestre como materia prima correspondió a *Vaccinium meridionale swartz*, comúnmente conocida como agraz, afirman que la extracción se ve beneficiada cuando la muestra posee una previa liofilización. Según el artículo “Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus L.*) residues using supercritical CO₂ and pressurized liquids”, en el cual habla sobre la actividad antioxidante presente en el arándano, afirma que durante su experimentación esta actividad aumento un 2.8 veces para el producto liofilizado, igualmente se incrementó, pero no en la misma proporción, para la muestra secada en el horno[68]. Así mismo, para la experimentación a nivel laboratorio que exponen en la tesis titulada “: Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas”, muestran y confirman por medio de resultados que la liofilización facilita la extracción de las antocianinas, puesto que al ser llevada la fruta a una deshidratación hay una concentración de los antioxidantes y la presencia de temperatura genera una ruptura de las moléculas de la fruta[32].

Con lo anterior, en la comparación de ambos métodos se pretende decidir cuál extracción ofrece mejor rendimiento del extracto, para ello se obtuvieron los siguientes resultados, primeramente, los que corresponden al montaje soxhlet son:

Tabla 14.

Resultado de contenido de antocianinas en miligramos por 100 gramos de muestra en el

Muestra	Contenido de antocianinas (mg/100g)
Secada en el horno	3879.5 ± 54
Liofilizada	3969.7 ± 110.5

Nota. La tabla muestra el contenido de antocianinas en miligramos en el extracto natural de agraz por 100 gramos de muestra. Tomado de: Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

Tabla 15.

Resultado de contenido de flavonoles en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural

Muestra	Repeticiones	Contenido de flavonoles (mg quercetina/100 g fruta)
Secada en el horno	1	348.3
	2	333.1
	3	338.2
Liofilizada	1	650.5
	2	527.9
	3	555.3

Nota. La tabla muestra el contenido de flavonoles en miligramos en el extracto natural de agraz por 100 gramos de muestra. Tomado de: Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

Los siguientes resultados corresponden al procedimiento asistido por microondas.

Tabla 16.

Resultado de contenido de antocianinas en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural

Muestra	Contenido de antocianinas (mg/100g)
Secada en el horno	3106.0 ± 285
Liofilizada	3837.4 ± 47.9

Nota. La tabla muestra el contenido de flavonoles en miligramos en el extracto natural de agraz por 100 gramos de muestra. Tomado de: Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionales swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

Tabla 17.

Resultado de contenido de flavonoles en miligramos por 100 gramos de muestra en el colorante natural

Muestra	Repeticiones	Contenido de flavonoles (mg quercetina/100 g fruta)
Secada en el horno	1	621.3
	2	531.5
	3	548.6
Liofilizada	1	978.2
	2	1170.7
	3	1175.8

Nota. La tabla muestra el contenido de flavonoles en miligramos en el extracto natural de agraz por 100 gramos de muestra. Tomado de: Evaluación del extracto de flavonoides y antocianinas contenidos en el agraz (*Vaccinium meridionale swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/478/1/6112802-2016-2-IQ.pdf>

Dado lo anterior, es posible afirmar que la liofilización favorece el contenido tanto de antocianinas como de flavonoles en el extracto final para ambos métodos de extracción.

A su vez, los resultados muestran que la liofilización y el método de extracción asistida por microondas compaginan satisfactoriamente, ya que se observa que, aunque para el proceso soxhlet la cantidad de antocianinas es mayor en comparación a ese método, esta variación corresponde a tan solo un 10%, valor el cual no es suficiente para afirmar que es ese método es el de mejor rendimiento, por lo tanto, la concentración de flavonoles da el soporte necesario para esa elección. En la tesis evaluada, el contenido de flavonoles en el extracto es mucho mayor en la asistida por microondas que en la de solventes orgánicos, debido a que, en el primer método al trabajar con radiación, estas

ondas ejercen un gran efecto en las moléculas del fruto logrando poco a poco un desprendimiento de los pigmentos, permitiendo una exitosa unión entre estos y el solvente.

Igualmente, en el artículo “Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia”, en el cual comparan el método asistido por microondas (MAE) con la extracción convencional, es decir, solventes orgánicos, aquí se comenta acerca de los aspectos positivos de utilizar métodos nuevos, para este caso el MAE debido a sus pulsos cortos de potencia durante la radiación minimiza la manipulación de la muestra, esto se ve reflejado en la cantidad de solvente a necesitar que tendera a ser mínimo e igualmente la termodegradación de la matriz del fruto. Adicionalmente, en el momento de la cuantificación de antioxidantes se dedujo que las ondas de la radiación ejercen un enorme efecto en el proceso de extracción de los compuestos, inherentes al tiempo y potencia empleada. Es por esto, que afirman que el método de extracción asistido por microondas es la técnica más versátil y capaz de usar para la obtención de un extracto rico en antocianinas[69].

A su vez, en la investigación titulada “Extracción asistida por microondas de compuestos antioxidantes a partir de la cascara de papa (*Solanum tuberosum*)”, donde evaluaron el rendimiento de este método y actividad antioxidante para la cascara de papa, según su metodología de experimentación, el cual obtuvo satisfactorios resultados, afirman que es esta técnica la mejor elección en comparación a los métodos tradicionales, gracias a su tecnología de microondas, ayuda tanto al ahorro de energía por ser un proceso de corta duración y del tiempo de procesamiento, se aplica satisfactoriamente por ser rápido, amigable con el medio ambiente (menor cantidad de solvente necesario) y muy eficaz.

Por otro lado, en el artículo “Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA)”, se realiza una recopilación de evidencia bibliográfica que hable, exponga e investigue acerca de posibles métodos para la extracción de sustancias presentes en los

vegetales, en el recorrido del recuento bibliográfico se realiza una comparativa entre la técnica no tradicional, es decir, asistida por microondas, para evaluar la eficiencia de la extracción asistida por ultrasonido. Según los estudios realizados por Gao, para la obtención de flavonoides a partir de la planta herbácea *Saussurea medusa Maxim*, comenta que la extracción asistida por microondas es más eficiente que la extracción por solventes a temperatura ambiente, reflujo térmico y soxhlet. De igual forma, este método arrojó mejores resultados que al utilizar el método de ultrasonido, puesto que la eficiencia se incrementó 5.86 veces. Cabe recalcar, que el autor resalta que la funcionalidad del método está ligado a las variables que lo afectan en correlación a la materia prima que se emplee[70].

Finalmente, dentro de la revisión bibliográfica anteriormente expuesta, se puede corroborar que es el método de extracción asistido por microondas el más efectivo para conseguir un extracto natural con altos estándares de calidad, gracias a su gran contenido de antocianinas y flavonoles en su composición, que a su vez cumplirá con el propósito que se desea, obtener un colorante orgánico que sea capaz de darle tonalidad a los distintos productos alimenticios.

5. APLICACIÓN DEL EXTRACTO NATURAL EN ALIMENTOS

Las antocianinas son pigmentos solubles en agua coloreados que pertenecen al grupo fenólico, estos tintes son los responsables de los colores rojo, morado y azul en las diferentes frutas y verduras, siendo los frutos silvestres los que presentan mayor contenido de antocianinas. El color y la estabilidad de estos pigmentos se ven influenciados por factores como la luz, el pH y la temperatura, por ejemplo, en un medio ácido el colorante presenta una tonalidad rojiza, sin embargo cuando el medio es alcalino ofrece una tonalidad azulada[71]. Los colorantes naturales son sustancias que tienen poco o ninguna toxicidad, por eso son considerados seguros incluso si se consumen en dosis más altas en comparación con los colorantes sintéticos y además poseen un valor agregado[71], ya que al ser extractos naturales poseen algunas de las propiedades inherentes de la fruta.

Por lo anterior, la demanda de estos pigmentos naturales ha aumentado tanto al transcurrir los años, específicamente en el año 2018, las ventas globales de antocianinas se encontraron por encima de los 383 mil kilos y en 2019 un valor de 400 mil kilos[72], esto ha ocurrido debido a que las personas se han vuelto más conscientes de los ingredientes por los cuales están constituidos los productos que consumen, se han informado de las diferentes consecuencias que conlleva el consumo de colorantes artificiales y además de que actualmente está de moda la “onda Fitness“, por lo tanto, todas estas razones hacen que las personas busquen que el producto de consumo sea esencialmente natural o de origen orgánico.

5.1 Propiedades organolépticas

Son características físicas que pueden llegar a tener ciertos alimentos, en este caso el colorante natural de antocianinas y que se pueden describirse por medio de pruebas de percepción de los sentidos hacia cada uno de los siguientes aspectos:

5.1.1 Textura

La sensibilidad al tacto del colorante natural depende del estado en el que se encuentre el producto, es decir, si el extracto se encuentra en estado líquido tiende a ser un poco aceitoso permitiendo pegarse a las paredes del recipiente que lo contiene, por otro lado, cuando se encuentra en la presentación en polvo se puede llegar a sentir un poco granuloso y suave.

5.1.2 Color

Esta propiedad es la que más resalta de las demás a razón de los pigmentos antocianínicos, los cuales son los responsables de proporcionar una gama de colores que abarcan desde los vistazos rojos y púrpura hasta las tinciones de color azulado, como se puede observar en la figura 40.

Figura 40.

Rango de color del colorante natural alimentario antocianina



Nota. La imagen representas las diferentes tonalidades que puede llegar a teñir el colorante natural. Tomado de: Flavorix. Colorante Natural Antocianina (E-163). <http://flavorix.com/producto/colorante-natural-antocianina-e-163/>

5.2 Propiedades funcionales

Debido a que los pigmentos antocianínicos provienen de un fruto, implica que en su estructura poseen propiedades benéficas para la salud del consumidor, dentro de esos aspectos positivos se encuentra el uso de estos por sus efectos farmacológicos, aplicándolos en distintos tratamientos y terapias.

Las antocianinas al ser consumidas no se desintegran en el tracto digestivo tan rápidamente, lo que permite que puedan alcanzar a estar presentes en diferentes sistemas vitales, es decir, se puede llegar a considerar un alimento con un valor

incalculable de medicina [73]. Dentro de los posibles beneficios y usos se encuentran los siguientes:

- Estimuladoras de la memoria y la cognición
- Antiinflamatorias
- Antitumorales
- Antidiabéticas
- Protectoras del sistema cardiaco
- Antioxidantes
- Antitrombóticas
- Hipotensoras

5.2.1 Memoria

Otro aspecto importante a considerar es el uso de las antocianinas para tratar algunas enfermedades relacionadas con la memoria, entre ellas la demencia senil y los problemas derivados en la cognición en personas de la tercera edad, en la cual contribuye a un mejoramiento en la respuesta neuronal y disminución en la pérdida de memoria corto plazo [73].

5.2.2 Sistema muscular

Su efecto principal es la desinflamación de los tejidos, facilitando la recuperación de las lesiones musculares y a su vez participa en el bloqueo de aparición de algunas enfermedades inflamatorias como lo es la artritis. Según un estudio y documentado en el artículo “The impact of fruit flavonoids on memory and cognition”, el uso de antocianinas funciona para inhibir la neuroinflamación, aumentando la actividad sináptica y la llegada de nutrientes al cerebro, igualmente en el análisis confirman la capacidad que poseen estos compuestos flavonoides en traspasar la barrera hematoencefálica y permitir el paso de las neuronas, liberándolas y protegiéndolas con su acción antioxidante [74].

5.2.3 Anticancerígeno

Su efectividad es muy elevada a razón de ser bioflavonoides antimutagénicos, es decir, pigmentos que bloquean el envejecimiento de las células evitando el deterioro del ADN para prevenir la aparición de células dañadas que procedan a duplicarse que posteriormente tienden a la formación de tumores, son usadas como agentes quimiopreventivos acompañándola con los tratamientos tradicionales para contrarrestar el aumento de metabolitos carcinógenos, y a su vez estimula la síntesis del colágeno natural.

Estos pigmentos también se conocen como vitamina P y comúnmente se comercializa en compañía de la vitamina C ya que hacen un excelente complemento [73].

5.2.4 Diabetes

Su propiedad ayuda a reducir la resistencia a la insulina y así mismo regular la asimilación de la glucosa en la sangre, llegan a disminuir los cambios producidos en el organismo por las personas diabéticas. También pueden llegar a mejorar los niveles de proteínas si su consumo es de manera frecuente [73].

5.2.5 Obesidad

Poseen la capacidad de inhibir las enzimas digestivas, específicamente la alfa-glucosidasa, alfa-amilasa, lipasa y proteasa, las cuales estas directamente relacionadas con las obesidad y diabetes tipo 2, así que el consumo de la antocianina evitará la actividad de estas enzimas disminuyendo la asimilación de las grasas procedentes de los alimentos ingeridos en la dieta diaria, reduciendo los niveles de glucosa en la sangre. También evita la adiposidad de grasa y acumulación en los tejidos como las arterias, generando un beneficio a la salud, ya que evitara la aparición de enfermedades coronarias y en la regulación del colesterol LDL [73].

5.2.6 Sistema inmune

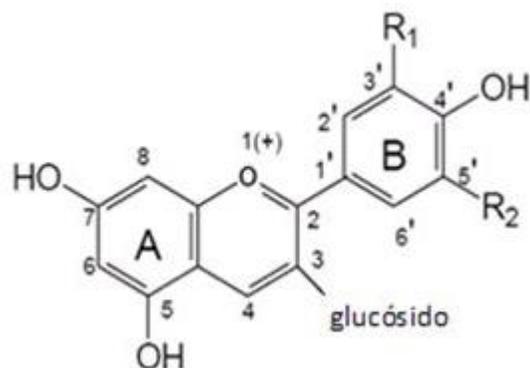
Ingerir alimentos con antocianinas aumenta la producción de linfocitos los cuales son los encargados de las defensas del organismo previniendo el contagio por infecciones tipo bacterianas y víricas [73].

5.3 Compuestos bioactivos

Las antocianinas pertenecen a la familia de los flavonoides y son glucósidos de antocianidinas, las cuales están compuestas por dos anillos aromáticos A y B y se encuentran unidos por una cadena de tres carbonos [75].

Figura 41.

Estructura química de las antocianinas



Nota. La imagen muestra la estructura química detallada de la antocianina, donde muestra sus dos anillos aromáticos A y B. Tomado de: The Green Labs, ¿Qué son las antocianinas, las antocianidinas y las proantocianidinas (taninos condensados)?.

<https://www.thegreenlabs.com/the-pigments-of-nature/>

Pueden existir variaciones estructurales del anillo B, lo que conlleva a que resulten en seis antocianidinas conocidas como las que observan en la tabla 18.

Tabla 18.*Sustituyentes de la antocianina*

Aglicona	Sustituyentes		$\lambda_{\text{máx}}$ (nm)
	R1	R2	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)

Nota. En la siguiente tabla se observan los diferentes sustituyentes de las antocianinas con su respectivo color en el espectro visible. Tomado de: Gloria Garzón. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>

La tonalidad de las antocianinas depende de la cantidad y la orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo en la estructura de la molécula. Si hay un mayor número de hidroxilaciones entonces la coloración de la antocianina va a ser azulada, mientras que si existen más metoxilaciones entonces se producirán tonalidades más rojizas.

Naturalmente, las antocianinas siempre muestran sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 como mono, di o trisacáridos, que como consecuencia traen un aumento en su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se pueden encontrar la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Por otra parte, en la estructura también se puede dar otra variación, la cual es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula a través de ácidos orgánicos, estos pueden ser alifáticos como por ejemplo malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o pueden ser aromáticos, tales como cafeico, ferúlico, p-coumarico, sinápico, gálico o p-hidroxibenzoico. A partir de estos sustituyentes tanto glicosídicas como de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas, estas variaciones en la posición 5 conllevan hacia un desplazamiento hacia las tonalidades purpuras en el espectro visible [75].

5.4 Presentaciones de distribución

El tipo de empaquetado para su presentación dependerá del estado en el cual se encuentre el producto final, corresponderá a la forma o aspecto en el cual se dará el alimento al mercado y tendrá en cuenta el material, la forma y la fachada visual.

5.4.1 Líquido

Su presentación viene empacada en recipientes de plástico o de vidrio, para obtener el color deseado se debe aplicar gota a gota en el alimento o tener previamente una medición estipulada, por encontrarse en estado líquido, facilita que el colorante se mezcle eficazmente con el alimento permitiendo un excelente resultado.

5.4.2 Sólido

Su presentación viene empacada en recipientes herméticos o en bolsas de plástico completamente selladas para evitar el colorante se humedezca o la entrada de oxígeno. Esta presentación se considera como la más “pura”, es decir, la más concentrada en color, por lo tanto, no es necesario agregar una gran cantidad de colorante para que el producto obtenga el color deseado y por lo tanto saldría un poco más económico.

5.5 Aplicaciones

Para la elección de alimentos que pueden llegar a ser candidatos para la aplicabilidad del colorante natural, se deben analizar las condiciones en las que se encuentre el alimento y determinar si estas cumplen con el requerimiento de estabilidad de la antocianina.

Cabe aclarar que, debido a la poca información que se precede acerca del efecto de la luz en su durabilidad, para cada uno de los alimentos debe ser analizado y estudiado ese tiempo de vida, es decir, en el momento que se desee hacer uso del colorante natural es necesario permitir al producto un periodo de prueba para determinar el efecto que pueda llegar a tener los rayos UV en su estabilidad, acelerando o por el contrario retardando la fotodegradación de este.

5.5.1 Bebidas

5.5.1.a. Gaseosas: para este tipo de bebidas se rigen unos estándares de condiciones en cuanto a su ambiente interno de preservación, para este caso las bebidas gasificadas poseen una estabilidad de pH en niveles ácidos aproximadamente de 2.5 [76], escala la cual se encuentra en el rango óptimo para el coloramiento intenso de las antocianinas, debido a que el producto final puede permanecer a temperatura ambiente o en refrigeración, contribuye a la estabilidad del color y permanencia del mismo. Por otra parte, posee ausencia de enzimas a razón de que no es un compuesto biológico, e igualmente carece de ácido ascórbico, es decir, vitamina C, lo que implica que los efectos por alguna de las anteriores razones, en la variabilidad de tu estabilidad no se presentaran [77].

5.5.1.b. Lácteos: dentro de los derivados lácteos que requieren de una tinción para su comercialización y agradable visualización, se encuentran una pequeña variedad de quesos artesanales, y amplia gama de yogures y helados. Por proceder de un mamífero el contenido de ácido ascórbico en cualquiera de sus presentaciones de derivados es nula, a su vez los productos finales tienen a ser empacados al vacío o en total ausencia de oxígeno para evitar su oxidación y posterior descomposición, por ende, son aspectos que no se van a considerar en cuanto a su influencia.

Para el primer producto derivado correspondiente al queso, en promedio la mayoría de estos comestibles poseen un pH entre 5.1 a 5.9 [78], cumpliendo con el rango necesario para la presencia del color, durante la producción de queso se hace uso de un complejo enzimático natural que proviene de los mamíferos rumiantes, se conoce como cuajo o renina y está compuesta principalmente de peptidasa [79], es decir que, debido a que son el único compuesto existente no generará ninguna alteración en la estabilidad por posibles reacciones. Como el alimento debe ser conservado a bajas temperaturas para preservar su tiempo de vida por descomposición, permitirá a su vez preservar el color de tinción.

En cuanto al yogur posee un rango de pH entre 4.0 a 4.6 [80], lo que permite el uso del colorante natural en este alimento sin la posibilidad de cambios o ausencia del color, en cuanto a la presencia de enzimas, durante su fermentación los únicos compuestos presentes corresponden a deshidrogenasa láctica y piruvato decarboxilasa [81], que no reaccionan negativamente con el colorante y por ende el color permanecerá constante durante su aplicación, finalmente por la necesidad de refrigerar el producto final para mantener su conservación contribuirá a la presencia del tinte.

Por último, el helado se encuentra en condiciones de pH entre los 6.3 a 6.5 [82], condiciones que siguen estando en el rango necesario, sin embargo, cabe aclarar que entre más cercano sea el valor al neutro, es decir, una equivalencia a 7, la tinción del colorante será aún poco menos fuerte y tendrá una tendencia a tonalidades más claras. El helado posee en su composición enzimas de lactasa que ayudan a la fácil digestión del alimento en el organismo hidrolizando los azúcares de la leche [83], no obstante, no reaccionan de forma negativa permitiendo el color deseado, por último, gracias a las bajas temperaturas a las que se encuentra el helado ayuda a la presencia del color de manera intensificada.

5.5.1.c. Jugos industrializados: en esta categoría entran todas las sustancias líquidas extraídas de las frutas, que llevan un procesamiento industrial generando una pérdida de sus propiedades nutricionales en gran medida y que a su vez prolongan su conservación. En base a lo anterior es posible obtener zumo de prácticamente cualquier fruta y el pH del producto final varía según la materia prima seleccionada.

Tabla 19.*Listado de jugos industrializados y su correspondiente valor de pH*

Bebida	Ph	Autor/año
Coca cola regular ®	2.5	Khamverdi Z, et al, Jensdottir T, et al, Aykut Yetkiner, et al, Singh S, Jindal R, Moreno R, et al.
Coca cola light ®	2.08	Khamverdi Z, et al, Moreno R, et al, Assayag y de Oliveira.
Coca cola Zero ®	2.85	Assayag y de Oliveira
Pepsi light ®	2.84	Assayag y de Oliveira
Sprite ®	2.65	Aykut Yetkiner, et al
Fanta ®	3.46	Singh S, Jindal R, Moreno R, et al.
Jugo de Naranja	3.5	Jensdottir T, et al, Aykut Yetkiner, et al. Nirmala.
Jugo de Limon	2.91	Singh S, Jindal R, Assayag y de Oliveira.
Jugo de granada	4.47	Sabyasachi S, et al, Nirmala .
Jugo de guayaba	3.10	Sabyasachi S, et al.
Jugo de manzana	3.3	Sabyasachi S, et al.
Jugo de mousambi	3.93	Nirmala.
Jugo de mango	4.60	Nirmala.
Jugo de sandia	4.24	Nirmala.
Jugo de piña	4.16	Nirmala.
Jugo de uva	3.47	Nirmala, Maximo B, et al.
Jugo de caña	4.60	Nirmala
Jugo de manzana envasado	3.78	Singh S, Jindal R. Moreno R, et al.
Jugo de piña envasado	4.16	Singh S, Jindal R.
Jugo de naranja envasado	3.96	Singh S, Jindal R, De Melo M, et al.
Jugo de maracuya envasado	2.96	Assayag y de Oliveira, Maximo B, et al.
Jugo de uva envasado	2.78	Assayag y de Oliveira.
Jugo de melocoton envasado	3.77	Assayag y de Oliveira.
Batido de frutas	-	Blacker S, Chadwick R.

Nota. La imagen presenta un listado de diferentes bebidas refrescantes, incluyendo los jugos de frutas industrializados y su equivalente pH. Tomado de: Camilo Ruilova, Diana León, Lidia Tay Chu Jon. Potencial erosivo de jugos naturales, jugos industrializados y gaseosas. <http://www.scielo.org.pe/pdf/reh/v28n1/a07v28n1.pdf>

De manera que, según la fruta a utilizar se determinará si el colorante es apto o no para su durabilidad y correcta tinción, los factores no se reducen únicamente al pH, sino

también las propiedades nutricionales de cada una de las frutas como el contenido de enzimas y ácido ascórbico. No obstante, la conservación de estos productos tiende a ser a no más de temperaturas superiores al ambiente y a su vez en refrigeración, de modo que ayudara a la permanencia del color en la bebida.

5.5.2 Comestibles

5.5.2.a. Cereales: para esta categoría se encuentran todos lo empaquetados que se comercializan para el acompañamiento en desayunos, muchos de estos productos se dirigen a la población infantil y por ende requieren de un atractivo visual por medio de los colores. Gracias a su variedad, el valor del pH va a ser específico según su materia prima a utilizar.

Tabla 20.

Listado de cereales y su correspondiente pH

Cuadro 3. Alimentos industrializados administrados durante el primer año de vida.									
Verduras		Frutas		Jugos		Cereales		Productos de origen animal	
Producto	pH	Producto	pH	Producto	pH	Producto	pH	Producto	pH
Zanahoria	4.85	Papaya	3.32	Néctar de manzana	3.19	Pan blanco	5.4	Queso crema	4.72
Ejote	4.84	Guayaba	3.34	Manzana	3.23	Suplemento de animales	6.16	Queso Oaxaca	5.10
Chayote	5.22	Ciruela	3.50	Uva	3.26	Cuatro granos	6.20	Queso mozzarella	5.11
		Manzana	3.51	Durazno	3.42	Avena	6.24	Queso cottage	5.27
		Pera	3.56	Verduras	3.45	Arroz	6.26	Queso gouda	5.62
		Chabacano	3.62	Néctar de pera	3.47	Trigo	6.53	Queso manchego	5.75
		Mango	3.72	Tomate	3.57	Galletas de trigo	7.95	Queso panela	6.18
		Plátano	4.01						

Nota. La tabla muestra un listado de diferentes tipos de cereales y su equivalencia de pH. Tomado de: Pablo Casaubon, Priscilla Lamshing, Fernando Isoard, y otro. pH de los alimentos: ¿una herramienta para el manejo de los pacientes con reflujo gastroesofágico?. <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2018/sp183c.pdf>

Al igual que los jugos industrializados, el valor del pH, el tipo de enzimas y la cantidad de ácido ascórbico estará relacionado a la materia prima para la producción del cereal, asimismo dependerá la aplicabilidad del colorante y su estabilidad. Por otro lado, debido a que es un producto que se mantiene a temperatura ambiente, no repercutirá en su coloración, sin embargo, el efecto del oxígeno es un aspecto importante a considerar debido al tiempo en el cual dura el consumo del alimento, es decir, el colorante natural es sensible a la presencia constante de oxígeno, por tanto, la mejor alternativa de aplicabilidad es para aquellas presentaciones de producto en el cual posea un gramaje pequeño y sea de consumo inmediato, evitando la posible decoloración o cambio de color con el paso del tiempo.

5.5.2.b. Panadería: aunque muchas de sus propiedades cumplen las necesidades que requiere el colorante para mantener el color, como lo es el pH que se mantiene a un aproximado de 5 y posterior al horneado su envejecimiento acidifica aún más el ambiente [84], la temperatura es sin lugar a duda un factor muy importante a tener en cuenta, debido que la tonalidad del color se va ver afecta a elevadas temperatura pero solo si esta temperatura es prolongada, de lo contrario con cambios de temperatura relativamente bruscos permitirá una mejor fijación en la masa dando un color más intenso. Además, cuenta con enzimas que no generan reacciones adversas con el colorante, durante su procesamiento resultan amilasas, proteasas, hemicelulasas y lipasas, que son productos auxiliares para su elaboración [85]. Cabe aclarar que para que este colorante se logre utilizar correctamente, la masa de panadería debe tener como requisito la ausencia de ácido ascórbico en su composición, y a su vez el producto final debe consumirse en el menor tiempo posible para que no genere ninguna decoloración a causa de la oxidación por oxígeno.

5.5.2.c. Golosinas: son aquellos productos que contienen azúcar y proporcionan al cuerpo gran cantidad de calorías, por lo tanto, son una gran fuente de energía, entre ellos están los bombones, caramelos, gomitas, chicles, chocolatinas. El pH de estos productos varía dependiendo del producto del que se esté tratando, pero generalmente presentan un pH ácido, por lo cual el colorante de antocianinas no va a presentar

inconvenientes debido a este factor. En cuanto a la utilización de enzimas en las golosinas no son de uso general, hay algunos productos como algunas gomitas que cuentan con enzimas digestivas, estas sustancias son de naturaleza proteica y actúan de manera específica sobre cada uno de los nutrientes de los alimentos que pues se puedan aprovechar a nivel celular [86], pero como tal no interfieren en la estabilidad del colorante en el alimento.

Además, con el ácido ascórbico sucede algo similar, es decisión del productor de golosinas agregar o no este componente, en el caso de que no contenga este tipo de sustancia entonces si sería apto para aplicarle un colorante de antocianina, por el contrario, si se agrega una gran cantidad de ácido ascórbico, como por ejemplo en las gomitas de vitamina C, esto si afectaría la estabilidad y por tanto la tonalidad final del colorante, por lo que si se quiere producir golosinas con alto contenido de este ácido entonces no sería un buen candidato para utilizar el colorante de antocianina.

El almacenamiento de este alimento se debe hacer en un empaque totalmente sellado por lo que no sufrirá ninguna afectación por parte del oxígeno y además se almacena a temperatura ambiente factor que es muy importante para evitar la pérdida del color por culpa de temperaturas elevadas. Por consiguiente, las golosinas si serian un buen candidato para el uso de este tipo de colorante, solo con la única excepción de que el producto no contenga gran cantidad de ácido ascórbico.

5.5.2.d. Cárnicos: los productos cárnicos son todos aquellos alimentos preparados, total o parcialmente con carnes, despojos, grasas y subproductos comestibles que tienen origen animal [87]. Estos productos se pueden distinguir en diferentes grupos como: los productos cárnicos frescos y adobados y los productos curados como jamones, paletas y embutidos curados. Los productos cárnicos en promedio presentan un pH entre 5.5 a 5.8 [88], valores los cuales son óptimos para la buena estabilidad del colorante. En la producción de productos cárnicos es muy usada un enzima llamada transglutaminasa, la cual tiene como fin la capacidad de mejorar las características

funcionales de la proteína, como la textura, el sabor y la vida útil [89], este tipo de enzima utilizada no generará ningún inconveniente a la hora de usar las antocianinas.

La conservación de este tipo de alimento debe ser a bajas y además debe ser sellado herméticamente, esto para inhibir la proliferación de microorganismos y la pronta oxidación del producto cárnico, por lo tanto, esto beneficia a la buena estabilidad del colorante y a la no pérdida del color debido a que no se manejan altas temperaturas. En cuanto al contenido de ácido ascórbico de los productos cárnicos las cantidades normalmente que se le añaden son de 0.03 a 0.005% [90], es una pequeña cantidad, pero esto podría ser un problema para la fijación del colorante, por esta razón, no sería un buen candidato para la coloración con antocianinas.

5.5.3 Cosméticos

Las grandes empresas con la nueva tendencia a cosmética ecológica son conscientes de la cantidad de beneficios que traen estos principios activos, dentro de sus formulaciones utilizan estos extractos naturales para aumentar la calidad del producto. Dentro de las aplicabilidades en esta área se derivan las siguientes.

5.5.3.a. Crema humectante: se hace uso del colorante natural no solo por la tonalidad que puedas llegar a proporcionar, sino por las propiedades físicoquímicas que posee en su composición, las antocianinas son muy apetecidas en este sector cosmético debido a su poder antioxidante que estimula la circulación, aumentando la llegada del oxígeno y sus nutrientes a las células, dando un resultado visual de vida y salud. También cumple un papel de acción reafirmante, debido a que estabiliza la matriz del colágeno inhibiendo las enzimas elastasas y colagenasas, a vez evita la aparición de manchas en la piel y cumple un papel importante para disminuir la hinchazón de extremidades como edemas [91].

5.5.3.b. Crema exfoliante: por sus propiedades antioxidantes, el conjunto de antocianinas y crema exfoliantes enriquece la textura de la piel, eliminando su brillo y proporcionando un aspecto juvenil y brillante. En el mercado es posible encontrar este

producto con su etiquetado correspondiente que confirma la calidad y seguridad de este para el uso en la piel [91].

Figura 42.

Crema exfoliante con contenido de antocianinas



Nota. La ilustración presenta una crema exfoliante en el mercado totalmente vegana y con contenido de antocianinas. Tomado de: Delizioso natural and vegan skincare. Anthocyanin Creme Scrub. <https://www.deliziososkincare.com/anthocyanin-creme-scrub/>

5.5.3.c. Cuidado capilar: para esta sección se han desarrollado productos para la limpieza y cuidado del cuero cabelludo, en el mercado se conocen como champú. Según la publicación en la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de

Carabobo, titulada “Desarrollo de un producto cosmético utilizando un pigmento natural extraído de la fruta *Syzygium Cumini* (L) Skeels. (PESJUA)”, muestra la posibilidad de sustituir el colorante artificial por uno totalmente natural a base de antocianinas, para la elaboración de un champú. Según los resultados obtenidos, muestra que el ambiente del producto es totalmente óptimo para preservar su color, finalizando con un pH de 3.75, y afirma que la temperatura de este son factores que influyen en su estabilidad, siendo la temperatura mayor que el efecto del pH.

Tabla 21.

Características fisicoquímicas del champú elaborado con colorante de pesgua

Característica	Especificación COVENIN 2008:1997	Resultado
pH	3,4-8,0	3,75
Densidad ($\rho \pm 0,00002$) g/mL	-	0,96220
Viscosidad absoluta ($Vis_{abs} \pm 100$) Cp	-	8100
%p/p de la acidez libre expresada en HCl (%p/p _{AL} $\pm 0,00004$)%	0,00-0,03	0,14260
%p/p del agente tensoactivo aniónico libre (%p/p _(A.Tenso) $\pm 0,002$)%	6,0	2,840

Nota. La tabla muestra el resultado de las propiedades fisicoquímicas del champú elaborado con colorante de pesgua. Tomado de: María León, Yurubi Surumay, Germania Marquina, y otro. Desarrollo de un producto cosmético utilizando un pigmento natural extraído de la fruta *Syzygium Cumini* (L) Skeels. (PESJUA). <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v30n1/art13.pdf>

El producto final que se comercializa tiene propiedades beneficiosas para el cabello y cuero cabelludo como el mejoramiento de la fragilidad capilar, al ser rico en flavonoles contribuye a la acción reafirmante, a su vez es hipoalergénico evitando irritación y cuenta con una excelente capacidad antioxidante [91].

Figura 43.

Champú con contenido anticanónico

Vitalizing hair and scalp with 7-berries ingredient.

Anthocyanin Aminoberry Shampoo

1000ml 33.81FL.OZ.

- ✓ Anti-oxidant effect by Anthocyanin
- ✓ Weak acidity Shampoo
- ✓ Abundant bubble and Cleansing power
- ✓ Nature Sulfate
- ✓ Protecting hair protein and coloring



Nota. La imagen muestra un producto cosmético (champú) comercializado en el mercado de Corea del Sur. Tomado de: TradeKorea. Beauty and Personal Care.

<https://www.tradekorea.com/product/detail/P765477/Sarangsae-Anthocyanin-Aminoberry-Shampoo.html>

5.5.3.d. Tinte para cabello. Dentro de los productos destinados para el cabello se encuentran los tintes que le otorgan un color diferente al natural, en este caso existe la aplicabilidad del colorante natural para la tinción del cabello, el producto se elabora y comercializa en Corea del Sur y es totalmente natural, posee un protocolo establecido para su correcta aplicación y posterior absorción de propiedades.

Figura 44.

Tinte para cabello en presentación de



Nota. La imagen ilustra el tinte en gel para el cabello. Tomado de: Pur Pur Beauty Shop. Гель-краска для волос Anthocyanin Second Edition R00 Black Rose 230 г.

<https://purpur.shop/p60166/>

5.5.4 Farmacéutica

Suplementos alimenticios. Estos se tratan de cualquier sustancia que se consume que contenga propiedades benéficas para mejorar la salud o el bienestar, incluyen vitaminas y minerales. Se encuentran generalmente en forma de píldoras o de capsulas, también se encuentran en polvo, bebidas y alimentos. Existen ya diferentes suplementos alimenticios obtenidos a partir de antocianinas, brindándoles al producto no solo el color sino además las propiedades benéficas del extracto, como por ejemplo

su efecto antioxidante, ayuda a reforzar el sistema cardiovascular, propiedades anticancerígenas, protección de los capilares de la retina, entre otros beneficios[92].

Algunos de estos suplementos alimenticios a partir de antocianina se describen a continuación.

5.5.4.a. Kiwi Superfoods – Extracto de piel de grosella: Es un suplemento dietario que favorece a la salud ocular y la visión en general, mejora la función y la salud del cerebro y mejora los tiempos de recuperación muscular. Igualmente puede ayudar a mejorar la circulación, disminuir la presión arterial y la salud intestinal [93]; y además le da el color morado oscuro al producto como se muestra a continuación

Figura 45.

*Extracto de piel de grosella
negra*



Nota. Esta imagen muestra el suplemento dietario a partir del extracto de piel de grosella negra. Tomado de: Kiwi Superfoods. El extracto de piel de grosella negra de Kiwi Superfoods. <https://kiwisfs.com/products/blackcurrant-skin-extract>.

5.5.4.b. Pharberry AB – Bilberry sweden: Son comprimidos masticables y contienen muy pocos aditivos, son buenas para ancianos y niños. Las tabletas contienen todo el extracto de arándano, por lo que están llenas de antocianinas naturales, así como multivitaminas, minerales y aminoácidos. Este suplemento se ha vendido muy bien desde el 2009 en Japón, el mercado de suplementos oculares más grande del mundo [94].

Figura 46.

Tableta masticable Bilberry sweden



Nota. En la imagen se muestra un suplemento alimenticio en forma de tabletas masticables a partir del extracto de arándano. Tomado de: EC21. Bilberry Whold Food Supplement Anthocyanin Tablet. <https://www.ec21.com/product-details/Bilberry-Whold-Food-Supplement-Anthocyanin--8758657.html>

5.5.4.c. Brand's – Antocianinas de grosella negra con Luteína. Comprimidos que combinan tres antioxidantes naturales: antocianinas de grosella negra, ya que son antioxidantes que ayudan a reducir el estrés oxidativo, luteína de las flores de caléndula, las cuales absorben la luz azul y reduce su intensidad hasta en un 90% y

zeaxantina del pimentón que ayuda a mantener los ojos sanos, todo esto para contribuir a la nutrición total de la salud ocular [95].

Figura 47.

Comprimidos de grosella negra con luteína



Nota. En la imagen se observa el producto que contiene los comprimidos de antocianinas de grosella negra con luteína. Brand's. Blackcurrant Anthocyanins with Lutein.

<https://store.brandsworld.com.sg/Products/By-Product-Range/BRAND%E2%80%99S%C2%AE-Health-Supplements-Range/Blackcurrant-Anthocyanins-with-Lutein-60-Tablets/p/00000000014005143>

5.5.4.d. Granatum – Anthocyanins plus: Es un complemento alimenticio a base de zumo de arándano concentrado y extracto de arándano cultivado en España, viene en

presentación en polvo en 30 sobres y cada sobre aporta la dosis recomendada al día de antocianinas de 35 mg, los cuales contribuyen con todas las propiedades benéficas del extracto [96].

Figura 48.

Anthocyanins plus



Nota. La imagen muestra el producto Antocianina plus y su presentación en sobres de 20 gr. Granatum.

Antocianinas plus.

<https://granatumplus.com/antocianinas-plus/>

5.5.4.e. Purify Life – Sambucus Elderberry syrup: El jarabe de sauco es un suplemento natural y vegano, el cual es usado para fortalecer el sistema inmunológico para combatir los síntomas de resfriados. Es una fruta rica en flavonoides, especialmente antocianinas que son las encargadas de mantener el sistema inmunológico fuerte y resistente, debido a sus propiedades antioxidantes. Su presentación es líquida y se puede disfrutar en cucharadas o agregando este jarabe a algunos batidos, además es apto tanto para niños como para personas de la tercera edad [97].

Figura 49.

Jarabe de sauco



Nota. En la imagen se observa el producto Sambucus Elderberry syrup y su característica coloración morada gracias a la antocianina. Tomado de: Walmart. Jarabe de saúco para niños y adultos. <https://www.walmart.com/ip/Elderberry-Syrup/546962531>

5.5.4.f. Bill natural sources – Natural Wild blueberry: Tabletas masticables las cuales ayudan a mejorar la vista, ayudan a mantener un nivel saludable de lípidos y glucosa en la sangre, puede mejorar la memoria y restaura las funciones neuronales, proporciona beneficios antioxidantes, ya que contiene más de esta sustancia que cualquier otra fruta o verdura fresca, esto gracias a que se compone principalmente por antocianina. Estos antioxidantes neutralizan los radicales libres que pueden provocar algunas enfermedades. También se compone de pterostilbeno, el cual es mantiene los niveles saludables de glucosa en la sangre[98].

Figura 50.

Natural Wild Blueberry



Nota. En la imagen se observa las tabletas masticables Natural Wild Blueberry y el característico color morado del extracto de antocianina. Tomado de: Amazon. Bill fuentes naturales Natural Wild Blueberry. <https://www.amazon.com/-/es/fuentes-naturales-Blueberry-90-tabletas-masticables/dp/B06XJWV33Y>

5.5.5 Otras aplicaciones

5.5.5.a. Industria textil: En un estudio realizado en China se realizó una investigación acerca del teñido de seda con extracto de tintes de antocianina que fueron obtenidas a partir de la fruta *Liriope platyphylla*, en donde en primera instancia realiza un estudio de los colores primarios de los extractos y las características del color de los extractos a diferentes condiciones de pH. Se encontraron que en la muestra existían nueve tipos de antocianinas por medio de una cromatografía HPLC. Del contenido total se encontró que el 91.72% están relacionadas con la delfinidina, la petumnidina y los derivados de malvidina. El colorante presentó una tonalidad rojiza en condiciones ácidas y

tonalidades amarillas en condiciones alcalinas. Los extractos con los que se tiñó la seda mostraron diferentes colores bajo diferentes condiciones de pH, presentando tonalidades entre púrpura, azul, verde y amarillo, Sin embargo, estas coloraciones en la seda fueron bastante claras y la tasa de teñido de igual manera fue baja [99]. Por lo tanto, la aplicación de pigmentos de antocianina en los textiles no sería de gran utilidad.

Figura 51.

Tonalidades obtenidas del extracto de Liriope platyphylla



Nota. En la imagen se observan las distintas tonalidades que se obtuvieron al teñir la tela de seda a diferentes condiciones de pH. Tomado de: Huayin Wang, Ping Li y Wenlong Zhou. Dyeing of Silk with Anthocyanins Dyes Extract from *Liriope platyphylla* Fruits.

https://www.researchgate.net/publication/275067590_Dyeing_of_Silk_with_Anthocyanins_Dyes_Extract_from_Liriope_platyphylla_Fruits

6. DESARROLLAR LA INGENIERÍA CONCEPTUAL DE LA PRODUCCIÓN DEL EXTRACTO

La obtención de extracto de diversas frutas comúnmente se obtiene y se realiza a escala laboratorio, es por esto que la propuesta a escala industrial implica una oferta con valor agregado, para ello se logrará llevar a cabo con ayuda de bibliografía.

Primeramente, para esta propuesta a escala industrial se decidió tomar como materia prima para la producción del colorante de antocianina el fruto silvestre agraz como referencia para realizar todo el proceso, debido a que es uno de los frutos silvestres con más contenido de antocianina, teniendo un valor de 558 mg por cada 100g de producto fresco. La materia prima para utilizar no solo será la fruta fresca, sino que además se utilizarán residuos agroindustriales de industrias productoras de jugos o pulpas, específicamente de frutos rojos, ya que es donde se encuentra este tipo de fruto silvestre, cabe aclarar que estos residuos son una mezcla de frutos como fresa, mora, entre otros, pero esto no traerá ningún problema a la hora de extraer el colorante ya que todas estas frutas contienen antocianinas.

Este residuo agroindustrial se puede obtener de empresas como Glacial, la cual es una empresa dedicada a la producción de gaseosas y jugos industrializados (Figura 52) ubicada en la Mariquita, Tolima[100] o también de otra industria colombiana llamada Alimentarte Food Service, la cual es una empresa productora y comercializadora de jugos naturales (Figura 53) y pulpas de frutas (Figura 54), ubicada en la Bogotá, en el sector de Barrios Unidos[101].

Figura 52.

Bebidas de frutos rojos marca Fruttsi



Nota. La imagen representa las dos presentaciones del jugo industrializado producido por la empresa Glacial, la cual contiene frutos rojos como mora, fresa y arándanos. Tomado de: Glacial. Refrescos de agua. <http://glacial.com.co/categoria-producto/refrescos/>

Figura 53.

Jugos naturales marca Alimentarte



Nota. En la imagen se muestran los diferentes sabores de jugos producidos por la marca Alimentarte en donde se incluye el sabor de frutos rojos. Tomado de: Alimentarte. Catálogo. <https://alimentartefoodservice.com/catalogo/>

Figura 54.

Pulpa de frutos rojos marca Alimentarte



Nota. En la imagen se muestra la pulpa de frutos rojos, el cual contiene frutas como mora, fresa y arándanos producido por la marca Alimentarte. Tomado de: Alimentarte. Catálogo. <https://alimentartefoodservice.com/catalogo/>

El procedimiento de caracterización de la fruta difiere directamente en la fruta silvestre a utilizar, es decir, en el caso es que el fruto sea conocido y exista una información previa, para ahorrar gastos es recomendable que se adquiera directamente en una base de datos de una empresa que disponga de esta información, de lo contrario, se debe hacer el procedimiento de caracterización en el laboratorio, el cual se debe desarrollar de la siguiente manera.

6.1 Caracterización

Este procedimiento se efectuará en el laboratorio dependiendo del fruto del cual se vaya a obtener el extracto, es decir, en la medida en que la materia prima sea desconocida y no estén ya estandarizados las propiedades fisicoquímicas, es necesario realizar lo siguiente, de lo contrario es posible comprar la información en una base de datos de alguna entidad que ya haya realizado previamente el proceso de caracterización.

6.1.1. Determinación de la masa

Se lleva a cabo midiendo en una balanza de precisión en la cual se debe pesar cada uno de los frutos del total de la muestra para finalmente aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación1.

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots X_n}{n}$$

6.1.1 Tamaño e índice de esfericidad

Ya que se determina a partir del diámetro y dimensiones de este, se hace uso de un calibrador hopex para medir la magnitud menor, intermedia y mayor perpendicularmente entre ellas.

6.1.2 Volumen

Se emplea el principio físico de desplazamiento de un líquido, para ello se utiliza una probeta con un volumen de agua conocido y se introducen las piezas de fruta para finalmente determinar la diferencia volumétrica.

6.1.3 Densidad

En baso a los cálculos obtenidos anteriormente se debe aplicar la siguiente fórmula:

Ecuación 2.

$$d = \frac{m}{v}$$

6.1.4 Firmeza o dureza

Para determinar la consistencia de la fruta se hace uso de un penetrómetro.

6.1.5 Concentración de iones hidrogeno (pH)

Se utiliza un pHmetro introduciendo su punta en la pulpa del fruto hasta que la lectura se estabilice, posteriormente antes de proseguir con la siguiente muestra se debe lavar con abundante agua destilada.

6.1.6 Acidez

Se efectúa a través de la neutralización de la acidez libre total con ayuda de una solución 0,1 N de hidróxido de sodio (NaOH). Para ello se adiciona un indicador coloreado como la fenolftaleína a un total de 2 a 3 gotas, en la titulación se adiciona gota a gota la solución base y finaliza hasta que se presente una tonalidad de color rosado, en base a los resultados se emplea la siguiente fórmula:

Ecuación 3.

$$\%Acidez = \frac{ml\ NaOH * N\ NaOH * meq.\ acido}{ml\ muestra\ titulada} * 100$$

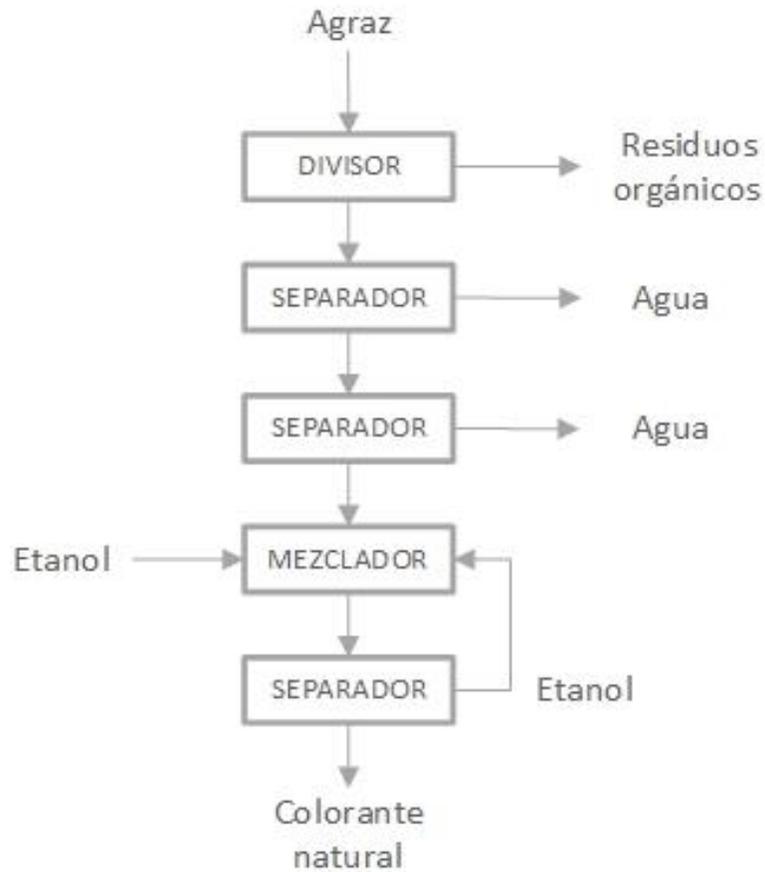
6.1.7 Sólidos solubles totales (SST)

Se realiza una maceración de la muestra retirando previamente la cáscara hasta obtener una consistencia coloidal, se lleva al equipo denominado refractómetro el cual cuantifica la cantidad SST que directamente significa la cantidad de azúcar presente en el fluido y determinará el valor de °Brix.

Hecho lo anterior, se puede proseguir con un bosquejo del proceso industrial por medio de un diagrama de bloques que expresa el proceso por medio de etapas básicas:

Figura 55.

Diagrama de bloques del proceso (BFD) para la obtención de extracto natural



Nota. La imagen describe por medio de un diagrama BDF el proceso de producción industrial de colorante natural.

En base al diagrama, el proceso industrial cumple con las siguientes etapas de desarrollo que están expuestas más detalladamente a continuación:

6.2 Selección

El fruto ingresará luego de llegar en camiones de carga, luego serán suministrados directamente a una banda transportadora que permitirá el movimiento de la fruta paulatinamente. Manualmente el personal de procesamiento (operador) seleccionará

los frutos que se encuentren fuera de las condiciones normales, es decir, retirarán aquellas que se encuentren magulladas, espichadas, verdes y todas las que estén por fuera de las condiciones exactas de madurez.

Figura 56.

Banda transportadora industrial para la selección de fruta



Nota. La imagen representa una banda transportadora para uso industrial. Tomado de: Conbeltgroup. ¿Cómo funciona la banda transportadora EXWILL?. <https://conbeltgroup.com.pe/como-funciona-la-banda-transportadora-exwill/>

Debido a que los residuos en esta etapa son netamente orgánicos y que no tienen ningún procesamiento, es posible dirigirlos a compostaje, con el fin de aumentar el contenido de nutrientes de la tierra para así ser aprovechados por las plantas, esto permite obtener una tierra estable para uso agrícola, contribuyendo a la reducción de materia orgánica que comúnmente va a parar en los rellenos sanitarios, disminuyendo el uso de fertilizante inorgánicos y a su vez aportando gran cantidad de nutrientes que necesitan las plantas para su desarrollo natural aumentando su productividad, además de disminuir costos en su manipulación ya que su transporte es innecesario[102].

6.3 Desinfección

Posteriormente se debe obtener una materia prima totalmente limpia y desinfectada, es por esto que el fruto seleccionado y la corriente de residuos agroindustriales, la cual ha sido previamente recolectada y transportada hacia la planta, deben ser cargadas al autoclave, el equipo opera a elevadas temperaturas cercanas a los 120°C y presión interna un poco por encima de la presión atmosférica, el recipiente posee paredes gruesas con cierre hermético para trabajar fácilmente con vapor de agua con la finalidad de esterilizar y erradicar todo rastro bacteriano, que será desintegrado permitiendo controlar la inocuidad del proceso.

Figura 57.

Autoclave de uso industrial



Nota. La figura muestra el equipo de una autoclave de uso industrial. Tomado de: Olymspan. Autoclave industrial del caucho/madera del equipo en grande del vapor Φ 1.65m. <http://spanish.aac-autoclave.com/sale-1000050-rubber-wood-industrial-autoclave-of-large-scale-steam-equipment-1-65m.html>

6.4 Secado

Para realizar un correcto proceso de secado, es importante tener en cuenta las propiedades del fruto que se tomó como referente para esta propuesta de diseño.

Dentro de la experimentación realizada por Arias, los resultados de la caracterización del fruto fue la siguiente:

Tabla 22.

Caracterización fisicoquímica de la fruta fresca

Parámetro	Unidades	Valor
Componentes próximos		
Humedad ²	g/100 g PF	83,47 ± 3,02
Proteínas ^{3*}	g/100 g PF	0,60 - 0,64
Cenizas ^{3*}	g/100 g PF	0,33 - 0,34
Fibra dietética total ^{***x}	g/100 g PF	2,39
Extracto etéreo ^{3*}	g/100g PF	0,79 ± 0,04
pH ⁴		2,61 ± 0,06
Acidez titulable ⁴	g ácido cítrico/100 g PF	7,72 ± 0,08
Ácidos Galacturónicos ⁴	g/100 g PF	0,52 ± 0,04
Azúcares solubles^{3***x}		
Fructosa	g/100 g PF	4,55 ± 0,06
Glucosa	g/100 g PF	2,96 ± 0,04
Ácidos Orgánicos^{3***x}		
Ácido cítrico	mg/100 g PF	1 185,99 ± 74,53
Ácido málico	mg/100 g PF	451,52 ± 14,96
Minerales^{3***x}		
Ca	mg/100 g PF	26,74 ± 9,37
K	mg/100 g PF	58,49 ± 6,74
Mg	mg/100 g PF	15,13 ± 1,73
Cu	mg/100 g PF	0,06 ± 0,01
Zn	mg/100 g PF	0,84 ± 0,13
Fe	mg/100 g PF	0,49 ± 0,08
Na	mg/100 g PF	1,66 ± 0,05
Componentes antioxidantes		
Vitamina C ^{3***x}	mg/100 g PF	1,27 ± 0,02
β-caroteno ^{3***x}	mg/100 g PF	0,13 ± 0,00
Polifenoles solubles ^{1*}	mg/100 g PF	729,49 ± 112,85
Antocianinas ^{2*}	mg/100 g PF	268,67 ± 33,65

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad y diferentes propiedades del agraz fresco. Tomado de: Jenny Arias. Estudio del efecto de pre-tratamiento en la deshidratación de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) sobre la velocidad de secado y contenido de polifenoles solubles y antocianinas.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5525/1/CD-4623.pdf>

Según lo anterior, el agraz posee un porcentaje de humedad aproximado del 81%, es decir que la etapa de secado debe trabajar de forma correcta debido a que es una fruta con bastante líquido en su composición.

La muestra ya esterilizada se llevará a un proceso de secado por bandejas en secadores tipo industrial, para ello es necesario tener en cuenta las variables que afectan la estabilidad de las antocianinas, es decir, temperatura y flujo de aire que ingresa al proceso, para el primer valor se recomienda trabajar a un rango de 40°C a 50°C debido a que a esta temperatura se degradan en menor cantidad, a su vez un flujo de aire no tan elevado por la presencia de oxígeno en el medio [103]. Posterior a esta etapa, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 23.*Caracterización fisicoquímica de la muestra deshidratada*

Parámetro	Unidades	Fruta deshidratada en estufa	Fruta deshidratada en secador solar híbrido
Componentes próximos			
Humedad ¹	g/100 g PF	5,01 ± 0,71	5,66 ± 0,13
Fibra dietética total*	g/100 g PF	3,83	4,38
Azúcares solubles²			
Fructosa	mg/100 g PF	4,12 ± 0,13	3,83 ± 0,21
Glucosa	mg/100 g PF	2,97 ± 0,11	2,73 ± 0,13
Ácidos Orgánicos²			
Ácido cítrico	mg/100 g PF	1 113,79 ± 38,58	949,57 ± 79,06
Ácido málico	mg/100 g PF	436,45 ± 31,45	417,10 ± 9,80
Minerales²			
Ca	mg/100 g PF	27,53 ± 3,14	26,64 ± 0,41
K	mg/100 g PF	62,30 ± 1,12	52,03 ± 4,83
Mg	mg/100 g PF	17,90 ± 0,64	16,99 ± 0,89
Cu	mg/100 g PF	0,01 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Zn	mg/100 g PF	0,20 ± 0,00	0,18 ± 0,01
Fe	mg/100 g PF	0,40 ± 0,10	0,26 ± 0,04
Na	mg/100 g PF	1,74 ± 0,17	1,69 ± 0,14
Componentes antioxidantes			
Vitamina C ²	mg/100 g PF	0,96 ± 0,01	1,19 ± 0,04
Polifenoles solubles ¹	mg/100 g PF	960,72 ± 8,69	960,69 ± 33,74
Antocianinas ¹	mg/100 g PF	439,56 ± 10,93	396,21 ± 6,25

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad y diferentes propiedades del agraz deshidratado. Tomado de: Jenny Arias. Estudio del efecto de pre-tratamiento en la deshidratación de mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) sobre la velocidad de secado y contenido de polifenoles solubles y antocianinas. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5525/1/CD-4623.pdf>

Se pretende obtener resultados semejantes durante el secado, finalmente, el fruto seco posee un aproximado de 5.5% de humedad, valor el cual permitirá que el liofilizador no requiera de un exceso de trabajo para tener un total de humedad del 2%, esto significa que se reduce el tiempo de deshidratación, el cual se verá evidenciado directamente en los gastos económicos de consumo de energía[103].

Figura 58.

Secador de uso industrial



Nota. La imagen muestra un secador industrial. Tomado de: Alibaba.com. Industrial fruit drying furnace/food drying chamber/meat fish drying oven. <https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-fruit-drying-furnace-food-drying-chamber-meat-fish-drying-oven-60028544849.html>

6.5 Congelación

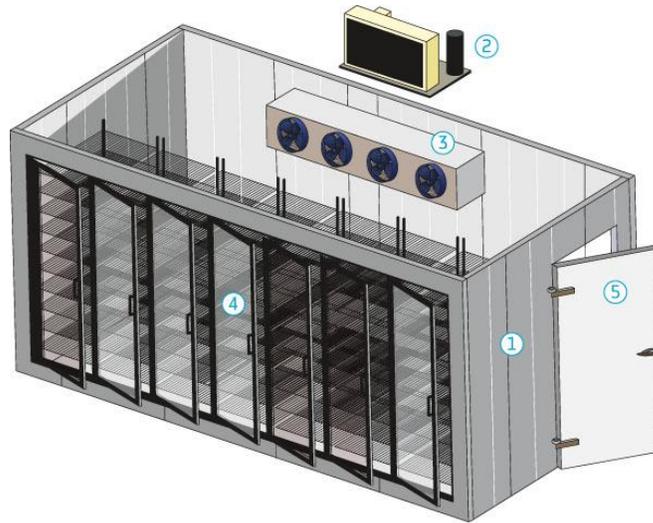
Se debe realizar un previo acondicionamiento de la muestra para la siguiente etapa con la finalidad de evitar un mayor trabajo en el liofilizador y más fácil deshidratación, además de evitar su oxidación y daño acelerado.

Las bandejas procedentes de la etapa anterior, deben ser desplazadas a cámaras de refrigeración que usan en su sistema de enfriamiento el gas conocido como dióxido de carbono (CO₂), para una producción a gran escala la mejor alternativa es cambiar electrodomésticos de congelación por habitaciones especializadas, esto debido a que el consumo de energía de refrigeradores es bastante elevado que pueden llegar a contribuir al 50% del consumo total, sin embargo, el uso de cámaras especializadas alcanzan un ahorro energético que equivale al 45% frente a los sistemas convencionales, además el dióxido de carbono por ser un refrigerante natural, no se suma al cambio climático debido a que no daña la capa de ozono y reduce el impacto ambiental; es el indicado para usar en la industria alimentaria puesto a que no es inflamable ni tóxico y conjuntamente posee la capacidad de alcanzar y mantener temperaturas de alrededor de -40°C, además el precio en el mercado es menor que la mayoría de los refrigerantes comúnmente usados [104].

Una congelación acelerada será la mejor opción para poder evitar que se formen grandes cristales de hielo que entorpezcan el siguiente proceso.

Figura 59.

Congelador para uso industrial



Nota. La imagen representa una cabina de congelación para uso industrial, donde (1) paneles aislados, (2) unidades condensadoras, (3) unidades de evaporación, (4) puertas de exhibición y (5) puertas de acceso. Tomado de: José Chapa. Ahorrar energía en cámaras de refrigeración. <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/02/ahorrar-energia-en-camaras-de-refrigeracion/>

6.6 Liofilización

Con este proceso se pretende retirar la mayor cantidad de presencia de agua, restando tan solo el 2%, por medio de la sublimación, a presión reducida, de las partículas de hielo que anteriormente ya se han formado en el congelador. La decisión de agregar al proceso industrial la etapa de liofilización, es debido a que durante la deshidratación no ocurre ninguna desnaturalización del alimento y que a su vez permite la conservación de aproximadamente un 95% del valor nutricional que el fruto posee, adicional a ello según las pruebas realizadas a nivel laboratorio y los resultados obtenidos, se confirma que, extraer el colorante de una muestra sin contenido de humedad, es decir, con previa liofilización, favorece proporcionalmente.

Figura 60.

Liofilizador para uso industrial



Nota. La imagen representa un equipo de liofilización para uso industrial. Tomado de: Liofilizacion on line. Mi liofilizador de alimentos ideal. <http://www.agro20.com/profiles/blogs/mi-liofilizador-de-alimentos-ideal>

6.7 Molienda

Se realiza un proceso de molienda posterior a la etapa de liofilización debido a que la fruta al ser liofilizada queda totalmente seca y, por lo tanto, quedan en un estado sólido lo que hace más fácil la molienda que si se realizara el mismo procedimiento con la fruta fresca y los residuos de fruta. La elección del equipo de molienda dependerá de varios factores: tamaño de partícula del material de alimentación y el tamaño que se requiere a la salida del proceso, para ellos existen una variedad de opciones, pero que se ajustan fácilmente al procesamiento a escala industrial.

Para realizar este proceso de molienda se puede utilizar un molino de martillos (Figura 61), debido a que su diámetro de orificios es graduable y así mismo su grado de refinamiento, se cuenta con un refinamiento muy fino, fino, medio y grueso, lo que genera una gran aplicabilidad, además es un tipo de molino muy usado en la industria de alimentos y es ideal para utilizar en alimentos sólidos de fácil quebrado como es el

caso de la fruta y residuos de fruta liofilizados. Luego que se termine el proceso de molienda se obtendrá una corriente con sólidos pequeños y homogéneos, los cuales serán transportados a la siguiente etapa del proceso[105].

Figura 61.

Molino de martillos para uso alimenticio



Nota. La imagen representa un molino de martillos utilizado para fragmentar en trozos más pequeños la fruta y residuos de fruta liofilizada. Tomado de: Gemina. Molino de martillos.

https://www.gemina.es/files/catalogue/pdf/21_Molino_Martillo.pdf

6.8 Extracción asistida por microondas

La etapa crucial del proceso equivale a la extracción, el uso de un sistema de microondas industrial es sinceramente la mejor decisión para gran escala, debido a que son procesos que se han llevado a estudios previos en Estados Unidos desde hace varios años y han corroborado su efectividad por medio de resultados. La máquina de extracción posee todos los requerimientos necesarios para una excelente extracción, además de representar un bajo costo para unos resultados inigualables por la rapidez con la que se efectúa, tiende a ser un proceso económico y a su vez el impacto ambiental es prácticamente mínimo en comparación a los otros métodos de extracción

existente, al ser un proceso en el cual se hace uso de ondas de radiación, el requerimiento de un solvente va a ser en muy bajas cantidades e igualmente este será recirculado en el proceso para darle el mayor uso posible [106].

Para la extracción de antocianinas el solvente que mejor se adecua al proceso corresponde al etanol, su constante dieléctrica permite un óptimo calentamiento y a su vez las ondas de microondas interactúan selectivamente con las moléculas de los tejidos, permitiendo la expansión y finalmente, ruptura de las paredes celulares para liberar los pigmentos en el solvente, otra razón corresponde a la polaridad de las moléculas de antocianinas, que tienden a ser más solubles en solventes polares que en los no polares, el etanol posee una elevada polaridad y no es tóxico en comparación al metanol. El equipo permanece cerrado durante su funcionamiento puesto que el disolvente necesita llegar a temperaturas muy elevadas, por encima de su punto de ebullición atmosférica (78.37°C), y en cuanto a la presión, esta dependerá del volumen que se requiera para la extracción y las temperaturas a manejar[107].

Un aspecto positivo que posee el extractor es la posibilidad de tomar muestras para laboratorio durante la ejecución del proceso, lo cual permite llevar a cabo un proceso inteligente en el cual se determinarán los errores de extracción antes y no después de obtener un producto final ya empaquetado, generando así una optimización del incremento de producción y la velocidad a la que se obtiene el producto [106].

Pasado el proceso en el cual la muestra es calentada y procesada, se logra obtener un extracto con la capacidad de dar tonalidad a los alimentos, sin embargo, antes de ser consumible requiere de una purificación.

Figura 62.

Extractor por método asistido por microondas para uso industrial



Nota. La imagen representa un equipo de infusión asistida por microondas para uso industrial. Tomado de: Sairem microondas y radiofrecuencias. Extracción de compuestos asistida por microondas. <https://www.sairem.com/es/solutions-for-food-and-industry/microwave-assisted-compound-extraction/>

6.9 Destilación

El proceso que le precede es la limpieza adecuada del extracto obtenido, es necesaria esta etapa ya que la mezcla homogénea además de tener el solvente en su composición también puede tener trazas de posibles plaguicidas en su tejido. Para ello se realiza un fraccionamiento de la solución en una destilación sencilla que separe los compuestos por medio de su volatilidad, vaporizando y condensando en la parte superior la salida del etanol, finalmente en la parte de los fondos el extracto natural[108].

A la salida de la cuba de destilación estas dos corrientes se dividen, en la cima se recircula la solución etanol – agua, en la cual su composición es en mayor medida el

solvente y en pequeñas trazas el extracto, debe atravesar un condensador para su cambio de estado de gaseoso a líquido y poder mezclarse fácilmente con la corriente de entrada de etanol, por la parte inferior el producto final se obtiene fácilmente gracias a la diferencia de punto de ebullición. Como esta corriente de salida de la parte inferior sale a una temperatura elevada es necesario que el extracto pase a través de un intercambiador de calor para bajar su temperatura y evitar que la antocianina presente en el colorante se vuelva inestable y por el contrario mantenga su color llamativo, intenso y perdurabilidad.

Figura 142.

Cuba de destilación



Nota. La imagen representa una cuba de destilación para producciones industriales. Tomado de: R.E.U.S. Oficinas de destilación de aceites esenciales. <http://www.etsreus.com/es/portfolio/destilacion-de-aceites-esenciales/>

6.10 Empaquetado y sellado

Con el colorante ya listo, el último paso es empacar y sellar cada recipiente, según el requerimiento de la empresa se decide el tamaño en el cual se va a comercializar el producto. Se hará uso de empacadores y selladores de líquidos industriales para tener un proceso totalmente automatizado que requiere únicamente de monitorias y mantenimiento, la cual se seleccionará según la capacidad de producción de la planta, esta maquinaria brinda un producto con selle hermético para controlar la inocuidad del mismo y su empaquetado tiene presente las tres variables más importantes a tener en cuenta, es decir, la temperatura, el tiempo y presión del empaque para obtener estabilidad y mantener su vida útil.

Figura 214.

Empacador y sellador de líquidos para uso industrial



Nota. La imagen representa un equipo para el empaquetado y sellado de productos para uso industrial. Tomado de: Tintas y maquinas S.A.S. Llenadores de líquidos automática para viscosos y/o agua.
<https://www.tintasymaquinas.com.co/portafolio/llenadora-de-liquidos-viscosos/>

6.11 Control de calidad

Para verificar que el producto final cumpla con la normatividad colombiana, inocuidad y sea un excelente producto final, un análisis de control de calidad es la forma más eficiente de verificar lo anterior, para ello es necesario una toma de muestra totalmente aleatoria que posteriormente se lleva al siguiente proceso de análisis.

6.11.1 Espectrofotometría UV

La espectrofotometría UV es el método más usado para realizar la cuantificación de antocianinas. Debido a que el pH es el factor que más peso posee en la estabilidad de las antocianinas, se realiza el método de diferencial de pH, el cual consiste la decoloración de la antocianina por medio de un “blanqueador”, que eliminara su tonalidad sin alterar su estructura, posteriormente se cuantificará la cantidad de antocianinas por medio de la absorbancia, pero a diferentes valores de pH, el resultado arrojado se denomina pigmentos de antocianinas manométricas, cabe aclarar que la longitud de onda de máxima absorbancia será proporcional al contenido de antocianinas[108].

Para ello se necesita preparar una serie de soluciones y demás procedimientos que se explicaran en seguida.

6.11.1.a. Soluciones buffer: La preparación de estas soluciones se realizó según Chávez & Ordoñez [109].

- Preparación de la solución buffer de cloruro de potasio (KCl) 0.025 M/HCl, pH=1. Se pesan 0.466 g de cloruro de potasio y se mezclan en 15 mL de agua destilada usando un agitador magnético. En seguida se realiza un ajuste del pH, añadiendo ácido clorhídrico concentrado hasta alcanzar un pH de 1, esta mezcla se vierte en un recipiente, el cual se afora con 250 mL de etanol.
- Preparación de la solución buffer de acetato de sodio (CH₃CO₂Na) 0.4 M/HCl, pH=4.5. Se mezclan 8.203 g de acetato de sodio en 15 mL de agua destilada, luego

se realiza un ajuste de pH adicionando ácido clorhídrico concentrado hasta llegar al valor de 4.5, después esta mezcla se afora con 250 mL de etanol.

6.11.1.b. Lectura de absorbancia: Se diluye cada muestra 120 veces con las soluciones buffer pH=1 y pH=4.5 y se toman los datos de la absorbancia del ensayo de espectrofotometría desde una longitud de onda desde 500 nm hasta 600 nm o 700 nm usando un espectrofotómetro Jenway 6320D.

6.11.2 Cromatografía de capa fina (TLC)

En esta medición se separan los compuestos del extracto, para este caso se debe usar una placa de sílice debido a que permite desglosar compuestos como fenoles, flavonoides y derivados de aminoácidos. La intensidad del color con la que resulte de la quercetina en la prueba, significa que durante el proceso de extracción se está obteniendo gran cantidad de flavonoles en el producto, es decir, la intensidad del color es directamente proporcional al contenido de flavonoides en el extracto [32].

Para la fase móvil de este procedimiento se debe preparar un diluyente que contenga: acetato de etilo, agua, ácido acético y ácido fórmico (100:26:11:11).

El eluyente debe adicionarse a la cámara cromatográfica, dejándola 30 minutos en reposo para que pueda saturarse. Luego de esto, se colocan las muestras en las placas individualmente dentro, estando atento a que el borde inferior de la placa esté sumergido 5 mm en el eluyente sin que este toque las muestras.

Una vez dejado correr el eluyente a una distancia de más o menos de 7 centímetros sobre las placas, estas se sacan de la cámara y se colocan en una estufa a una temperatura de 45°C por 20 minutos con la finalidad de que se sequen. Finalmente se realiza el revelado utilizando las lámparas con luz ultravioleta (254 nm - 366 nm). Luego para visualizar las manchas sobre la placa, estas se revelaron utilizando amoníaco y dejándolas en una cámara por 5 minutos.

6.11.3 Espectroscopia de infrarrojo.

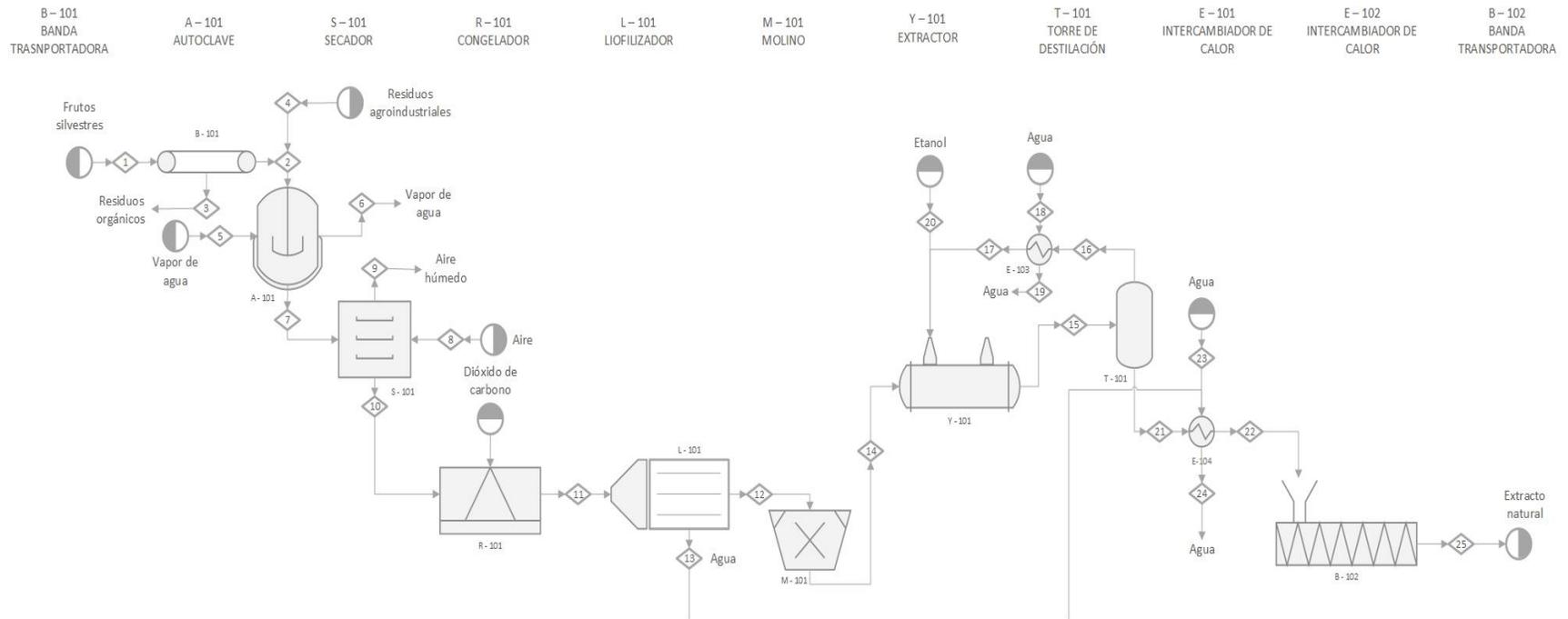
La espectroscopia de infrarrojo cercano es muy usada para la determinación de diferentes compuestos químicos más comúnmente como las proteínas, almidones, aceites, humedad entre otros. Con este tipo de estudio también es posible cuantificar el contenido de antocianinas de una muestra y además es una buena alternativa al estudio realizado a través de la cromatografía de capa fina, debido a que este método infra-rojo cercano (NIR) permite realizar la cuantificación de una gran cantidad de muestras en muy poco tiempo y además es un método simple y que requiere de poco presupuesto. Para que el estudio arroje buenos resultados es necesario realizar una calibración basada en datos de anteriores estudios, esto por medio de algoritmos quimiométricos[110].

Los equipos para realizar este tipo de cuantificación son los espectrofotómetros, los cuales son utilizados para la obtención del infrarrojo medio y cercano, estos tienen una fuente de luz, un monocromador o interferómetro y un detector, los cuales permiten la obtención de espectros en la región comprendida entre 780 nm a 25000 nm. Actualmente, los espectrofotómetros de infrarrojo utilizan un interferómetro en lugar de un monocromador en cuyo caso la radiación policromática incide sobre la muestra y los espectros son obtenidos en el dominio de la frecuencia con ayuda de la transformada de Fourier[111].

A continuación, se observa gráficamente, por medio de un diagrama BFD, el proceso industrial para la producción de extracto natural.

Figura 262.

Diagrama de flujo del proceso (PFD) para la obtención de extracto natural



Nota. La imagen describe por medio de un diagrama PDF el proceso de producción industrial de colorante natural.

7. CONCLUSIONES

En Colombia existen diferentes normas que rigen el uso de colorantes naturales y artificiales, como es el caso de las normas NTC 409, el decreto No. 2106 de 1983 y la resolución 10593 de 1985, de las cuales se concluyó que se encuentran demasiado desactualizadas comparadas con las normas extranjeras de Estados Unidos y la Unión Europea, ya que en Colombia no se tiene gran interés ni una buena investigación en el campo de colorantes y, por ende, no se realizan los correspondientes estudios para mantener las respectivas normas actualizadas o por el contrario crear nuevos reglamentos direccionados específicamente al uso debido de los colorantes en alimentos, y así lograr mantener la salud de los consumidores de estos aditivos en buen estado y siempre teniendo en cuenta los efectos negativos de los colorantes artificiales.

En base a los dos métodos expuestos en comparativa y sus correspondientes análisis, se concluye que el proceso el cual ofrece un mejor rendimiento a cuantificación y e intensidad del colorante corresponde a la extracción asistida por microondas en la cual la muestra ha sido previamente liofilizada, resultado el cual fue relevante y permitió justificar válidamente el desarrollo de la propuesta de diseño del proceso a escala industrial.

La funcionalidad del colorante compuesto por antocianinas en la industria como materia prima para posteriores procesos, posee una gran variedad y posibilidades de uso, lo cual representa un mercado próspero para el producto debido a la necesidad y utilidad que posee este. Además, el colorante natural resulta tener las propiedades nutricionales que le pertenecen a la fruta, lo cual le da un valor agregado en el mercado y a su vez tranquilidad a la hora de su consumo.

Para finalizar, según las pruebas experimentales, si se desea obtener un colorante natural de calidad a escala industrial a partir de frutos como el agraz, la mejor decisión es llevar la corriente a un proceso de liofilización industrial y posteriormente si

la extracción asistida por microondas. La propuesta de diseño es una opción a tener en cuenta para frutos como el agraz, pero que sin embargo debe profundizarse para determinar condiciones específicas de desarrollo y funcionamiento para cada etapa del proceso. La elección del equipo a utilizar dependerá igualmente de la materia prima y a su vez la cantidad de producción deseada, el proceso presentado puede acomodarse de forma generalizada para una extracción del colorante de frutos que contengan pigmentos en su composición.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M, Calvo. "Colorantes Artificiales". Available: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/colorartif.html>.
- [2] CVN, "Sabores y fragancias, Colorantes y pigmentos , " *Centro Virtual De Negocios*, (9), 2017.
- [3] Colorganics, "Inorganics". Available: <https://www.rutanmedellin.org/es/colorganics#:~:text=Tama%C3%B1o%20del%20Mercado,tiene%20una%20participaci%C3%B3n%20del%2033%25>.
- [4] Procolombia. "Crece aceptación por alimentos y bebidas con colorantes naturales, por encima de los artificiales". (Mayo 28, 2013). Available: <https://procolombia.co/actualidad-internacional/agroindustria/crece-aceptacion-por-alimentos-y-bebidas-con-colorantes-naturales-encima-de-artificiales>.
- [5] M. Blasco, "Las frutas silvestres: variedad, propiedades y consumo," 2017. Available: <https://www.buenoyvegano.com/2017/07/11/las-frutas-silvestres/>.
- [6] L. Penelo, "Arándanos: propiedades, beneficios y valor nutricional de unas bayas muy sanas," 2018. Available: <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20180710/45783544503/arandanos-frutas-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html>.
- [7] R, Murcia. "Ciruela". Available: https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c.543,m.2715&r=ReP-19882-DETALLE_REPORTAJESPADRE#:~:text=El%20ciruelo%20es%20un%20frutal,Santa%20Rosa%20y%20ciruelo%20silvestre.
- [8] FrutasyHortalizas. "FRAMBUESA, RUBUS IDAEUS / ROSACEAE". Available: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Frambuesa.html>.
- [9] Montes del valsain. "Fresa Silvestre". Available: <http://www.montesdevalsain.es/FraVes.html>.
- [10] R, Murcia. "Grosella". Available: http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c.543,m.2715&r=ReP-23755-DETALLE_REPORTAJES.
- [11] FrutasyHortalizas. "ZARZAMORA, RUBUS FRUTICOSUS / ROSACEAE". Available: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Zarzamora.html#:~:text=La%20zarzamora%20es%20una%20planta,ricas%20en%20vitaminas%20y%20minerales>.
- [12] Flores. "ZARZAMORA". Available: <https://www.flores.ninja/zarzamora/>.

- [13] L, Martinez. "*Los colorantes naturales*". Available: https://www.academia.edu/3892927/Los_Colorantes_Naturales.
- [14] Cia indumentaria. "*Colorantes naturales*". Available: <https://www.ciaindumentaria.com.ar/plataforma/colorantes-naturales/>.
- [15] S, Martinez. *et al*, (2002). "Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes." *Revision*. Available: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>.
- [16] Farbe Naturals. "*Tipos de colorante artificiales para alimentos y sus usos*", 2018. Available: <https://farbe.com.mx/tipos-de-colorantes-artificiales-para-alimentos-y-sus-usos/>.
- [17] A, Arango. and L. Garcés, 2009. "Remoción del colorante azoico amaranto de soluciones acuosas mediante electrocoagulación ," vol. 6, pp. 31-38.
- [18] M, Clavo. "*Colorantes artificiales*". Available: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/aditivos/colorartif.html>.
- [19] Aditivos Alimentarios. "*E123 - Amaranto*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E123.html>.
- [20] Aditivos Alimentarios. "*E129 - Rojo Allura Ac*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E129.html>.
- [21] Aditivos Alimentarios. "*E133 - Azul brillante FCF*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E133.html>.
- [22] Aditivos Alimentarios. "*E151 - Negro Brillante NB*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E151.html>.
- [23] Aditivos Alimentarios. "*E154 - Marrón FK*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E154.html>.
- [24] Aditivos Alimentarios. "*E155 - Marrón HT*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E155.html>.
- [25] Aditivos Alimentarios. "*E180 - Litolrrubina BK*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E180.html>.
- [26] Aditivos Alimentarios. "*E104 - Amarillo de Quinoleína*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E104.html>.
- [27] Aditivos Alimentarios. "*E127 - Eritrosina*". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E127.html>.

- [28] Aditivos Alimentarios. "E131 - Azul patente V". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E131.html>.
- [29] Aditivos Alimentarios. "E132 - Indigotina". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E132.html>.
- [30] Aditivos Alimentarios. "E142 - Verde S". Available: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E142.html>.
- [31] S. Badui, *Química De Los Alimentos*. 2006. Available: [https://ebookcentral.proquest.com/lib/\[SITE_ID\]/detail.action?docID=5133798](https://ebookcentral.proquest.com/lib/[SITE_ID]/detail.action?docID=5133798).
- [32] X. Herrera and K. Rodríguez. 2016. "Evaluación del extracto de flavonoles y antocianinas contenidos en el agraz (*vaccinium meridionale swartz*) obtenidos a nivel laboratorio por medio de los métodos de extracción por solventes y extracción asistida por microondas." Universidad de América.
- [33] E. Conde, "Revalorización de Residuos Agroindustriales y Forestales para la Obtención de antioxidantes Naturales con Aplicaciones en la Industria Alimentaria, Cosmética y/o Farmacéutica." 2009.
- [34] Calameo. "*Flavonoles*". 2012. Available: <https://es.calameo.com/read/001752202bc2cd13fae37>.
- [35] J.Reyes. "Colorantes orgánicos de origen natural utilizados como sensibilizadores de celdas solares," 2015. Available: <https://www.openaire.eu/search?q=&Search=>.
- [36] O. Fennema, S. Damodaran and K. Parkin, "*Química De Los Alimentos*". (3ª ed.) Acribia, S.A., 2010.
- [37] H. Cheftel, J. Cheftel and P. Besancon, "*Introducción a La Bioquímica Y Tecnología De Los Alimentos*". España: Acribia, S.A., 2016.
- [38] A. Tayofa and F. Garcia, "Colorantes," 1996.
- [39] M.Cerón .2008."Extracción, Caracterización Y Estabilidad De Antocianinas Y Otros Compuestos Antioxidantes Obtenidos a Partir De Zarzamora." Universidad de las Américas Puebla.
- [40] A. Adar. "*Antocianinas*". Julio 14, 2016. Available: <https://es.slideshare.net/Rajem/antocianinas-64013176>.
- [41] F. Delgado, A. Jimenez and O. Paredes, (2000). "Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains--characteristics, biosynthesis, processing, and stability." *Crit Rev Food Sci Nutr*.

- [42] P. Wesche-Ebeling. *et al*, 1996. "Preservation factors and processing effects on anthocyanin pigments in plums." *Food Chemistry*. Available: [http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00240-5](http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146(95)00240-5). DOI: 10.1016/0308-8146(95)00240-5.
- [43] A. Cabrera. 2004. "El Efecto De La Temperatura De Operación Sobre El Proceso De Secado En Un Lecho Fluidizado a Vacío Empleando Vapor Sobrecalentado Para Diferentes Tipos De Partículas". Universidad de las Américas Puebla.
- [44] Nyle systems, "*Introducción De Secado Al Horno*". 2018. Available: www.nyle.com
- [45] C. Habas. "*What Is a Drying Oven?*". (Jul 6, 2020). Available: <https://www.hunker.com/12003453/what-is-a-drying-oven>.
- [46] Labogene. "*El proceso de liofilización*". Available: <https://www.labogene.com/The-Lyophilization-Process>.
- [47] I, Angurell. *et al*, "*Operaciones básicas en el laboratorio de química*". Available: <http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/index1.html#>.
- [48] Codelco. "*Extracción de solventes*". Available: https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/tecnicos_lixivacion_extraccion.a.sp.
- [49] M. Villemur and M. Rimini, 2002. "Determinación de pesticidas organoclorados en suelos - Extracción por microondas." *XXVIII Congreso Interamericano De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental*. Available: <https://es.scribd.com/document/342342913/v-032>.
- [50] S. Salomon, 2013. "Extracción asistida por microondas de lípidos de las semillas de Cucurbita pepo L. (calabaza)." *Revista Cubana De Plantas Medicinales*. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1028-47962013000100004&lng=pt&nrm=iso.
- [51] INCONTEC, (Apr 1, 2011). "Aditivos para alimentos." *Industria Alimenticia*.
- [52] MINISTERIO DE SALUD, "REPÚBLICA DE COLOMBIA," 1983.
- [53] Intedya. "*Buenas Practicas de Manufactura (BPM)*". Available: <https://www.intedya.com/internacional/103/consultoria-buenas-practicas-de-manufactura-bpm.html>.
- [54] Ministerio de Salud, "MINISTERIO DE SALUD EL MINISTRO DE SALUD," 1985. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion%2010593-de-1985.pdf>.

- [55] R. Torres, 2019. "Legislación Extranjera sobre Aditivos Alimentarios ." *Biblioteca Del Congreso Nacional De Chile*. Available: [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27707/1/Regulacion de Aditivos e Ingredientes para Alimentos.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27707/1/Regulacion_de_Aditivos_e_Ingredientes_para_Alimentos.pdf).
- [56] S. Lehto. *et al*, (Jan 20,2017). "Comparison of food colour regulations in the EU and the US: a review of current provisions ." *Food Additives & Contaminants: Part A*. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19440049.2016.1274431?needAccess=true>.
- [59] IAMC. "*How Colors are Regulated* ". Available: <https://iacmcolor.org/?s=Regulation+of+Colors+in+the+US>.
- [60] Quimica Facil. "*Extracción de aceites esenciales a través de arrastre con vapor*" (Oct 24,2018). . Available: <https://quimicafacil.net/manual-de-laboratorio/extraccion-aceites-esenciales-arrastre-vapor/>.
- [61] E. Castaños. "*EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS*" (Agosto 19, 2015). Available: <https://cienciaonthecrest.com/2015/08/19/extraccion-con-fluidos-supercriticos/https://cienciaonthecrest.com/2015/08/19/extraccion-con-fluidos-supercriticos/https://cienciaonthecrest.com/2015/08/19/extraccion-con-fluidos-supercriticos/>.
- [62] Hielscher. "*La extracción ultrasónica y su principio de funcionamiento*". Available: <https://www.hielscher.com/es/ultrasonic-extraction-and-its-working-principle.htm>.
- [63] M. Morales, "DETERMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN MUESTRAS DE AGUA POR EXTRACCIÓN LÍQUIDO ," 2011.
- [64] MTROD. "*TIPOS DE DISOLVENTES*", (Oct 1, 2019). . Available: <https://infografiasquimicaorganica.wordpress.com/2019/10/01/tipos-de-disolventes/>.
- [65] D. Chaves *et al*, 2016. "Extracción asistida por microondas de compuestos antioxidantes a partir de cascara de papa (*Solanum tuberosum*)."
- [66] H. Odabas and I. Koca, (Nov 14,2020). "Simultaneous separation and preliminary purification of anthocyanins from *Rosa pimpinellifolia* L. fruits by microwave assisted aqueous two-phase extraction." *Journal Pre-Proof*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308520305599>.
- [67] J. Carcel and G. Polo, 2014. " Obtención De Extracto De Antocianinas a Partir De Arándanos Para Ser Utilizado Como Antioxidante Y Colorante En La Industria Alimentaria." Univeridad pontifica de Valencia.

- [68] J. Paes *et al*, 2014. "Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO₂ and pressurized liquids." *The Journal of Supercritical Fluids*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0896844614002277?via%3Dihub>.
- [69] M. Puertas, Y. Rios and B. Rojano, 2013. "Determinación de antocianinas mediante extracción asistida por radiación de microondas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de alto consumo en Antioquia-Colombia." *Revista Cubana De Plantas Medicinales*. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200012.
- [70] M. Gao and C. Liu, 2015. "Comparison of Techniques for the Extraction of Flavonoids from Cultured Cells of *Saussurea medusa* Maxim." *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11274-005-6809-1>.
- [71] H. Khoo, *et al*, 2017. "Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits." *Food & Nutrition Research*. Available: <https://search.datacite.org/works/10.1080/16546628.2017.1361779>. DOI: 10.1080/16546628.2017.1361779.
- [72] Nutraceutical. "*Antocianina: una nueva palabra de moda para la industria de los ingredientes*", (Oct 11, 2019). Available: https://www.nutraceuticalbusinessreview.com/news/article_page/Anthocyanin_A_new_buzzword_for_the_ingredients_industry/158985.
- [73] Flavonoides.org, 2019. "*ANTOCIANINAS EN ALIMENTOS, PROPIEDADES Y BENEFICIOS ANTIOXIDANTES*". Available: <https://www.flavonoides.org/antocianinas/>.
- [74] J. Spencer, "The impact of fruit flavonoids on memory and cognition," Jul 20, 2010.
- [75] G. Garzon, (Sep 1, 2008). "*LAS ANTOCIANINAS COMO COLORANTES NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS: REVISIÓN*." *Acta Biológica Colombiana*. Available: <https://search.proquest.com/docview/1677392767>.
- [76] M. Licata. "*Las bebidas gaseosas, composición y características de sus ingredientes*". Available: <https://www.zonadiet.com/bebidas/bebidasgaseosas.htm#:~:text=%C3%81cidos%3A%20la%20mayor%C3%ADa%20de%20las,bebidas%20gaseosas%20es%20de%202.4>.
- [77] USDA. "*FoodData Central*". Available: <https://fdc.nal.usda.gov/>.

- [78] SATIA. "Medir el pH en quesos". Available: https://www.satia.com.ar/ph_quesos.html#:~:text=La%20mayor%C3%ADa%20de%20los%20quesos,proceso%20y%20n%C3%ADvel%20de%20pH.
- [79] Cuajo. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Cuajo>.
- [80] HANNA. "Medición del pH durante la producción de yogurt", (May 19,2017). Available: <https://hannainst.com.mx/aplicaciones/medicion-del-ph-durante-la-produccion-de-yogurt/#:~:text=Esta%20mezcla%20se%20calienta%20para,uno%20de%204.0%20a%204.6.>
- [81] J. Manriquez, *et al*, 2016. "DESARROLLO DE UN HELADO PARA DIABÉTICOS SABOR VAINILLA BAJO EN CALORÍAS Y GRASA, EMPLEANDO INULINA Y SUCRALOSA ." *Hipertensión Y Riesgo Vascular*. Available: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S1889183715000380>. DOI: 10.1016/j.hipert.2015.05.001.
- [82] J. LIMA, T. BRITO-OLIVEIRA and S. PINHO, (Dec 1,2016)."Characterization and evaluation of sensory acceptability of ice creams incorporated with beta-carotene encapsulated in solid lipid microparticles." *Ciência E Tecnologia De Alimentos*. Available: https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup_wf_001::bd121f0f66f1e6defbcb01445ebf73. DOI: 10.1590/1678-457x.13416.
- [83] A. Salazar. "CONOZCA LOS BENEFICIOS DE LA LACTASA PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS", (2018). Available: <https://www.revistaalimentos.com/conozca-los-beneficios-la-lactasa-la-industria-alimentos/#:~:text=La%20lactasa%20es%20una%20enzima,el%20helado%20y%20el%20queso.>
- [84] InfoAgro. "HI99161. Medidor de pH para leche, queso, paté, masa de pan, y alimentación". Available: https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=5303&hi99161_medidor_de_ph_para_leche_queso_pate_masa_de_pan_y_alimentacion_tienda_on_line#:~:text=El%20pH%20%C3%B3ptimo%20para%20la,el%20proceso%20de%20envejecimiento%20acidifica.
- [85] Tati Pastry. "LAS ENZIMAS EN LA PANIFICACIÓN", (May 5, 2012). Available: <http://tatipastry.blogspot.com/2012/05/las-enzimas-en-la-panificacion.html#:~:text=Tipos%20de%20enzimas%20utilizadas%20en,partes%20del%20proceso%20de%20panificaci%C3%B3n.>
- [86] M. Zudaire. "La importancia de las enzimas digestivas", (May 25, 2006). . Available: <https://www.consumer.es/alimentacion/la-importancia-de-las-enzimas-digestivas.html>.

- [87] InfoAlimenta. "*Carnes y Elaborados Cárnicos*". Available: http://www.infoalimenta.com/biblioteca-alimentos/62/67/elaborados-carnicos/detail_templateSample/.
- [88] H. Schmidt, "CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS," 1984.
- [89] A. Castro, M. Marostica and G. Pastore, (Dec 1,2010)."Some Nutritional, Technological and Environmental Advances in the Use of Enzymes in Meat Products." *Enzyme Research*.Available: <https://www.airitilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?DocID=P20151207001-201012-201706260023-201706260023-145-152>. DOI: 10.4061/2010/480923.
- [90] D.Gil, 2009. "Parámetros Para Determinar La Calidad De Los Productos Cárnicos a Través De Los Diferentes Procesos En La Empresa "comestibles Dan"." CORPORACIÓN UNIVERSITARIA LASALLISTA.
- [91] Verum Natura. "*FLAVONOIDES EN COSMÉTICA NATURAL*". Available: <https://verumnatura.com/blog/flavonoides-en-cosmetica-natural/>.
- [92] G. Estapé. "*Descubre las antocianinas, un pigmento con gran poder antioxidante*", (Dic 14, 2018). Available: <https://soycomocomo.es/especialista/salud-viva/descubre-las-antocianinas>.
- [93] Kiwi Superfoods. "*Extracto de piel de grosella negra*". Available: <https://kiwisfs.com/products/blackcurrant-skin-extract>.
- [94] EC21. "*Bilberry Whold Food Supplement Anthocyanin Tablet*", (2020). Available: <https://www.ec21.com/product-details/Bilberry-Whold-Food-Supplement-Anthocyanin--8758657.html>.
- [95] Brand's. "*Blackcurrant Anthocyanins with Lutein*", (2016). Available: <https://store.brandsworld.com.sg/Products/By-Product-Range/BRAND%E2%80%99S%C2%AE-Health-Supplements-Range/Blackcurrant-Anthocyanins-with-Lutein-60-Tablets/p/00000000014005143>.
- [96] Granatum. "*Antocianina plus*". Available: <https://granatumplus.com/antocianinas-plus/>.
- [97] Purify Life. "*Jarabe De Frambuesa Para Niños Y Adultos Sistema Inmunólogo*". Available: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-589888216-jarabe-de-frambuesa-para-ninos-y-adultos-sistema-inmunolog-JM?matt_tool=55850896&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11581354035&matt_ad_group_id=115814811591&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554902590&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=281683393&matt_product_id=MCO58988216&matt_product_partition_id=329960875089&matt_target_id=pla

[329960875089&gclid=CjwKCAiA_Kz-BRAJEiwAhJNY7w-FEVBUpNpMdYoTIO5paFnatEPE-U_TJ8K4QRt35HVbZl3Y_JvjbBoCRjkQAvD_BwE](https://www.mercadolibre.com.co/MCO-561591530-tabletas-masticables-para-mejorar-la-memoria-JM?matt_tool=55850896&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11581354035&matt_ad_group_id=115814811591&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554902590&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=260316865&matt_product_id=MCO561591530&matt_product_partition_id=329960875089&matt_target_id=pla-329960875089&gclid=CjwKCAiA_Kz-BRAJEiwAhJNY7w-FEVBUpNpMdYoTIO5paFnatEPE-U_TJ8K4QRt35HVbZl3Y_JvjbBoCRjkQAvD_BwE).

- [98] Natural Sources. "*Tabletas masticables Natural Wild Blueberry*". Available: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-561591530-tabletas-masticables-para-mejorar-la-memoria-JM?matt_tool=55850896&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11581354035&matt_ad_group_id=115814811591&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=478554902590&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=260316865&matt_product_id=MCO561591530&matt_product_partition_id=329960875089&matt_target_id=pla-329960875089&gclid=CjwKCAiA_Kz-BRAJEiwAhJNY7w-FEVBUpNpMdYoTIO5paFnatEPE-U_TJ8K4QRt35HVbZl3Y_JvjbBoCRjkQAvD_BwE.
- [99] H. Wang, P. Li and W. Zhou, 2014. "Dyeing of Silk with Anthocyanins Dyes Extract from *Liriope platyphylla* Fruits." *Journal of Textiles*. Available: <https://search.datacite.org/works/10.1155/2014/587497>. DOI: 10.1155/2014/587497.
- [100] Glacial. "*Refrescos de agua*". Available: <http://glacial.com.co/>.
- [101] Alimentarte. "*Catalogo*". Available: <https://alimentartefoodservice.com/catalogo/>.
- [102] Alcaldía mayor de Bogotá-Secretaría distrital de hábitat, "GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA," .
- [103] A. Morales and J. Patricia, 2013. "Estudio Del Efecto De Pre-Tratamientos En La Deshidratación De Mortiño (*Vaccinium Floribundum* Kunth) Sobre La Velocidad De Secado Y Contenido De Polifenoles Solubles Y Antocianinas.". Escuela politécnica nacional.
- [104] J. Bernard. "*CÁMARAS FRIGORÍFICAS CON CO2*". Available: <https://www.josebernad.com/refrigeracion-con-co2/>.
- [105] Gemina procesos alimentarios, S. L., "Molino de martillo ," . Available: https://www.gemina.es/files/catalogue/pdf/21_Molino_Martillo.pdf
- [106] A. Dickens. "*Extracciones de marihuana del futuro; Microondas industriales y ultrasonidos*", (Abr 11, 2018). Available: <https://www.florprohibida.com/blog/extracciones-marihuana-microondas-ultrasonidos/>.
- [107] J. Claro. "*Extracción Asistida Por Microondas*", Nov 26, 2017. Available: <https://www.scribd.com/document/365551235/Extraccion-Asistida-Por-Microondas>

- [108] M. Hernandez *et al*, (May,2013)."Extracción asistida por microondas y limpieza en fase sólida como método de análisis para la determinación de plaguicidas organofosforados en *Ambystoma mexicanum*." *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*. Available:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200005#:~:text=Se%20demostr%C3%B3%20que%20la%20extracci%C3%B3n,y%20en%20un%20sistema%20cerrado.
- [109] R. Chavez, 2012. "Polifenoles Totales, Antocianinas Y Capacidad Antioxidantes (DPPH Y ABTS) Durante El Procedimiento De Licor De Cacao Y Polvo De Cacao." Universidad Navional Agraria de la Selva.
- [110] A. Rosales and N. Palacios, 2017. "Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopía de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados." *Revista Fitotecnia Mexicana*. Available:
https://www.researchgate.net/publication/318541934_Cuantificacion_de_antocianinas_mediante_espectroscopia_de_infrarrojo_cercano_y_cromatografia_liquida_en_maices_pigmentados?enrichId=rgreq-162f9a0b26190c488fcbaf9d832f60a3-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzMxODU0MTkzNDtBUzo1MTc4Nzg3MTA1NzUxMDRAMTUwMDQ4MzMxNDI4NQ%3D%3D&el=1_x_3&esc=publicationCoverPdf.
- [111] FARMACOPEA MERCOSUR, "Espectroscopia infrarrojo," 2015.

ANEXO A

RECOMENDACIONES

Extender los estudios expuestos en este trabajo de grado acerca de la aplicación de los colorantes naturales en los alimentos, ya que este estudio fue simplemente bibliográfico y sería de gran aporte al tema al ser llevado a análisis experimentales, observando su estabilidad que tiene la antocianina en diferentes alimentos.

Se propone como alternativa tomar este trabajo de grado como referencia y aplicarlo a la extracción de colorante a partir de residuos agroindustriales que contengan antocianinas, netamente para generar a lo largo del tiempo una buena alternativa para reemplazar los colorantes artificiales y a su vez contribuir al cuidado del medio ambiente.

La aplicabilidad del diseño conceptual del proceso industrial debe afianzarse para tomar decisiones más específicas de funcionamiento, ya que es un concepto generalizado es necesario acoplar el proceso a la materia prima a utilizar y la cantidad de producción deseada.

Se recomienda experimentar la aplicabilidad del colorante natural en los alimentos para así corroborar lo expuesto durante el proyecto de grado. Es necesario este proceso si se pretende en futuras investigaciones, llevar el producto al consumo humano.