



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DE CAMOTE
(*Ipomoea batatas*), COL MORADA (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Y
MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) PARA EL USO EN LA INDUSTRIA
DE ALIMENTOS”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado para optar al grado académico de:
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: VILMA JANETH TIERRA TOTOY
TUTOR: Ing. HANNIBAL BRITO MOINA., PhD

Riobamba – Ecuador

2018

©2018, Vilma Janeth Tierra Totoy

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación “EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*), COL MORADA (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Y MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) PARA EL USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS” de responsabilidad de la señorita egresada Vilma Janeth Tierra Totoy, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hannibal Brito Moína., PhD

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Bqf. Aída Miranda Barros

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Vilma Janeth Tierra Totoy, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Vilma Janeth Tierra Totoy

CI. 060450992-7

DEDICATORIA

A la memoria de mis amados padres que partieron al llamado de Dios, pero su amor incondicional y ejemplo se han convertido en la inspiración para luchar cada día.

A mis hermanos, a mi abuelita y a toda mi familia que con su amor, paciencia y apoyo han sido el pilar fundamental para alcanzar esta meta.

Jane

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen que son esa luz en las tinieblas, dándome la fortaleza para perseverar en los momentos difíciles de mi vida.

A toda mi familia por sus sabios consejos, amor y apoyo incondicional.

Un sincero agradecimiento al Ing. Hannibal Brito y a la Bqf. Aída Miranda por su valioso conocimiento, tiempo y consejos aportados en la ejecución del presente trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia que por medio de sus docentes ha contribuido en mi formación académica, para la elaboración y culminación exitosa del trabajo de titulación.

Jane

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°Bx	Grados brix (%)
°C	Grados Celcius
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura
g	Gramos
ha	Hectárea
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
L	Litros
mg	Miligramos
min	Minutos
mL	Mililitros
nm	Nanómetro
NOM	Norma Oficial Mexicana
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OMS	Organización Mundial de la Salud
T	Temperatura (°C)
t	Tiempo (<i>min</i>)
Tn	Tonelada

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. Industria alimentaria	5
<i>1.1.1. Alimento.....</i>	<i>5</i>
<i>1.1.2. Clasificación de los alimentos.....</i>	<i>5</i>
1.2. Descripción de los productos agrícolas en estudio	6
<i>1.2.1. Camote</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2. Col morada</i>	<i>9</i>
<i>1.2.3. Maíz morado.....</i>	<i>12</i>
1.3. Colorantes en alimentos.....	15
<i>1.3.1. Colorantes sintéticos</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2. Colorantes naturales</i>	<i>16</i>
1.4. Extracción de colorantes.....	18
<i>1.4.1. Extracción de colorantes por soxhlet</i>	<i>19</i>
<i>1.4.2. Esquema general para la extracción del colorante natural.....</i>	<i>20</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	21
2.1. Lugar de la investigación.....	21
2.2. Tipo y diseño del estudio.....	21
2.3. Población de estudio.....	21
<i>2.3.1. Tamaño de muestra.....</i>	<i>21</i>
<i>2.3.2. Unidad de análisis</i>	<i>21</i>

2.4.	Materiales, equipos y reactivos	22
2.4.1.	<i>Materiales</i>	22
2.4.2.	<i>Equipos</i>	23
2.4.3.	<i>Reactivos</i>	24
2.5.	Metodología	25
2.5.1.	<i>Método descriptivo.....</i>	25
2.5.2.	<i>Técnicas</i>	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ..	42
3.1.	Análisis bromatológico proximal de la materia prima	42
3.2.	Extracción de colorantes naturales.....	43
3.2.1.	<i>Material vegetal fresco.....</i>	43
3.2.2.	<i>Material vegetal seco.....</i>	44
3.3.	Análisis de los colorantes naturales	45
3.3.1.	<i>Análisis organoléptico y solubilidad de los colorantes naturales.....</i>	45
3.3.2.	<i>Análisis físico-químico de los colorantes naturales.....</i>	46
3.3.3.	<i>Análisis microbiológico de los colorantes naturales.....</i>	48
3.4.	Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt	49
3.5.	Aceptabilidad de las muestras de yogurt con colorante natural.....	50
3.5.1.	<i>Material vegetal fresco.....</i>	50
3.5.2.	<i>Material vegetal seco.....</i>	51
	CONCLUSIONES.....	52
	RECOMENDACIONES.....	53

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Descripción taxonómica de <i>Ipomoea batatas</i>	6
Tabla 2-1:	Composición nutricional de <i>Ipomoea batatas</i>	8
Tabla 3-1:	Descripción taxonómica de <i>Brassica oleracea</i> var, <i>capitata</i>	9
Tabla 4-1:	Composición nutricional de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	11
Tabla 5-1:	Descripción taxonómica de <i>Zea mays</i> L.....	12
Tabla 6-1:	Valor nutritivo de <i>Zea mays</i> L.....	14
Tabla 1-2:	Lista de materiales.....	22
Tabla 2-2:	Lista de equipos.....	23
Tabla 3-2:	Lista de equipos.....	24
Tabla 1-3:	Resultados del análisis proximal de la materia prima	42
Tabla 2-3:	Resultados de la extracción de los colorantes del material vegetal fresco	43
Tabla 3-4:	Resultados de la extracción de los colorantes del material vegetal seco	44
Tabla 4-3:	Resultados del análisis organoléptico y solubilidad de los colorantes naturales..	45
Tabla 5-3:	Resultados de pH, ρ , °Bx, nD de los colorantes naturales.....	46
Tabla 6-3:	Resultados de la concentración total de antocianinas en los colorantes	47
Tabla 7-3:	Resultados de la lectura en el espectro IR de los colorantes	48
Tabla 8-3:	Resultado del análisis microbiológico de los colorantes naturales.....	48
Tabla 9-3:	Resultados de la aplicación del colorante en el yogurt natural.....	49
Tabla 10-3:	Resultados de la degustación de yogurt con colorante del material vegetal fresco	50
Tabla 11-3:	Resultados de la degustación de yogurt con colorante del material vegetal seco.	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-2:	Determinación del contenido de humedad del camote, col morada y maíz morado	26
Cuadro 2-2:	Determinación del contenido de cenizas totales del camote, col morada y maíz morado	27
Cuadro 3-2:	Secado del material vegetal camote, col morada, maíz morado.....	28
Cuadro 4-2:	Extracción de colorantes por el método de soxhlet	29
Cuadro 5-2:	Concentración de los colorantes naturales	30
Cuadro 6-2:	Determinación de los parámetros organolépticos de los colorantes naturales	31
Cuadro 7-2:	Determinación del pH de los colorantes naturales	32
Cuadro 8-2:	Determinación de la densidad relativa de los colorantes naturales	33
Cuadro 9-2:	Determinación de °Brix e índice de refracción de los colorantes naturales ...	34
Cuadro 10-2:	Lectura en el espectrofotómetro uv-visible de los colorantes naturales	35
Cuadro 11-2:	Lectura en el espectrofotómetro infrarrojo de los colorantes naturales.....	36
Cuadro 12-2:	Solubilidad de los colorantes naturales	37
Cuadro 13-2:	Determinación de <i>Escherichia coli</i> en los colorantes naturales	38
Cuadro 14-2:	Determinación de coliformes totales y fecales en los colorantes naturales....	39
Cuadro 15-2:	Determinación de mohos y levaduras en los colorantes naturales	40
Cuadro 16-2:	Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	<i>Ipomoea batatas</i> . Tubérculo morado	7
Figura 2-1:	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> Repollo.....	10
Figura 3-1:	<i>Zea mays</i> L. Mazorca.....	13
Figura 4-1:	Estructura de las principales antocianinas	17
Figura 5-1:	Equipo soxhlet y sus partes.....	19
Figura 6-1:	Procedimiento general del estudio	20

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Análisis proximal de la materia prima
- ANEXO B:** Extracción de colorantes naturales
- ANEXO C:** Pruebas físico-químicas de los colorantes naturales
- ANEXO D:** Análisis microbiológico de los colorantes naturales
- ANEXO E:** Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt
- ANEXO F:** Evaluación de la aceptabilidad del yogurt con colorantes naturales
- ANEXO G:** Espectros uv-visible de los colorantes naturales
- ANEXO H:** Espectros infrarrojo de los colorantes naturales

RESUMEN

Se realizó la extracción de colorantes naturales a partir de la cáscara de camote (*Ipomoea batatas*), hoja de col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y grano de maíz morado (*Zea mays* L.) para el uso en la industria de alimentos. Se procedió con el análisis proximal de la materia prima en estudio, posterior a ello se realizó la extracción en el equipo de soxhlet utilizando como solventes etanol al 90%-ácido cítrico al 0.03%, 50 g de material vegetal fresco y seco que se obtuvo en un secador de bandejas tipo armario a 45°C, a continuación se efectuó la concentración del extracto (colorante con solvente) en un Rotavapor BÜCHI 461 Water Bath a una temperatura de 50±5°C, por un tiempo estimado de 1 a 2 horas, de esta manera se obtuvo el colorante natural, posteriormente se procedió con el análisis de las propiedades físico-químicas, calidad microbiológica y aplicabilidad en un yogurt natural. El resultado fue el pigmento natural antocianina con pH ácidos, hidrosolubles e insolubles en aceite vegetal comestible; el análisis microbiológico reportó para *Escherichia coli*, coliformes totales y fecales <10 UFC/mL de colorante mientras que para mohos y levaduras <10 UP/mL garantizando su inocuidad; en lo que respecta a la aplicación de los colorantes naturales éstos fueron fácilmente incorporados en el yogurt natural y no se observó separación de fases, además las encuestas reportaron un elevado porcentaje de aceptabilidad en su color donde sobresalió el colorante obtenido del maíz morado tanto en fresco como en seco. Se concluye que los colorantes obtenidos presentaron condiciones óptimas para el consumo humano, en base a las normativas Mexico-NOM-119-SSA1 y NTE INEN-2337:2008, pudiendo ser aplicados sin inconvenientes en el producto lácteo yogurt, además por su condición natural contribuyen al cuidado de la salud.

Palabras clave: <BIOQUIMICA>, <ANTOCIANINAS>, <COLORANTES NATURALES>, <CAMOTE MORADO (*Ipomoea batatas* L.)>, <COL MORADA (*Brassica oleracea* var. *capitata*)>, <MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)>, <INDUSTRIA DE ALIMENTOS>

ABSTRACT

The extraction of natural dyes was carried out from the sweet potato husk (*Ipomoea batatas*), purple cabbage leaf (*Brassica oleracea* var. *capitata*) and purple corn grain (*Zea mays* L.) for use in the food industry. First, it was proceeded with the proximal analysis of the raw material under study, after which the extraction was carried out in the Soxhlet equipment using as solvents 90% ethanol - 0.03% citric acid, 50 g of fresh and dry plant material that was obtained in a cabinet-type tray dryer at 45°C, the concentration of the extract (dye with solvent) was then carried out in a Rotavapor BÜCHI 461 Water Bath at a temperature of $50 \pm 5^\circ\text{C}$, for an estimated time of 1 to 2 hours, in this way the natural colorant was obtained, later it was proceeded with the analysis of the physicochemical properties, microbiological quality and applicability in a natural yogurt. The result was the natural pigment anthocyanin with PH acid, water soluble and insoluble in edible vegetable oil; the microbiological analysis reported for *Escherichia coli*, total and fecal coliforms <10 CFU/mL of dye, while for molds and yeasts <10 UP/mL, guaranteeing its innocuousness; With regard to the application of natural dyes, these were easily incorporated into natural yogurt and phase separation was not observed, and polls reported a high percentage of acceptability in their color, where the dye obtained from purple corn stood out in both fresh as in dry. It is concluded that the dyes obtained presented optimal conditions for human consumption, based on the regulations Mexico-NOM-119-SSA1 and NTE INEN-2337: 2008, being able to be applied without inconvenience: in the dairy product yogurt, in addition to their condition natural contribute to health care.

Keywords: <BIOCHEMISTRY>, <ANTHOCYANINS>, <NATURAL COLORANTS>, <PURPLE SWEET POTATO (*Ipomoea batatas*)>, <PURPLE CABBAGE LEAF (*Brassica oleracea* var. *capitata*)>, <PURPLE MAIZE (*Zea mays* L.)>, <FOOD INDUSTRY>

INTRODUCCIÓN

Los colorantes son sustancias químicas empleadas desde la antigüedad por su capacidad de proveer diferentes coloraciones a los alimentos, cosméticos, productos farmacéuticos, también son utilizados en la industria textil con la finalidad de fijar la coloración de las prendas (Yusuf, Shabbir y Mohammad, 2017, p.124).

En la industria de los alimentos el colorante es utilizado como un aditivo alimentario, el cual le permite recuperar la coloración que ha perdido el producto alimenticio después de un proceso industrial, para resaltar su color original o proporcionarle uno más llamativo (Sánchez, 2013, p.238).

De esta manera la apariencia de un alimento se ve condicionado por su coloración, en base a este parámetro organoléptico visual el consumidor predice si el producto va a ser agradable o si se encuentra fresco para adquirirlo (Méndez, 2013), esto ha permitido que los colorantes ganen popularidad en las industrias de salsas, confitería, bebidas, lácteos, mermeladas (Gómez, 2016).

Existen diversos colorantes que pueden ser utilizados en los alimentos, los naturales si su fuente de extracción es vegetal, animal o mineral y los sintéticos si son productos modificados química o físicamente, dentro de éstos sobresalen los colorantes azoicos y no azoicos (Sánchez, 2013, p.238), mientras que en el grupo de los naturales están las clorofilas, los carotenoides, las antocianinas, las betaninas y la curcumina los cuales abarcan una gama de colores como el verde, amarillo-anaranjado-rojo, rojo-azul-púrpura, rojo y amarillo respectivamente (Rodríguez, 2016, p.4).

Los principales productores de materia prima para los colorantes naturales son China, España, Francia, Italia y Turquía, la demanda comercial de este tipo de aditivos está encabezada por los carotenoides en un 34%, seguido del colorante caramelo con 32%, las antocianinas con un 24% y los demás un 10%, de esta manera el mercado global de los colorantes estima alcanzar ventas de 2.9 billones de dólares para el 2019 y para el 2020 pretenden que la comercialización de colorantes naturales haya incrementado en un 6.4%, (Ministerio de Agricultura de Chile, 2017).

Actualmente la comercialización de colorantes naturales ha incrementado, debido a que la legislación de muchos países requería el uso de sustancias naturales en la industria de alimentos, farmacéutica y cosmética, también por la preocupación de la salud y por los antecedentes negativos de los colorantes sintéticos (Ayala et al., 2016, p.150).

Planteamiento del problema

De acuerdo al Centro de Ciencias en el Interés Público (CSPI), la industria de alimentos agrega 15 millones de libras de colorantes artificiales a los alimentos de Estados Unidos (Mercola, 2016), sin embargo este tipo de sustancias genera repercusiones negativas en la salud humana, es por ello que los colorantes naturales han ganado mercado y su comercialización se ha visto incrementada (Méndez, 2013).

Estudios realizados en el año de 1939 por científicos japoneses, encontraron que un colorante sintético utilizado frecuentemente provocaba cáncer en los animales de experimentación, debido a estos efectos se prohibieron los colorantes azoicos con fines alimentarios, a pesar de ello después de múltiples investigaciones tratando de demostrar su inocuidad fueron nuevamente permitidos (Sánchez, 2013, p.240).

Otro estudio efectuado en el año 2007 por los científicos de la Universidad de Southampton (Reino Unido), determinaron que los niños que ingerían jugo de frutas con colorantes artificiales y conservantes como el benzoato de sodio, presentaron un incremento de la hiperactividad en comparación con los niños que tomaban solo el jugo de fruta natural, por lo tanto eluden que el comportamiento se ve afectado por la alimentación (Carmona, 2013, p.2).

Justificación de la investigación

Durante los últimos años los colorantes sintéticos han estado relacionados con efectos cancerígenos, alergias y daños en la piel, debido a estas consecuencias se pretende que en pocos años estos aditivos sean sustituidos por colorantes naturales seguros y a costos accesibles para la población. (Ayala et al., 2016, p.150)

El uso de colorantes naturales debería ser un reto para la industria de alimentos, sin embargo los fabricantes consideran que reemplazar lo natural por lo artificial implicaría mayor gasto económico, lo cual al hacer un balance costo/beneficio, el efecto del costo impactaría en apenas el 1% al producto final y el beneficio sería alimentos con etiquetas limpias y saludables lo cual sería una poderosa estrategia de marketing (Gamarra, 2009).

La presente investigación tiene como finalidad la búsqueda de nuevas fuentes naturales de colorantes aprovechando los productos agrícolas ecuatorianos como el camote (*Ipomoea batatas*), col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y maíz morado (*Zea mays* L.), para el uso en la industria de alimentos.

Antecedentes de la investigación

“Extracción de pigmentos de mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.) y compuestos fenólicos utilizando solventes aptos para alimentos”, en esta investigación extrajeron las antocianinas del maíz morado molido utilizando solventes como acetona acuosa al 70% V/V, etanol acuoso al 20%, 40%, 50%, 60% y 80% V/V, los cuales fueron acidificados con ácido clorhídrico HCl 6 N en una relación 0.01% V/V, el mejor solvente fue el etanol acuoso al 40% y 60%, obteniendo así una concentración mayor a 13.5 mg/g (Lao y Giusti, 2018, pp.3-8).

“Colorante avocado”, mediante este trabajo de investigación obtuvieron un colorante natural a partir de la col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata*), aplicaron el método de soxhlet y utilizaron el alcohol etílico al 95% como solvente, obteniendo un porcentaje de rendimiento de 42.22%, además los parámetros físico-químicos y microbiológicos cumplieron con las especificaciones de la norma NTE INEN 2337:2008, finalmente el colorante natural fue aplicado a un yogurt (Baltazaca y Silva, 2017, p.57).

“Extracción y uso del grano de maíz (*Zea mays* L.) como colorantes en yogurt”, para este trabajo de investigación utilizaron cuatro variedades de maíz peruano entre ellos (Arrocillo, Peruano, Purecha y Cónico), retiraron la capa de la aleurona (es decir la cáscara del maíz), emplearon dos sistemas de solventes en una proporción de (10:1:9 V/V); el primero fue (etanol: ácido acético: agua) tuvo un menor rendimiento pero no es tóxico para aplicación en alimentos y el segundo (metanol: ácido acético: agua) mayor rendimiento el cual es tóxico para ser aplicado en los alimentos, por lo tanto como colorante de yogurt fue empleado el extracto obtenido con etanol en una concentración de 1 mg/100 g de yogurt, verificaron su estabilidad por 25 días midiendo el pH y el color, la mejor fuente de colorantes fue la variedad Peruana tuvo una concentración final de 259.4 mg/100 g de muestra (Salinas, Rubio y Díaz, 2005).

“Extracción de antocianina a partir de maíz morado (*Zea mays* L), para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria”, mediante dicho estudio obtuvieron el colorante antocianina a partir de la coronta del maíz morado, para lo cual utilizaron solventes como agua y etanol 60° en una relación de (1:6 V/V), posteriormente utilizaron ácido cítrico en una relación (1:3 P/V) adicionaron carboximetilcelulosa como encapsulante para atomizarlo (Hernández, 2016, p.31).

Objetivos de la Investigación

General

Obtener los colorantes naturales del camote (*Ipomoea batatas*), col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y maíz morado (*Zea mays* L.) para el uso en la industria de alimentos.

Específicos

- Realizar el análisis proximal del camote (*Ipomoea batatas*), col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y maíz morado (*Zea mays* L.).
- Efectuar la extracción de los colorantes naturales de los productos agrícolas en estudio por el método de soxhlet.
- Determinar los parámetros físico-químicos y evaluar la calidad microbiológica de los colorantes obtenidos.
- Aplicar los colorantes naturales obtenidos a un producto alimenticio (yogurt natural) y evaluar sus características organolépticas, pH y aceptabilidad.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Industria alimentaria

Se refiere a las empresas que realizan actividades basadas en el tratamiento, transformación, preparación, conservación y acondicionamiento de un producto alimenticio, para lo cual emplean materias primas de fuentes agrarias como es animal y vegetal (Raventós, 2015, p.17-18).

1.1.1. Alimento

“Es toda sustancia elaborada, semielaborada o en bruto, que se destina al consumo humano, incluyendo las bebidas, la goma de mascar y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la elaboración, preparación o tratamiento de alimento” (Ecuador, Instituto de Normalización INEN 1334-1, 2014, p.1).

1.1.2. Clasificación de los alimentos

- **Alimento artificial:** Es aquel alimento procesado en el cual los ingredientes que los caracterizan son artificiales
- **Alimentos transgénicos:** Son los alimentos obtenidos por técnicas recombinantes
- **Alimento irradiado:** Es el alimento que ha sido tratado con radiación ionizante
- **Alimento natural:** Es aquel que se utiliza tal como se presenta en la naturaleza, sin haber sufrido transformación en sus características o composición
- **Alimento orgánico o ecológico:** Son los productos alimenticios de origen agropecuario (Ecuador, Instituto de Normalización INEN 1334-1, 2014, p.1).

1.2. Descripción de los productos agrícolas en estudio

1.2.1. Camote

Este producto agrícola también es conocido como batata, boniato o papa dulce, es un tubérculo originario de la zona tropical de Sudamérica (García et al., 2016, p.288), se considera que uno de los hallazgos más antiguos tuvo lugar en Perú aproximadamente hace 10000 años (Cusumano y Zamudio, 2013, p.2), desde allí se ha distribuido a los diferentes continentes.

A nivel mundial la producción de camote alcanza los 133 millones de Tn, esto lo ubica en el séptimo cultivo de productos alimenticios, es producido en Asia, África, América Latina y El Caribe, los principales productores son China, Indonesia, Nigeria, Uganda y Vietnam (Benavides et al., 2010, p.33).

El Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), indica que en Ecuador las condiciones climáticas favorecen su siembra, es así que en el año 2009 tuvo un cultivo de 1147 ha, con una producción estimada de 3613 Tm, su mayor aporte radica en la región Costa con un 47%, seguido de la Sierra 42% y finalmente la Amazonía con un 11%, principalmente en Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Esmeraldas, El Oro, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, Santa Elena y Tungurahua. (Cobeña et al., 2017, p.12). (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2016).

1.2.1.1. Taxonomía del camote

El camote posee las siguientes características taxonómicas:

Tabla 1-1: Descripción taxonómica de *Ipomoea batatas*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Convolvulaceae
Género	<i>Ipomoea</i>
Especie	<i>Batatas</i>

Fuente: (Cusumano y Zamudio, 2013, p.2)

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

1.2.1.2. Descripción botánica del camote

Es una planta perenne, presenta un raíz tuberosa redondeada en la parte central o esférica en el extremo distal que mide alrededor de 30 cm de largo y 20 cm de diámetro, con tallo rastrero de color verde, púrpura o inclusive rojizo, es cilíndrico de hasta 40 cm de longitud, sus hojas son verdes de forma acorazonada, lobulada, en otros casos hendida con pecíolo de hasta 20 cm, sus flores tienen forma acampanada de coloración blanca o violeta y su fruto es una cápsula redondeada pequeña con diámetro de 3 a 7 mm (Cusumano y Zamudio, 2013, pp.2-4).



Figura 1-1: *Ipomoea batatas*. Tubérculo morado

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Es una planta anual, su periodo de crecimiento es corto pudiendo durar de 90 a 120 días, la parte útil es su raíz tuberosa constituyéndose en el objetivo comercial para ser su cultivado, presenta variedades que se diferencian en base a la coloración de su pulpa, de esta manera se presentan camotes con pulpa blanca, roja, rosa, morada y amarillo pálido o naranja, también pueden diferir por su sabor en dulce y salado (Mohanraj y Sivasankar, 2014, pp.1-2).

Este tubérculo se adapta fácilmente a diversos suelos, aunque prefiere los arcillosos, de textura gruesa, con un buen drenaje, requiere una humedad relativa de 80 a 85%, la temperatura mínima para su producción es de 12°C, siendo la óptima 21°C, tolera pH ácidos de 4.5 y neutros de 7.5 siendo el óptimo un pH de 6, dichas condiciones climáticas le permiten incrementar su desarrollo (Benavides et al., 2010, p.34).

1.2.1.3. Composición nutricional del camote

La Fundación Universitaria Iberoamericana (FUNIBER) mediante su base de datos da a conocer la composición nutricional por cada 100 g de camote morado:

Tabla 2-1: Composición nutricional de *Ipomoea batatas*

Nutriente	Cantidad
Energía	114
Proteína	1.10
Grasa total (mg)	0.10
Colesterol (mg)	-
Glúcidos	28.80
Fibra (g)	1.10
Calcio (mg)	19
Hierro (mg)	2.10
Yodo (μg)	-
Vitamina A (mg)	10
Vitamina C (mg)	48
Vitamina D (μg)	-
Vitamina E (mg)	0
Vitamina B12 (mg)	-
Folato (μg)	0

Fuente: (Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017, a)

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

1.2.1.4. Usos alimenticios del camote

Es utilizado para la extracción de alcohol, almidón, elaboración de chifles y la obtención de harina (Pinto, 2012), por su elevado contenido de almidón se usa en la preparación de dulces, jarabe, mientras que por su capacidad de sustituir en al menos un 30% a la harina de trigo se aprovecha para hacer pan y pasteles (Benavides et al., 2010, p.34).

Es un alimento con propiedades nutraceuticas (beneficioso para la salud), por ser una fuente de antocianinas (colorante natural) principalmente en la variedad morada, dicho aditivo natural es un ingrediente funcional en la industria de panadería, confitería, jugos, bebidas y productos lácteos (Xu et al., 2015, pp.1-3).

1.2.2. Col morada

Esta especie vegetal es conocida también como col lombarda y col roja es originaria del Mediterráneo, se estima que 2500 años antes de Cristo ya era cultivada en Egipto (Moreu, 2015), además se elude que fue encontrada de forma silvestre en las costas de Inglaterra y al oeste de Francia, de esta manera se distribuyó por toda Europa y de allí a diversos lugares del mundo (Fornaris, 2014, pp.1-2).

El Ministerio de Agricultura Alimentación y Medioambiente (MAGRAMA) de España destaca que la mayor producción y consumo de coles radica en países como China, India, Rusia y Japón, mientras que España alcanzó una producción de 50000 Tn en el año 2008, de esta manera se ubicó en el vigésimo segundo lugar (MAGRAMA, 2010).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) da a conocer la producción de este vegetal en el Ecuador, destaca su cultivo en la región Sierra, principalmente en las provincias de Chimborazo, Pichincha, Tungurahua y Azuay con una extensión aproximada de 1843 ha en sus diferentes variedades entre ellas col morada, repollo, col de milán, col de bruselas y coliflor, mientras que en la región Costa y Oriente es producida en pequeñas cantidades (FAO, 2011).

1.2.2.1. Taxonomía de la col morada

La col morada presenta las siguientes características taxonómicas:

Tabla 3-1: Descripción taxonómica de *Brassica oleracea* var, *capitata*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	<i>Brassica</i>
Especie	<i>Oleracea</i>

Fuente: (Davise et al., 2015)

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

1.2.2.2. Descripción botánica

Es una planta bianual posee una raíz axoforma (única raíz principal bien desarrollada), su tallo es pequeño, erguido, semileñoso sin ramificaciones alcanza alturas de hasta 60 cm, sus hojas forman una especie de cabeza o capullo, son anchas, ovaladas, pecioladas, con nervaduras, sus flores posee pedicelos (soporte alargado que sujeta a una flor) y pétalos amarillos, su fruto es cónico que contiene aproximadamente 13 semillas de color café o gris (Fornaris, 2014, pp.2-3).



Figura 2-1: *Brassica oleracea* var. *capitata* Repollo

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

El cultivo de este vegetal se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque tiene un mejor desarrollo aquellos que son ricos en materia orgánica, con buen drenaje, prefiere los climas templados, tolera temperaturas entre 0°C y 27°C, siendo la óptima de 15 a 20°C, su pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5 (Benavides et al., 2010, p.111), además el color particular de sus hojas está directamente relacionado con el pH del suelo, es así que a un pH ácido las hojas toman un color rojizo mientras que a un pH alcalino se tornan a un coloración violeta azulado (Moreu, 2015).

En Ecuador se cultivan variedades como la coliflor blanca, morada y verde, la col de Milán de color verde, la col de repollo que se diferencia en base a su periodo de cosecha, la col de Bruselas de textura firme y color verde intenso, la col morada que a su vez puede ser rojiza o violeta azulado dependiendo el pH del suelo donde haya sido cultivada (FAO, 2011).

1.2.2.3. Composición nutricional

Composición nutricional por 100 g de col morada:

Tabla 4-1: Composición nutricional de *Brassica oleracea* var. *capitata*

Nutriente	Cantidad
Energía	30
Proteína	1.70
Grasa total (mg)	0.10
Colesterol (mg)	-
Glúcidos	7
Fibra (g)	1.50
Calcio (mg)	32
Hierro (mg)	0.70
Yodo (μg)	-
Vitamina A (mg)	10
Vitamina C (mg)	71
Vitamina D (μg)	-
Vitamina E (mg)	0
Vitamina B12 (mg)	-
Folato (μg)	0

Fuente: (Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017, b)

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

1.2.2.4. Usos alimenticios

La hojas y tallo de esta hortaliza son ampliamente utilizadas en gastronomía para la preparación de diferentes platillos ya sean crudas o cocidas, proveen un gran aporte de vitamina A y C, también sirve para preparar el chucrut (col agria), que consiste en la fermentación del repollo de col en su propio jugo al cual se le añade sal (Benavides et al., 2010, p.111).

Por la presencia de sustancias fitoquímicos como los glucosinolatos, isocianatos, indoles y flavonoides (antocianinas), se convierte en un alimento nutraceutico (Moreu, 2015), se resaltan estos compuestos por su acilación lo cual les hace ideales para la tinción de alimentos ya que contribuye a la estabilidad de la matriz alimenticia frente a factores como a la luz y las temperaturas de procesamiento (Ahmadiani et al., 2014, p.7524).

1.2.3. Maíz morado

Esta especie vegetal tuvo su origen en América Latina, en países como Bolivia, México y Perú, de esta manera se difundió a otros países por su color particular (Quishpe, Arroyo y Gorriti, 2011, p.206), era considerado como un alimento sagrado, por esta razón en uno de los principales museos de Trujillo-Perú reposan las evidencias de este producto prehistórico, también era conocido como oro, kulli o sara, actualmente puede florecer tanto en forma silvestre como doméstica (Guillén, Mori y Paucar, 2014, p.211).

El maíz es una de las principales fuentes alimenticias, es así que a nivel mundial su cultivo ocupa el segundo lugar de los cereales, lo que ha permitido que se extienda por todo el mundo alcanzando un cultivo de 177 millones de ha, con una producción anual de 872 millones de Tn dentro de los países que encabezan su producción se encuentra Estados Unidos, China y Brasil con un porcentaje del 73% anualmente en sus diversas variedades (Sánchez y Pérez, 2014, p.165).

En Ecuador la siembra en la región Sierra inicia en el mes de agosto y finaliza en octubre, mientras que en la Costa se cultiva a partir del mes de octubre, su densidad productiva es de aproximadamente 8200 plantas/ha, en lo que compete a su periodo de cosecha tiene un promedio de 5 a 6 meses («Maíz morado» 2017).

1.2.3.1. Taxonomía del maíz morado

El maíz morado presenta las siguientes características taxonómicas:

Tabla 5-1: Descripción taxonómica de *Zea mays* L.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales Small
Familia	Poaceae Barnhart
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>

Fuente: (Sánchez y Pérez, 2014, p.151)

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

1.2.3.2. Descripción botánica

Es una planta frondosa con una raíz principal y varias secundarias que permiten su anclaje en la tierra, su tallo es erecto de altura variable que va de 2 hasta 6 m, además posee nudos de los cuales se desprenden las hojas las mismas que son alargadas, lanceoladas, en el punto de unión entre la estructura del tallo y las hojas brota la inflorescencia femenina conocida como mazorca (grano y coronta) lo que constituyen el fruto el cual está cubierto por hojas, del cual salen una especie de barbas (Sánchez y Pérez, 2014, pp.152-153).



Figura 3-1: *Zea mays* L. Mazorca

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

En lo que compete a sus requerimientos de cultivo se adapta bien a los diferentes tipos de suelo, de preferencia los de textura arcillosa, que tenga buen drenaje, la temperatura óptima para su desarrollo es de 24°C, con un pH de 5 a 7, presenta un periodo vegetativo de 5 a 6 meses para poder ser cosechado (Benavides et al., 2010, p.9).

Las variedades del maíz se diferencian por la naturaleza del endospermo (tejido del embrión), así como también por la forma que poseen dichos granos, por otro lado la coloración también ayuda a su diferenciación de esta manera se encuentran granos blancos, amarillos, azules, morados, rojos y negros (Benavides et al., 2010, p.9).

1.2.3.3. Composición nutricional

Composición nutricional por 100 g de maíz morado sin coronta:

Tabla 6-1: Valor nutritivo de *Zea mays* L.

Nutriente	Cantidad
Energía	355
Proteína	7.30
Grasa total (mg)	3.40
Colesterol (mg)	-
Glúcidos	76.20
Fibra (g)	1.80
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	0.20
Yodo (μ g)	-
Vitamina A (mg)	-
Vitamina C (mg)	2.10
Vitamina D (μ g)	-
Vitamina E (mg)	-
Vitamina B12 (mg)	-
Folato (μ g)	-

Fuente: (Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017, c)

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

1.2.3.4. Usos alimenticios

El elevado contenido de almidón de las diferentes variedades de maíz son aprovechadas a escala industrial como agente espesante, floculante y gelificante en alimentos, también elaboran jarabes, maltodextrinas, polioles, extraen aceite y harina, producen chicha morada y zarzamora, mientras que en la industria cervecera es una fuente esencial para obtención de alcohol. (Grande y Orozco, 2013, pp.105-107). (Reyna, 2016).

El maíz morado contiene un colorante púrpura debido a la presencia de compuestos flavonoides como las antocianinas, esto lo hace útil en la industria farmacéutica y alimentaria como colorante natural (Sotomayor, 2013, p.69).

1.3. Colorantes en alimentos

Son sustancias empleadas como aditivos en los alimentos (Sánchez, 2013, p.238), con la finalidad de hacerlos más llamativos para el consumidor, resaltando así su color original que pudo verse afectado por algún proceso de fabricación e inclusive puede conferirle una nueva coloración (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.16).

Los colorantes para los alimentos se clasifican en:

- Colorantes artificiales/sintéticos: Si son productos modificados química o físicamente, dentro de éstos sobresalen los colorantes azoicos y no azoicos (Sánchez, 2013, p.238).
- Colorantes alimentarios naturales: Son extraídos a partir de una fuente natural, que puede ser de origen vegetal si proceden de las diferentes partes de las plantas como flores, frutas, semillas, hojas, cortezas, troncos, raíces; otros son de origen animal y mineral (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.16). (Yusuf, Shabbir y Mohammad, 2017, pp.130-131).
- Colorantes alimentarios idénticos a los naturales: Son sintetizados a nivel industrial sin embargo pueden imitar a los de origen natural (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.16).

1.3.1. Colorantes sintéticos

Este tipo de colorantes requieren de certificación, por lo tanto antes de ser aprobados son rigurosamente analizados para comprobar que cumplan con las especificaciones emitidas por las autoridades sanitarias en los diversos países, de esta manera los colorantes que poseen certificación son las antraquinonas conforman el 22% en ventas mundiales seguido de los azoicos con un 31% (Belmonte et al., 2016, pp.25-26).

Los colorantes sintéticos más utilizados en la industria de alimentos son el rojo 2g (E128) para productos cárnicos y algunas bebidas; el azul brillante (E133) en confitería, repostería, bebidas, helados; la indigotina (E132) para las gomas de mascar; verde rápido (E143) para teñir productos lácteos, mermeladas; la eritrosina (E127) para productos lácteos, mermeladas, repostería, cárnicos; rojo allura (E129) en bebidas no alcohólicas, yogurt, confitería; amaranto (E123) para bebidas alcohólicas, enlatados, confitería y tartracina (E102) como colorante de bebidas gaseosas, alcohólicas, energéticas, repostería (Belmonte et al., 2016, pp.26-31).

1.3.2. Colorantes naturales

La utilización de los colorantes naturales en los alimentos es una tendencia actual, tanto para los fabricantes como para los consumidores donde diversos estudios han demostrado que la población prefiere los aditivos naturales en lugar de los artificiales, la principal razón es cuidar su salud. (Yusuf, Shabbir y Mohammad, 2017, p.141). (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.2).

Los colorantes naturales aprobados para los alimentos son:

- **Antocianinas:** Se identifican con el código (E163), son hidrosolubles, sus colores son rojo, violeta y azul, son utilizadas para colorear postres en polvo, lácteos, confitería, refrescos y preparados de frutas. (Xu et al., 2015, pp.1-2). (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.17).
- **Betaninas:** Son hidrosolubles, la única aprobada es de la remolacha con el código (E162), su color rojo-violeta (betacianinas) y amarillo-anaranjado (betaxantinas), se aplican en productos lácteos y cárnicos. (Rodríguez, 2016, pp.10-11). (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, pp.17-18).
- **Carotenoides:** Son liposolubles, su gama de color es amarillo-anaranjado, el β -caroteno es el más común, son una gran opción como colorantes en productos lácteos, salsas, adobos, especias, bebidas. (Rohrig, 2015). (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.17).
- **Clorofilas:** Se encuentran bajo el código (E140), son liposolubles, su coloración es verde, se utilizan en los alimentos tanto la (a) como la (b) para colorear productos lácteos, dulces, bebidas, helados. (Rohrig, 2015). (Rodríguez, 2016, p.12).
- **Curcumina:** Se identifica como (E100), es hidrosoluble, presenta un color amarillo intenso, es empleado como colorante para derivados lácteos, helados, especias y mostaza (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.18).
- **Ácido carmínico:** Su código es (E120), su principal fuente es el insecto *Dactylopius coccus*, su color es rojo brillante, se emplea como colorante de mermeladas, gelatina y derivados lácteos (Carocho, Morales y Ferreira, 2015, p.18).

La demanda comercial de estos colorantes está encabezada por los carotenoides en un 34%, seguido de las antocianinas con el 24% y el resto un 10%, se pretende que para el 2020 los porcentajes hayan incrementado en un 6.4% (Ministerio de Agricultura de Chile, 2017).

1.3.2.1. Las antocianinas como colorantes naturales

Son pigmentos hidrosolubles que han ganado interés por la industria de alimentos como una alternativa de colorante natural a los colorantes sintéticos (Kamiloglu et al., 2015, p.21556), poseen coloraciones rojas, violetas y azuladas dichas tonalidades las hace atractivas para teñir los alimentos (Vuarant, 2010, p.138).

Se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza especialmente en los frutos y vegetales de colores rojizos como son los arándanos, cerezas, cebollas rojas, frambuesas, fresas, rábanos, ajíes o chiles, así como también en ciruelas, grosellas moradas, uvas, zarzamora (Vuarant, 2010, p.139), otros productos agrícolas como la col morada, el camote morado, la baya de sauco y la zanahoria negra también son otra excelente fuente de antocianinas que se emplean como colorantes de alimentos aprobados en diversos países (Ahmadiani et al., 2014, p.7524).

Por su estructura química pertenecen al grupo de los flavonoides, en la naturaleza se presentan cómo glucósidos denominados antocianidinas, se estima la presencia de más de 600 de las cuales solamente 6 son las más comunes entre ellas Cianidina (Cy), Delfinida (Dp), Malvidina (Mv), Pelargonidina (Pg), Peonidina (Pn), Petunidina (Pt), sus características estructurales son dos anillos aromáticos (A y B) y un anillo heterocíclico (C), éstas se diferencian por los sustituyentes R_1 y R_2 que se evidencian en la figura 4-1, que a su vez se unen a los azúcares como la arabinosa, galactosa, glucosa, ramnosa, rutinosa y xilosa (Kamiloglu et al., 2015, pp.21556-21557). (Vuarant, 2010, p.139).

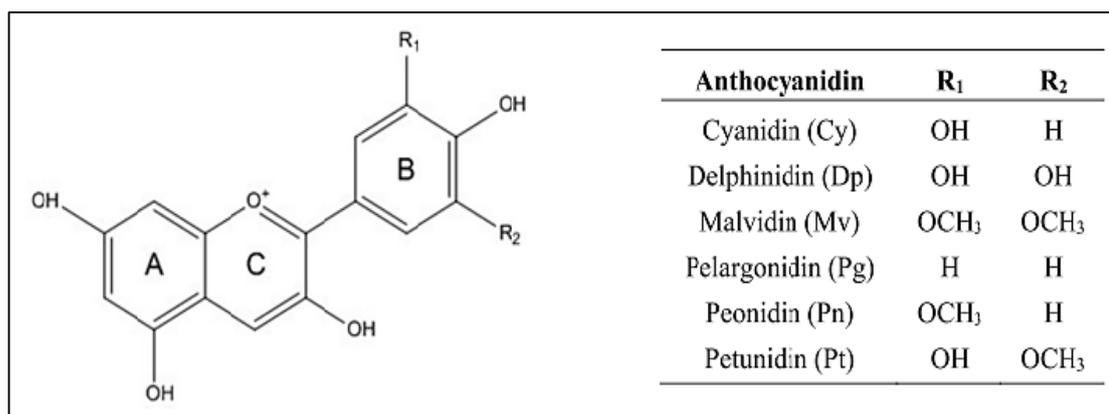


Figura 4-1: Estructura de las principales antocianinas

Fuente: (Kamiloglu et al., 2015, p.21557)

1.3.2.2. Productos agrícolas en estudio como fuente de colorantes naturales

En la presente investigación se emplearon productos agrícolas ecuatorianos como el camote morado, la col morada y el maíz morado, como fuente de extracción de colorantes naturales, se resalta su importancia basada en estudios previos:

- Camote morado: Posee un contenido elevado de antocianinas aciladas de color rojo, violeta-azulado, lo que contribuye a una mayor estabilidad (Sun et al., 2018, p.1), además por su alta capacidad colorante en Japón su puré es un colorante común para la industria de jugos, bebidas, confitería, panadería y láctea (Xu et al., 2015, pp. 1-2).
- Col morada: Presenta un alto rendimiento de antocianinas mono y diaciladas, esta característica le ayuda a su estabilidad en la matriz alimenticia, además sus colores variados como el rojo, naranja, violeta y azul, hacen de este vegetal un excelente colorante natural para alimentos con pH neutro y otros ligeramente alcalinos. (Ahmadiani et al., 2014, p.7524). (Mizgier et al., 2016, p.134).
- Maíz morado: La mazorca constituida por el grano y la coronta son un fuente rica de antocianinas de color púrpura-violeta, estos compuestos son fáciles de incorporar a los alimentos por lo tanto se convierte en una alternativa de colorante natural para la industria de alimentos y farmacéutica (Sotomayor, 2013, p.69).

1.4. Extracción de colorantes

Se aplican métodos como soxhlet, maceración o concentración en solventes como agua, metanol, etanol, acetona o combinaciones de los mismos, la muestra puede encontrarse fresca o seca lo esencial es que haya sido sometida a un proceso de reducción de tamaño entre ellas triturado, molienda, cortado o picado, lo cual facilitará la extracción (Núñez, 2008), además si el colorante va a ser aplicado en la industria de alimentos, es indispensable que se utilicen solventes no tóxicos, siendo el etanol el más adecuado, este a su vez podrá ser acidificado para estabilizar el pigmento y mejor la extracción (Lao y Giusti, 2018, pp.4-5). (Aguilera et al., 2011, p.17).

Para la extracción del colorante antocianina con fines aplicativos en la industria de alimentos se utilizarán solventes como el etanol en diferentes concentraciones el cual deberá ser acidificado con ácido cítrico en concentraciones de 0.01% y 0.03% relación P/V (Menéndez y Torres, 2008, p.2).

1.4.1. Extracción de colorantes por soxhlet

Permite utilizar muestras en los tres estados de la materia sólido-líquido, líquido-líquido y gas-líquido, para la extracción de colorantes la más utilizada es de tipo sólido-líquido, este equipo está diseñado en vidrio, consta de cuatro partes fundamentales de abajo hacia arriba, la fuente de calor (reverbero o Baño María), un balón o matraz, la cámara de extracción o sifón y el refrigerante que posee dos orificios laterales por el inferior ingresa el agua y por el superior sale el agua, la cual circula a través de mangueras flexibles y funciona como un sistema de enfriamiento (Núñez, 2008).

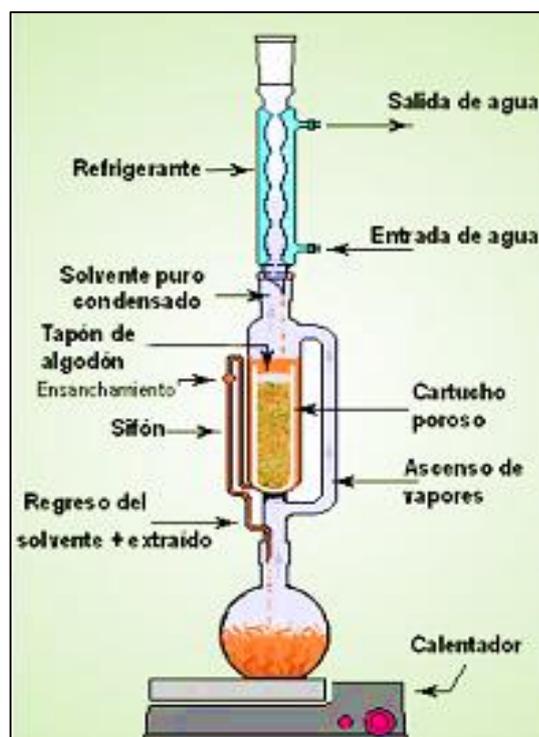


Figura 5-1: Equipo soxhlet y sus partes

Fuente: (Núñez, 2008)

La extracción se fundamenta en las siguientes etapas, inicialmente el solvente es colocado en el balón, posteriormente la muestra pesada es introducida en un dedal (cartucho de papel filtro) y se colocará en la cámara de extracción, el siguiente paso es la ebullición del solvente el cual se evapora hasta el refrigerante donde se condensa y cae en la cámara de extracción que contiene a la muestra, una vez que se llena el sifón se produce la sifonación es decir que el solvente baja nuevamente al balón, de esta manera se produce la extracción y se estima que llega a su punto final cuando el solvente que ha ascendido al sifón tiene un color transparente (Núñez, 2008).

1.4.2. Esquema general para la extracción del colorante natural

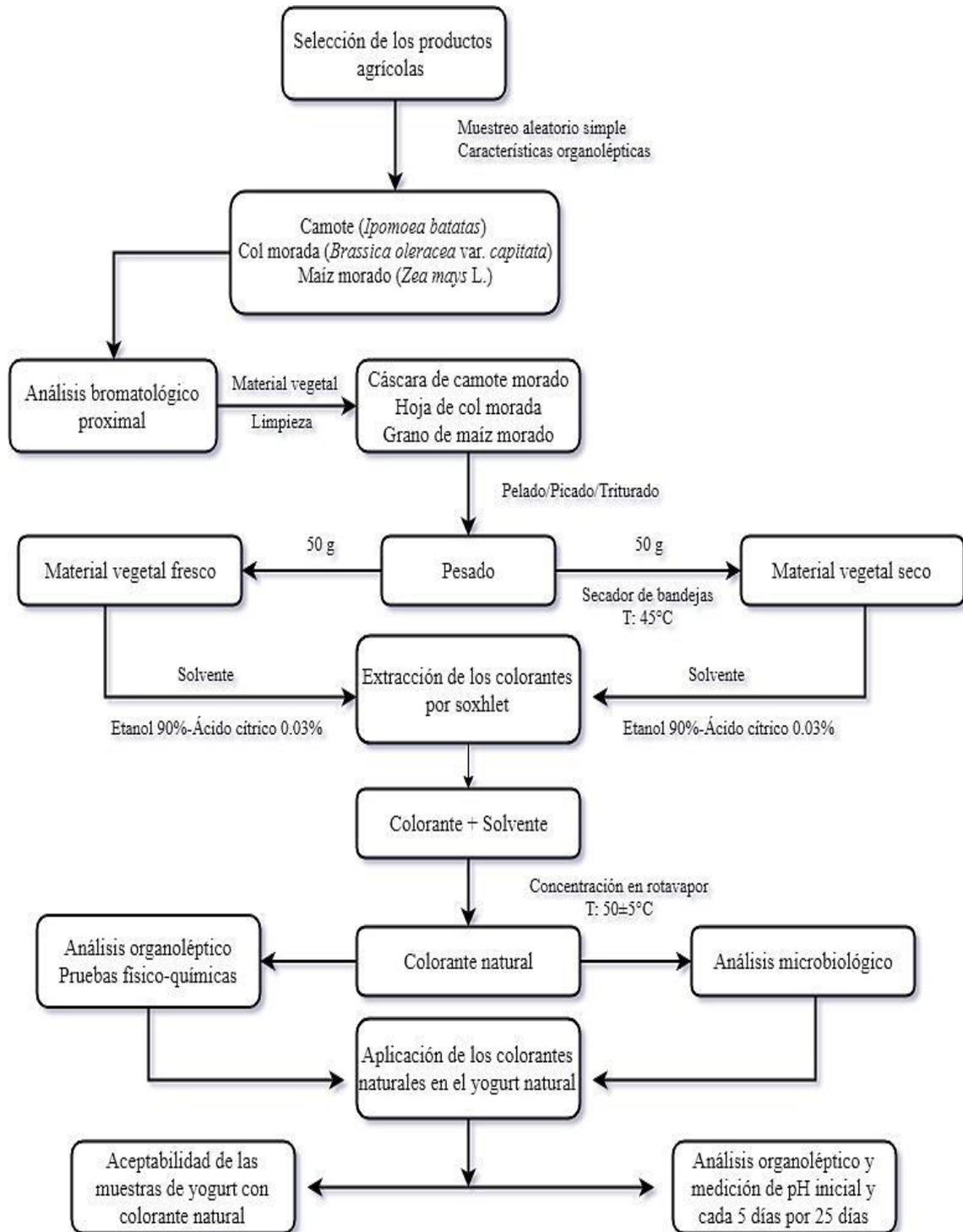


Figura 6-1: Procedimiento general del estudio

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lugar de la investigación

El estudio fue realizado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en los laboratorios de Análisis Instrumental y Química Analítica, Bromatología, Procesos Industriales, Productos Naturales y Microbiología de la Facultad de Ciencias.

2.2. Tipo y diseño del estudio

La investigación realizada es de tipo experimental, basada en la extracción de colorantes naturales a partir de productos agrícolas ecuatorianos para uso alimenticio, con un enfoque cualitativo que recaba la información científica necesaria para el desarrollo del estudio y cuantitativo ya que requiere escalas de medición porque se hallan implicados valores numéricos.

2.3. Población de estudio

Tubérculo de camote morado, repollo de col morada y mazorca de maíz morado.

2.3.1. *Tamaño de muestra*

Cantidad estimada para cada muestra 500 g:

- Cáscara de camote (*Ipomoea batatas*)
- Hojas de col morada (*Brassica oleracea* var. *capitata*)
- Grano de maíz morado (*Zea mays* L.)

2.3.2. *Unidad de análisis*

Colorante natural extraído de las muestras en estudio.

2.4. Materiales, equipos y reactivos

2.4.1. Materiales

Tabla 1-2: Lista de materiales

N°	Material	Cantidad	Finalidad
1	Mandil	2	Bioseguridad en el laboratorio
2	Guantes de látex (caja)	2	
3	Mascarilla (caja)	2	
4	Cofia (paquete)	1	
5	Rotulador permanente	2	Identificación de muestras
6	Adhesivos (paquete)	2	
7	Cápsula de porcelana	6	Análisis proximal del material vegetal en estudio
8	Crisoles de porcelana	6	
9	Pinzas de metal	2	
10	Papel aluminio (rollo)	1	Secado del material vegetal
11	Fundas ziploc (paquete)	2	
12	Cuchillo	1	
13	Alcoholímetro	1	Preparación de solventes
14	Balón de aforo de 1000 mL y 250 mL	2	
15	Probetas de 100 mL	2	
16	Pipeta graduada de 10 mL y 5 mL	2	
17	Papel aluminio (rollo)	1	
18	Espátula metálica	1	Extracción de colorantes naturales
19	Soxhlet	3	
20	Soporte universal	3	
21	Pinzas para soporte universal	6	
22	Mangueras flexibles de plástico	6	
23	Reverbero	3	
24	Papel Whatman #1(pliego)	4	
25	Hilo fino blanco para coser (rollo)	2	
26	Cronómetro	2	
27	Agujas de coser fina	2	Concentración de colorantes naturales
28	Frascos ámbar de vidrio de 500 mL	18	
29	Balones redondos de 500 mL	2	
30	Probetas de 100 mL	2	
31	Papel Whatman #1(pliego)	2	
32	Microcubetas para hielo	2	
33	Embudos de vidrio	2	
34	Frascos ámbar de vidrio de 100 mL	18	Pruebas fisicoquímicas del colorante natural
35	Vasos de precipitación de 50 mL	6	

36	Picnómetro de 10 mL	6	
37	Balón de aforo de 100 mL	1	
38	Balones de aforo de 50 mL	6	
39	Probeta de 50 mL	2	
40	Pipeta graduada de 10 mL	1	
41	Pipeta Pasteur	18	
42	Piseta de 500 mL	1	
43	Pera de succión	1	
44	Tubos de vidrio de 10 mL con tapa	18	
45	Gradilla para tubos	1	
46	Papel toalla (rollo)	4	
47	Cajas petri	18	
48	Cajas CompactDry EC	12	
49	Tubos de vidrio de 10 mL con tapa	8	
50	Asa de vidrio	2	
51	Micropipeta de 1000 µL	1	
52	Puntas azules para micropipeta	20	
53	Mechero para alcohol	2	
54	Erlenmeyer de 500 mL	2	
55	Gasa (rollo)	1	
56	Probeta de 100 mL	1	
57	Vasos de precipitación de 50 mL	3	Aplicación de los colorantes naturales al yogurt natural
58	Jeringuillas de 3 mL	6	
59	Envase para yogurt de 120 mL	36	
60	Vasos de precipitación de 50 mL	3	Control del pH en el yogurt natural con colorante natural
61	Papel toalla (rollo)	1	

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

2.4.2. Equipos

Tabla 2-2: Lista de equipos

N°	Equipo	Condiciones	Determinación
1	Balanza analítica RADWAG (HDM)	-	Pesaje para diversos análisis
2	Penetrómetro HUMBOLT	-	Medición de la dureza de los productos agrícolas
3	Estufa PROINGAL	105±3°C	Análisis proximal del material vegetal en estudio
4	Mufla IVYMEN SYSTEM	505±3°C	
5	Desecador FLAVIT GLASS	Norma INEN 1669/2017	
6	Cabina extractora de humo	-	
7	Secador de bandeja tipo armario	45°C	Secado del material vegetal
8	Rotavapor BÜCHI 461 Water	50±5°C	Concentración de colorantes

	Bath		
9	Nevera	6 -8°C	Almacenamiento de colorantes
10	pH-metro FISHER SCIENTIFIC	17-22°C	Pruebas fisicoquímicas del colorante natural
11	Refractómetro digital RA-626	17-21°C	
12	Espectrofotómetro UV-VISIBLE THERMO	Longitud de onda (λ): 400-700 nm	
13	Espectrofotómetro JASCO FT/IR-4100	Número de onda: 3700-500 cm^{-1}	
14	Autoclave TUTTNAUER 2340 MK	125°C	Análisis microbiológico de los colorantes naturales
15	Cabina de flujo laminar	-	
16	Estufa MEMMERT	37°C	
17	pH-metro BOECO BT-675	17-22°C	Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt natural
18	Refractómetro digital RA-626	17-21°C	
19	pH-metro BOECO BT-675	17-22°C	Control del pH en el yogurt con colorante natural

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

2.4.3. Reactivos

Tabla 3-2: Lista de equipos

N°	Reactivo	Ensayo
1	Etanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 90%	Extracción de colorantes naturales
2	Ácido cítrico $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (3% P/V)	
3	Agua destilada	
4	Metabisulfito de sodio $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (1% P/V)	Inhibición del pardeamiento enzimático del camote
5	Agua destilada	Pruebas fisicoquímicas del colorante natural
6	Alcohol antiséptico	
7	Sabouraud dextrosa w/ Chloramphenicol	Análisis microbiológico de los colorantes naturales
8	Bacto™ Peptone	
9	Agua destilada	
10	Alcohol antiséptico	
11	Agua destilada	Aplicación de los colorantes naturales al yogurt natural y medición del pH
12	Agua de botellón	Limpieza de materiales
13	Agua destilada	

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

2.5. Metodología

2.5.1. Método descriptivo

Se partió con la selección de la materia prima, la cual fue adquirida en el “Mercado Mayorista” de la provincia de Chimborazo, en la ciudad Riobamba, para lo cual fue aplicado un tipo de muestreo aleatorio simple, se tomó en consideración sus características organolépticas como el color, aspecto y aroma, que se encuentren en un nivel óptimo de madurez y frescura, que estén sanas, sin picaduras de insectos y sin golpes, por otro lado se excluyeron aquellas que no cumplieron con las especificaciones anteriores.

Se adquirió una cantidad aproximada de 25 tubérculos de camote 2000 g, 4 repollos de col morada 1200 g y 15 mazorcas de maíz morado 1000 g; los lugares de procedencia de los productos agrícolas fueron, para el camote la provincia de Pichincha, ciudad de Quito; para la col morada, provincia de Tungurahua, ciudad Ambato y para el maíz morado fue la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro.

Una vez obtenidas las muestras se realizó el análisis bromatológico proximal donde se determinó el contenido de humedad, cenizas, fibra y proteína

En la segunda fase se procedió con la extracción de los colorantes naturales en el equipo soxhlet, empleando como solventes etanol al 90% acidificado con ácido cítrico 0.03% P/V, se utilizó el material vegetal fresco y seco obtenido en el secador de bandejas tipo armario a una temperatura de 45°C, una vez extraído el colorante con solvente (extracto), éste fue concentrado en el rotavapor a 50±5°C para recuperar el solvente y obtener solo el colorante natural.

En los colorantes naturales se determinaron sus características físico-químicas, entre ellas el pH, densidad relativa, grados Brix e índice de refracción, se realizó la lectura en los espectrofotómetros uv-visible e infrarrojo, solubilidad en agua y aceite vegetal comestible, también se evaluó su calidad microbiológica.

Los colorantes naturales tanto del material vegetal fresco como del seco fueron aplicados en un yogurt natural donde inicialmente se evaluó sus parámetros organolépticos y pH, también se tomaron mediciones cada 5 días durante 25 días en almacenamiento a una temperatura de 6-8°C, finalmente se evaluó su aceptabilidad mediante encuestas de degustación.

2.5.2. Técnicas

2.5.2.1. Análisis proximal de los productos agrícolas en estudio

Cuadro 1-2: Determinación del contenido de humedad del camote, col morada y maíz morado

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La mayoría de los alimentos contienen agua, las frutas y vegetales poseen una mayor proporción que otros, este tipo de componente está presente como humedad, por lo tanto determinar su contenido es indispensable para saber la estabilidad, conservarlo y conocer el valor nutritivo del alimento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Balanza analítica • Desecador • Cápsulas de porcelana • Pinzas de cápsulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar la estufa a la fuente de 110 V • Encender la estufa para tarar (peso constante) la cápsula de porcelana a 105±3°C • Tomar la cápsula tarada y pesar 5 a 10 g de muestra repartiéndola uniformemente • Sujetar con la pinza la cápsula con la muestra e introducir en la estufa a 105±3°C por un lapso de 6 a 8 h, hasta obtener peso constante • Sacar la cápsula de la estufa y colocar en el desecador hasta temperatura ambiente • Retirar la cápsula del desecador y pesarlo 	<p>Ec. 1:</p> $\%H = 100 - \left(\frac{M_2 - M}{M_1 - M} \right) * 100$ <p>Dónde:</p> <p>%H= porcentaje de humedad M= masa de la cápsula vacía en (g) M₁= masa de la cápsula con la muestra en (g) M₂= masa de la cápsula con la muestra después del calentamiento en (g) 100= factor matemático</p>

Fuente: (Ramírez, 2008, pp.2-6).

Cuadro 2-2: Determinación del contenido de cenizas totales del camote, col morada y maíz morado

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Las cenizas son el resultado de la incineración de la materia orgánica del alimento, el cual es un residuo de color blanco, su valor permite determinar posibles adulteraciones en el alimento ya que es un indicador de su calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mufla • Balanza analítica • Desecador • Cisoles de porcelana • Pinzas de cisoles 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar la mufla a la fuente de 110 V • En un crisol de porcelana previamente tarado pesar de 5 a 10 g de muestra • Calcinar la muestra en un reverbero hasta que deje de desprender humo, se lo deberá realizar dentro de la campana de extracción de gases • Sujetar el crisol y transferirlo a la mufla a $505\pm 3^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 4 a 6 h, para su incineración hasta obtener cenizas de color blanco • Sacar el crisol de la mufla y colocar en el desecador hasta temperatura ambiente • Retirar la crisol del desecador y pesarlo 	<p>Ec. 2:</p> $\%C = \frac{M_1 - M}{M_2 - M} * 100$ <p>Dónde:</p> <p>%C= contenido de cenizas en porcentaje de masa</p> <p>M= masa del crisol vacío en (g)</p> <p>M₁= masa del crisol con la muestra después de la incineración en (g)</p> <p>M₂= masa del crisol con la muestra antes de la incineración en (g)</p> <p>100= factor matemático</p>

Fuente: (Navarro, 2007, pp.9-11)

2.5.2.2. Extracción de colorantes naturales

Cuadro 3-2: Secado del material vegetal camote, col morada, maíz morado

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>El secado constituye la reducción del contenido de humedad, para el secado se utilizó un “secador tipo armario”, se denomina así por su semejanza a un armario de ropa, este equipo es de acero inoxidable, consta de bandejas metálicas fácilmente desmontables, tanto el fondo como las bandejas del mismo tienen pequeños orificios que facilitan la circulación del aire caliente, la temperatura es regulable lo cual permite el secado de todo tipo de alimentos, conservando sus propiedades naturales y manteniendo su color (Brito, 2006.pp-35-38).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • “Secador de bandejas tipo armario” • Balanza • Agua destilada • Vaso de precipitación de 250 mL • Rollo de papel aluminio • Papel toalla • Cuchillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar los materiales que se van a utilizar y las bandejas del secador con agua destilada • Pesarse el material vegetal, lavar con agua de botellón y posteriormente con agua destilada, dejando escurrir su exceso en toallas absorbentes • Pelar la cáscara de camote inmediatamente y sumergirla en una solución de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) al 1% P/V, durante 10 segundos para evitar su pardeamiento enzimático • Cortar las hojas de la col morada en trozos de tamaño homogéneo • Triturar el grano de maíz morado • Cubrir las bandejas del secador con papel aluminio, perforar los orificios y colocar 50 g de cada producto, distribuyéndolo uniformemente • Conectar el equipo a la fuente de 110 V y encenderlo • Realizar el secado durante 12 horas a una temperatura de 45°C • Apagar el equipo sacar las bandejas, retirar el material vegetal seco y pesarlo • Colocar en fundas ziploc para evitar que absorba humedad del ambiente

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Cuadro 4-2: Extracción de colorantes por el método de soxhlet

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Extracción tipo sólido-líquido, utiliza una muestra sólida que se coloca en un dedal y es introducida en la cámara de extracción, en tanto que el solvente es líquido el cual se coloca en el balón, cuando el solvente llega a su punto de ebullición éste asciende al refrigerante se condensa y cae en la cámara de extracción donde está la muestra, una vez que se llena el sifón se produce la sifonación es decir que el solvente baja nuevamente al balón, de esta manera se produce la extracción y se estima que llega a su punto final cuando el solvente que ha ascendido al sifón refleja un color transparente (Núñez, 2008).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos soxhlet • Mangueras flexibles • Reverbero • Balanza analítica • pH-metro • Alcoholímetro • Cronómetro • Etanol 90% • Ácido cítrico 0.03% • Agua destilada • Rollo de papel aluminio y papel toalla • Dedales de papel filtro • Probeta de 100 mL • Balones de aforo de 1000 mL • Frascos ámbar de vidrio de 500 mL • Cuchillo 	<ul style="list-style-type: none"> • Material vegetal fresco, se lavó con agua destilada, se redujo su tamaño y se pesó 50 g para cada producto cáscara del camote, hoja de col morada y grano de maíz morado • Material vegetal seco, se tomaron las muestras secadas en el secador de bandejas cáscara de camote (12.55 g), hoja de col morada (7.65 g) y grano de maíz morado (15.41 g) • Solvente etanol al 90%-ácido cítrico 0.03% (P/V), 400 mL para la extracción de cada muestra • Armar los equipos soxhlet, en el balón añadir 400 mL de solvente, colocar una muestra en cada dedal e introducir en la cámara de extracción, montar el refrigerante y conectar las mangueras para la circulación de agua • Encender el reverbero, abrir la llave de agua e iniciar la extracción hasta su punto final, la temperatura no deberá superar los 60°C • Apagar el reverbero, cerrar la llave de agua, esperar 10 min y desarmarlo • Medir el volumen del extracto, envasar en los frascos de vidrio ámbar • Almacenar el extracto en refrigeración a una temperatura de 6-8°C hasta su concentración en el rotavapor • Lavar el equipo

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Cuadro 5-2: Concentración de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>La concentración en el rotavapor permite la recuperación de los solventes utilizados para la extracción de los colorantes naturales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rotavapor • Probetas de 100 mL • Pliegos de papel Whatman #1 • Embudos de vidrio • Cronómetro • Microcubetas para hielo • Frascos ámbar de vidrio de 100 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Armar el equipo, ajustar el balón para la recolección del solvente en la parte final del condensador • Conectar la manguera flexible de la bomba de vacío al condensador y por la parte superior del mismo alimentarlo con cubos de hielo hasta finalizar el proceso • Conectar el equipo y la bomba a la fuente de 110 V, encender todo el equipo, sumergir el balón con el extracto (colorante con solvente) en el Baño Maria, regular la rotación y la temperatura 50±5°C • Filtrar el colorante en papel Whatman #1 • Medir el volumen de colorante natural y también el volumen de solvente recuperado • Almacenar los colorantes naturales en frascos de vidrio ámbar a una temperatura de 6-8°C hasta su respectivo análisis 	<p>Ec 3:</p> $\%R = \frac{V_f}{V_i} * 100$ <p>Dónde:</p> <p>R= rendimiento de colorante en porcentaje de volumen (%)</p> <p>V_i= volumen de solvente inicial (mL)</p> <p>V_f= volumen de colorante obtenido (mL)</p> <p>100= factor matemático</p>

Fuente: Laboratorio de Productos Naturales, ESPOCH, 2018

2.5.2.3. Pruebas físico-químicas de los colorantes naturales

Cuadro 6-2: Determinación de los parámetros organolépticos de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Implica el uso de los sentidos humanos, para evaluar parámetros como el olor, color, sabor y la apariencia de una muestra, es un análisis cualitativo.</p> <p>Estos parámetros son un indicador de la calidad de los productos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de vidrio de 10 mL con tapa • Gradilla para tubos • Pipeta de 10 mL • Rollo de papel toalla • Cuchara de plástico 	<ul style="list-style-type: none"> • En un tubo de ensayo limpio y seco colocar un volumen representativo de colorante natural • Tapar el tubo de ensayo con la muestra y homogenizar por 3 min • Evaluar el olor se mediante el sentido del olfato • A través de la vista y usando un fondo blanco de papel bond observar el color • Tomar un volumen de 2.5 mL de colorante en una cucharilla de plástico y degustarlo • Para la apariencia observar la homogeneidad del colorante líquido, verificar la ausencia de grumos u otras partículas extrañas.

Fuente: (Ojeda, 2018)

Cuadro 7-2: Determinación del pH de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>La determinación del potencial de hidrógeno (pH) es un factor indispensable para la estabilidad de los colorantes alimenticios ya que un valor ácido incrementa su estabilidad, mientras que un valor alcalino no es favorable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro digital • Vasos de precipitación de 50 mL • Agua destilada • Rollo de papel toalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el equipo a la fuente de 110 V • Presionar el botón de encendido hasta que se prenda la luz y soltar el botón • Colocar 20 mL de agua destilada en un vaso de precipitación de 50 mL • Retirar el electrodo de la solución amortiguadora e introducirlo en el vaso que contiene el agua destilada para lavarlo • Esperar que en la pantalla aparezca la palabra estable y el valor de pH • Colocar 20 mL de muestra de colorante en un vaso de precipitación de 50 mL • Introducir el electrodo del pH-metro en el vaso con la muestra del colorante • Esperar que en la pantalla aparezca la palabra estable y registrar el valor de pH • Lavar con suficiente agua destilada el electrodo del pH-metro • Ubicar electrodo del pH-metro en la solución amortiguadora y apagarlo

Fuente: Laboratorio de Análisis Instrumental y Química Analítica, ESPOCH, 2018

Cuadro 8-2: Determinación de la densidad relativa de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es la relación entre el peso específico de un cuerpo (colorante natural) y el peso específico de una sustancia de referencia (agua).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Picnómetros de 10 mL • Pipeta Pasteur • Balanza analítica • Agua destilada • Rollo de papel toalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar el picnómetro vacío • Llenar el picnómetro hasta el borde con agua destilada y colocar su capilar • Secar la parte externa y pesarlo • Desechar el agua del picnómetro para secarlo • Llenar el picnómetro hasta el borde con la muestra de colorante y colocar su capilar • Secar la parte externa del picnómetro y pesar en la balanza analítica 	<p>Ec 4:</p> $\rho = \frac{M_1 - M_2}{M_3 - M_2} * d_w$ <p>Dónde:</p> <p>ρ= densidad del colorante en (g/mL)</p> <p>M_1= masa del picnómetro con el colorante en (g)</p> <p>M_2= masa del picnómetro vacío en (g)</p> <p>M_3= masa del picnómetro con agua en (g)</p> <p>ρ_w= densidad del agua constante (1 g/mL)</p>

Fuente: (Atarés, 2011)

Cuadro 9-2: Determinación de °Brix e índice de refracción de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Los °Bx representan la concentración de sólidos solubles (azúcares) que están disueltos en una solución (colorante natural), en tanto que el índice de refracción mediante el paso de la luz a través de un medio determina los azúcares en disolución, lo cual depende de la solución es así que mientras más fluida es su valor será menor y si es más viscosa será mayor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro digital • Pipetas Pasteur • Agua destilada • Rollo de papel toalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el equipo a la fuente de 110 V y presionar el botón de encendido • Seleccionar en la pantalla del refractómetro la opción calibrado con agua y con ayuda de la pipeta Pasteur colocar 2 mL de agua destilada en el prisma del equipo y taparlo • Esperar que suene la alarma y secar con el papel toalla • Con la pipeta Pasteur colocar en el prisma del equipo 2 gotas de la muestra de colorante natural y taparlo • Presionar la opción inicio y esperar que suene la alarma • Registrar el porcentaje de grados brix • Digitar en la pantalla digital el cambio de unidad para leer el índice de refracción • Presionar nuevamente la opción inicio y esperar que suene la alarma • Registrar el valor obtenido y lavar el prisma con agua destilada

Fuente: Laboratorio de Procesos Industriales, ESPOCH, 2018

Cuadro 10-2: Lectura en el espectrofotómetro uv-visible de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>Es una técnica analítica que utiliza la radiación electromagnética (luz) para conocer la propiedad de absorción de la radiación ultravioleta que poseen las moléculas orgánicas e inorgánicas, lo cual permite determinar su concentración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro uv-visible • Celda de cuarzo de 1 cm • Pipeta de 10 mL • Balones de aforo de 100 mL • Piseta • Agua destilada • Rollo de papel toalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua destilada todo el material a utilizar • Conectar a la fuente de 110 V el espectrofotómetro y la impresora, encender el equipo presionando el botón home • Esperar que en la pantalla del equipo aparezca los parámetros listo y pulsar enter • Realizar un blanco con agua destilada, añadir unos 5 mL en la celda de cuarzo, colocarlo en el portaceldas, cerrar la tapa y presionar el botón zero base para encerrar el equipo • Preparar una solución con 10 mL de colorante natural y aforar con agua destilada en el balón de aforo de 100 mL • Homogenizar la solución y añadir 5 mL en la celda de cuarzo, colocar la celda con la muestra en el portaceldas cerrar la tapa, presionar el botón run y realizar el barrido inteligente para determinar longitud de onda (λ) y la absorbancia de la lectura, tomar en cuenta que el valor teórico de λ para la las antocianinas fluctúa de 400 a 700 nm • Imprimir el espectro obtenido • Lavar minuciosamente las celda de cuarzo con agua destilada y apagar el equipo 	<p>Ec 5:</p> $C = \frac{A}{\epsilon * b} * M * FD$ <p>Dónde:</p> <p>C= concentración total de antocianinas en (mg/L)</p> <p>A= absorbancia obtenida en el espectrofotómetro</p> <p>M= peso molecular de la antocianina de referencia 449200 mg/mol de cianidina 3-glucósido</p> <p>FD= factor de dilución (10)</p> <p>b= ancho de la celda (1 cm)</p> <p>ϵ= coeficiente de absortividad molar de la antocianina de referencia 26900 L/mol*cm de cianidina 3-glucósido</p>

Fuente: (Moreano, 2013, p.31). (Hernández, 2016, pp:33-34)

Cuadro 11-2: Lectura en el espectrofotómetro infrarrojo de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Es una técnica analítica que utiliza la radiación infrarroja para provocar vibraciones en los átomos de las moléculas, de esta manera determina los grupos funcionales para identificar un compuesto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro infrarrojo (IR) • Pipeta Pasteur • Algodón • Alcohol antiséptico 	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el espectrofotómetro infrarrojo FT-IR y la computadora a la fuente 110 V, encender mínimo 30 min antes de la lectura para que corra el software • Limpiar el cristal de equipo con algodón y alcohol antiséptico • Con una jeringuilla o pipeta Pasteur colocar 2 gotas del colorante en el cristal del equipo sin tocarlo • Bajar el brazo del equipo y ajustar los tornillos • Realizar el corrido espectral con el software (Jasco/Spectra Manager) • Una vez que los espectros aparezcan en la pantalla del computador, dar clic para ajustar el tamaño, el número de onda y seleccionar los picos más representativos • Tomar en cuenta que las antocianinas presentan vibraciones a un número de onda de 3700-500 cm⁻¹ • Copiar los espectros a un documento de Word y guardar en una flash • Limpiar minuciosamente el cristal del equipo con algodón y alcohol antiséptico • Apagar el equipo y el computador

Fuente: (Moreano, 2013, p.76)

Cuadro 12-2: Solubilidad de los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>La solubilidad constituye un parámetro indispensable para que un colorante pueda aplicarse a un alimento, generalmente estos aditivos son hidrosolubles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de vidrio de 10 mL con tapa • Gradilla para tubos • Pipeta de 10 mL • Rollo de papel toalla 	<p>Solubilidad en agua destilada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua destilada el material a utilizar • En un tubo de ensayo con tapa limpio y seco preparar un dilución (1:10 V/V) de colorante en agua destilada • Homogenizar por 5 min y observar si hay miscibilidad <p>Solubilidad en aceite vegetal comestible</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua destilada el material a utilizar • En un tubo de ensayo con tapa limpio y seco preparar un dilución (1:10 V/V) de colorante con aceite vegetal comestible • Agitar por 5 min y observar si hay miscibilidad

Fuente: Laboratorio de Productos Naturales, ESPOCH, 2018

2.5.2.4. Análisis microbiológico de los colorantes naturales

Cuadro 13-2: Determinación de *Escherichia coli* en los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>El análisis microbiológico es indispensable para garantizar la inocuidad (ausencia de contaminantes biológicos) un producto alimenticio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Estufa • Cajas CompactDry EC • Micropipeta de 1000 µL • Tubos de vidrio de 10 mL con tapa • Mechero para alcohol • Erlenmeyer de 500 mL • Alcohol antiséptico • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua destilada el material a utilizar • Limpiar de la cámara de flujo laminar y el área de trabajo con alcohol antiséptico • Presionar el botón UV de la cámara de flujo laminar por 5 min • Preparar la solución de peptona (0.1g en 100 mL de agua destilada) y esterilizar en el autoclave a 125°C por 30 min • En un tubo de ensayo preparar una dilución (1:10 V/V) de colorante en solución de peptona, homogeneizar y dejar en reposo por 30 min • Homogenizar el tubo con el inóculo y tomar una alícuota de 1 mL • Colocar la alícuota en el centro de la placa CompactDry y esperar que se difumine en toda la placa para tapanla • Incubar en la estufa a 37°C durante 24 a 48 h • Realizar el recuento de las Unidades Formadoras de Colonia UFC/mL de colorante

Fuente: Laboratorio de Microbiología, ESPOCH, 2018

Cuadro 14-2: Determinación de coliformes totales y fecales en los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>El análisis microbiológico es indispensable para garantizar la inocuidad (ausencia de contaminantes biológicos) un producto alimenticio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Estufa • Placas petrifilm • Micropipeta de 1000 µL • Tubos de vidrio de 10 mL con tapa • Mechero para alcohol • Erlenmeyer de 500 mL • Alcohol antiséptico • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar con agua destilada el material a utilizar • Limpiar la cámara de flujo laminar y el área de trabajo con alcohol antiséptico • Presionar el botón UV de la cámara de flujo laminar por 5 min • Preparar la solución de peptona (0.1 g en 100 mL de agua destilada) y esterilizar en el autoclave a 125°C por 30 min • En un tubo de ensayo preparar una dilución (1:10 V/V) de colorante en solución de peptona, homogeneizar y dejar en reposo por 30 min • Homogenizar el tubo con el inóculo y tomar una alícuota de 1 mL • Colocar la alícuota en el centro de la placa petrifilm y esperar que se difumine por toda la placa para taparla • Incubar en la estufa a 37°C durante por un tiempo de 24 a 48 h • Realizar el recuento en UFC/mL de colorante

Fuente: Laboratorio de Microbiología, ESPOCH, 2018

Cuadro 15-2: Determinación de mohos y levaduras en los colorantes naturales

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>El análisis microbiológico es indispensable para garantizar la inocuidad (ausencia de contaminantes biológicos) un producto alimenticio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Estufa • Cajas petri • Micropipeta de 1000 µL • Tubos de vidrio de 10 mL con tapa • Mechero para alcohol • Asa de vidrio • Erlenmeyer de 500 mL • Pipeta de 5 mL • Parafilm • Alcohol antiséptico • Agua destilada • Agar sabouraud dextrosa w/ cloranfenicol • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el área de trabajo con papel toalla y alcohol antiséptico • Lavar con agua destilada el material a utilizar • Limpiar la cámara de flujo laminar con alcohol antiséptico • En un erlenmeyer disolver 16.38 g de agar sabouraud dextrosa w/ cloranfenicol con 252 mL de agua destilada y esterilizar en el autoclave a 125°C por 30 min • Dentro de la cámara de flujo laminar verter de 18 a 20 mL de agar en las cajas petri dejándolas semi abiertas hasta que el agar solidifique • Preparar una dilución (1:10 V/V) de colorante en solución de peptona, homogenizar y dejar en reposo por 30 min. • Homogenizar y tomar una alícuota de 0.1 mL • Colocar la alícuota en el centro de la caja petri con el agar solidificado y con ayuda del asa de vidrio sembrar aplicando la técnica siembra por extensión en superficie • Sellar las placas con parafilm e incubarlas en posición normal a una temperatura de 20 a 24°C por 5 días sin moverlas • Realizar el recuento en Unidades Propagadoras de Mohos (UP/mL)

Fuente: Laboratorio de Microbiología, ESPOCH, 2018

2.5.2.5. Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt y control de pH

Cuadro 16-2: Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Las antocianinas como colorantes en el yogurt hacen del producto lácteo un alimento con propiedades nutracéuticas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro digital • Probeta de 100 mL • Paletas de madera • Yogurt natural • Vasos de precipitación de 50 mL • Jeringuillas de 3 mL • Envases para yogurt de 120 mL • Rollo de papel toalla 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el área de trabajo con papel toalla y alcohol antiséptico • Lavar con agua destilada el material a utilizar • Tomar una muestra testigo para el color yogurt de fresa y medir el pH • Medir el pH inicial del yogurt natural • Tomar tres envases de plástico con tapa y colocar 100 mL de yogurt en cada uno • Con una jeringuilla dosificar 0.5 mL, 1 mL y 1.5 mL de colorante natural respectivamente en cada envase de yogurt • Homogenizar la mezcla con la paleta de madera por 5 min • Medir el pH final del yogurt con el colorante natural • Realizar el análisis sensorial (color y sabor) del yogurt con el colorante natural • Almacenar en refrigeración a una temperatura de 6-8°C • Medir el pH y efectuar el análisis sensorial cada 5 días durante 25 días a partir de su aplicación

Fuente: (Aguilera et al., 2012)

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Análisis bromatológico proximal de la materia prima

En el análisis proximal de la materia prima, se determinó el contenido de humedad en la estufa de secado de aire caliente a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, cenizas mediante la incineración en mufla a $505\pm 3^{\circ}\text{C}$, fibra en base a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN-542) y proteína de acuerdo a la normativa de Asociación Oficial de Químicos Agrícolas (AOAC 984.13A).

Tabla 1-3: Resultados del análisis proximal de la materia prima

Parámetro	Camote morado (%)			Col morada (%)			Maíz morado (%)		
	V _T	V _E	E	V _T	V _E	E	V _T	V _E	E
Humedad	69.0	67.99	1.46	90.7	91.49	0.87	11.4	11.35	0.4
Cenizas	1	0.97	3	1.5	1.47	2.19	7.30	7.25	0.6
Fibra	1.1	1.09	0.9	0.7	0.68	2.85	1.8	1.85	2.7
Proteína	1.1	1.11	0.9	1.7	1.69	0.5	1.7	1.69	0.5

(V_T)= Valor teórico, (V_E)= Valor experimental, (E)= Error

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

El camote morado presentó un valor experimental de humedad 67.99%, cenizas 0.97%, fibra 1.09% y proteína 1.11%, al comparar los resultados con sus valores teóricos las medidas presentan un error de 1.46%, 3%, 0.9%, 0.9%, respectivamente, dichos porcentajes cumplen con las especificaciones aportando a su estabilidad y calidad. (Ecuador, Instituto Nacional de Nutrición, 1975, p.16). (Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017, a).

La col morada presentó un porcentaje experimental de humedad 91.49%, cenizas 1.47%, fibra 0.68% y proteína 1.69% al comparar con sus valores teóricos los resultados poseen un error de 0.87%, 2.19%, 2.85%, 0.5%, respectivamente, estos porcentajes se encuentran dentro del rango de referencia garantizando su calidad nutricional. (Ecuador, Instituto Nacional de Nutrición, 1975, p.16). (Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017, b).

El maíz morado presentó un contenido experimental de 11.35% en humedad, 7.25% de cenizas, 1.85% en fibra y 1.69% en proteína, al comparar dichos resultados con sus valores teóricos existe un error de 0.4%, 0.6%, 2.7%, 0.5%, respectivamente, estos porcentajes se hallan dentro de las especificaciones contribuyendo a su calidad y haciendo de los productos una excelente fuente para la extracción de colorantes naturales. (Perú, Ministerio de Salud, 2009, p.18). (Fundación Universitaria Iberoamericana, 2017, c).

3.2. Extracción de colorantes naturales

3.2.1. Material vegetal fresco

Se realizó la extracción del colorante natural a partir de material vegetal fresco, 50 g de cáscara de camote, hoja de col morada, grano de maíz morado y 400 mL de solvente etanol al 90%-ácido cítrico 0.03%, para cada ensayo.

Tabla 2-3: Resultados de la extracción de los colorantes del material vegetal fresco

Parámetro	Camote morado	Col morada	Maíz morado
Parte vegetal utilizada	Cáscara	Hoja	Grano
Cantidad (g)	50 ^a ±0.00 ^b	50±0.00	50±0.00
Solvente (mL)	400±0.00	400±0.00	400±0.00
Tiempo de extracción (min)	309±1.00	252±0.58	365±1.53
Extracto (mL)	362±0.58	365±1.00	350±1.00
Tiempo de concentración (min)	120±0.58	124±1.00	115±1.00
Solvente recuperado (mL)	247±1.00	234±0.58	281±1.00
Colorante (mL)	47±1.00	56±0.58	41.67±0.58
Rendimiento (%)	11.75±0.25	14±0.25	10.42±0.14

(^a)= Media de tres repeticiones n=3, (^b)= Desviación estándar de n=3

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

La col morada requirió un menor tiempo para la extracción de su pigmento natural 252±0.58 min, donde se obtuvo 56±0.58 mL de colorante natural y se recuperó 234±0.58 mL de solvente de esta manera alcanzó el mayor rendimiento de 14±0.2 %; seguido del camote morado el cual requirió un tiempo de 309±1.00 min, donde se obtuvo 47±1.00 mL de colorante natural y se recuperó 247±1.00 mL de solvente, logrando un rendimiento de 11.75±0.25 %; en tanto que el maíz morado fue el producto agrícola que necesitó un mayor tiempo 365±1.53 min, permitiendo recuperar hasta 281±1.00 mL de solvente, dando 41.67±0.58 mL de pigmento natural, el mismo

que tuvo un menor rendimiento 10.42 ± 0.14 %, estas diferencias se deben a la textura del material vegetal utilizado, donde la hoja de col morada es más blanda lo cual facilita la penetración del solvente optimizando su extracción a diferencia de la cáscara de camote y del grano de maíz los cuales tienen una textura más firme.

3.2.2. Material vegetal seco

Se realizó la extracción del colorante natural a partir de material vegetal seco que se obtuvo en un secador de bandejas tipo armario a 45°C , 7.65 ± 0.01 g de hoja de col morada, 12.55 ± 0.01 g de cáscara de camote morado, 15.41 ± 0.02 g de grano de maíz morado y 400 mL de solvente.

Tabla 3-4: Resultados de la extracción de los colorantes del material vegetal seco

Parámetro	Camote morado	Col morada	Maíz morado
Parte vegetal utilizada	Cáscara	Hoja	Grano
Cantidad (g)	12.55 ± 0.01	7.65 ± 0.01	15.41 ± 0.02
Solvente (mL)	400 ± 0.00	400 ± 0.00	400 ± 0.00
Tiempo de extracción (min)	380 ± 1.00	356 ± 0.58	435 ± 1.53
Extracto (mL)	365 ± 0.58	369 ± 1.00	359 ± 0.58
Tiempo de concentración (min)	97 ± 0.58	110 ± 1.00	89 ± 1.53
Solvente recuperado (mL)	299 ± 1.00	305 ± 0.58	309 ± 1.00
Colorante (mL)	40 ± 1.00	49 ± 1.00	36.33 ± 0.58
Rendimiento (%)	10 ± 0.25	12.25 ± 0.25	9.08 ± 0.25

(^a)= Media de tres repeticiones n=3, (^b)= Desviación estándar de n=3

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

La col morada requirió un menor tiempo para la extracción de su colorante natural 356 ± 0.58 min, obteniendo 49 ± 1.00 mL de pigmento natural y se recuperó 305 ± 0.58 mL de solvente, con lo cual alcanzó el mayor rendimiento 12.25 ± 0.25 %; seguido del camote morado que requirió un tiempo de 380 ± 1.00 min, permitiendo recuperar hasta 299 ± 1.00 mL de solvente y dando 40 ± 1.00 mL de colorante natural, de esta manera alcanzó un rendimiento en porcentaje de volumen de 10 ± 0.25 %; mientras que el maíz morado necesitó un mayor tiempo 435 ± 1.53 min, donde se obtuvo 36.33 ± 0.58 mL de colorante natural y se recuperó 309 ± 1.00 mL de solvente, de esta manera tuvo un menor rendimiento 9.08 ± 0.25 %; estas diferencias se deben a la textura del material vegetal utilizado, donde la hoja de col morada es más blanda lo cual facilita la penetración del solvente optimizando su extracción a diferencia de la cáscara de camote y del grano de maíz los cuales poseen una textura más firme.

3. 3. Análisis de los colorantes naturales

3.3.1. Análisis organoléptico y solubilidad de los colorantes naturales

Tabla 4-3: Resultados del análisis organoléptico y solubilidad de los colorantes naturales

Colorante		Color	Olor	Sabor	Apariencia	Solubilidad	
						Agua destilada	Aceite vegetal comestible
Camote morado	Fresco	Rojo	CPA	CPA	Líquida	Soluble	Insoluble
	Seco	Rojo intenso	CPA	CPA	Líquida	Soluble	Insoluble
Col morada	Fresca	Púrpura	CPA	CPA	Líquida	Soluble	Insoluble
	Seca	Púrpura intensa	CPA	CPA	Líquida	Soluble	Insoluble
Maíz morado	Fresco	Púrpura	CPA	CPA	Líquida	Soluble	Insoluble
	Seco	Púrpura intenso	CPA	CPA	Líquida	Soluble	Insoluble

(CPA)= Característico del producto agrícola

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Los pigmentos naturales obtenidos son solubles en agua e insolubles en aceite vegetal comestible, sus coloraciones para el camote morado en fresco fue rojo y en seco rojo intenso; para la col morada en fresca púrpura y en seca púrpura intenso; el maíz morado en fresco púrpura y en seco púrpura intenso, estos cumplen con las especificaciones descritas en la normativa mexicana para colorantes orgánicos, la cual indica que las antocianinas son solubles en agua y abarcan la gama de color rojo hasta el azul. (México- NOM-119-SSA1, 1994, p.13)

En lo que compete al olor y sabor los resultados fueron característicos del vegetal del que fueron extraídos, el cual fue menos perceptible para el camote morado y maíz morado, mientras que el colorante natural de la col morada se tornó desagradable esa puede ser su limitación para ser utilizada en productos lácteos; en lo que respecta a la apariencia fueron obtenidos en líquido, el cual no presentó partículas en suspensión, esta característica facilitan su aplicación como colorante natural en alimentos.

3.3.2. Análisis físico-químico de los colorantes naturales

3.3.2.1. Pruebas físicoquímicas, pH, ρ , °Bx, nD

Tabla 5-3: Resultados de pH, ρ , °Bx, nD de los colorantes naturales

Colorante		pH	ρ (g/mL)	°Bx (%)	nD
Camote morado	Fresco	4.48 ^a ±0.04 ^b	0.9314±0.02	16.23±1.65	1.3711±0.01
	Seco	4.46±0.04	0.9704±0.02	26.29±1.68	1.3758±0.00
Col morada	Fresca	4.76±0.10	0.9886±0.00	12.78±0.91	1.3527±0.00
	Seca	4.66±0.03	0.9955±0.00	16.70±1.01	1.3542±0.01
Maíz morado	Fresco	3.60±0.04	0.9542±0.01	12.82±0.67	1.3533±0.01
	Seco	3.50±0.02	0.9561±0.01	19.67±1.07	1.3621±0.01

(ρ)= Densidad relativa, (°Bx)= Grados brix, (nD)= Índice de refracción, (^a)= Media de tres repeticiones n=3, (^b)= Desviación estándar de n=3

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Los colorantes naturales poseen pH ácido, donde se resalta el pigmento natural de maíz morado por su pH más ácido en comparación con los otros productos agrícolas, en fresco 3.60±0.04 y en seco 3.50±0.02; seguido de la col morada que tuvo un pH en fresca 4.76±0.10 y en seca 4.66±0.03; mientras que el camote morado presentó un pH menos ácido en fresco 4.48±0.04 y en seco 4.46±0.04, los resultados obtenidos cumplen con la normativa mexicana para colorantes orgánicos, la cual establece que el pigmento natural antocianina tienen un pH ácido hasta 5 de esta manera incrementa su estabilidad en la matriz alimenticia. (México- NOM-119-SSA1, 1994, p.13)

En lo que respecta a la densidad por su mayor valor sobresale el colorante natural de la col morada 0.9886±0.00 g/mL en fresca y en seca 0.9955±0.00 g/mL; seguido del maíz morado fresco 0.9542±0.01 g/mL y seco 0.9561±0.01 g/mL; por último se ubica el camote morado con un valor de 0.9314±0.02 g/mL en fresco y en seco 0.9704±0.02 g/mL, se asume que estas diferencias se relaciona con la presencia de sustancias solubles (azúcares) en el pigmento natural, de esta manera se estima que la concentración de dichas sustancias ha incrementado por el proceso de secado en los colorantes extraídos a partir del material vegetal seco.

En lo que se refiere a los °Bx e nD por su mayor contenido sobresale el colorante natural de camote morado en fresco 16.23±1.65% °Bx, 1.3711±0.01 nD y en seco 26.29±1.68 % °Bx, 1.3758±0.00 nD; seguido del maíz morado en fresco 12.82±0.67% °Bx, 1.3533±0.01 nD y en seco 19.67±1.07 % °Bx, 1.3621±0.01 nD; finalmente por su menor contenido se ubica la col

morada en fresca $12.78 \pm 0.91\%$ °Bx, 1.3527 ± 0.00 nD y en seca $16.70 \pm 1.01\%$ °Bx, 1.3621 ± 0.01 nD, se estima que estas diferencias se deben a que tanto el camote como el maíz son productos agrícolas que poseen almidón en su composición química, el cual al convertirse en azúcares ha incrementado su concentración en la solución del pigmento natural, a diferencia del colorante de la col morada que al ser un vegetal su valor se ve reducido.

3.3.2.2. Pruebas fisicoquímicas, lectura en el espectrofotómetro uv-visible

Tabla 6-3: Resultados de la concentración total de antocianinas en los colorantes

Parámetro	Unidad	Camote morado		Col morada		Maíz morado	
		Fresco	Seco	Fresca	Seca	Fresco	Seco
Longitud de onda (λ)	Nm	530	518	542	535	515	515
Concentración total de antocianinas	mg/L	67.96	179.18	93.85	186.36	153.80	185.36
Factor de dilución	-	10	10	10	10	10	10

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

En el presente estudio el colorante del camote morado presentó una concentración total de antocianinas de 67.96 mg/L en fresco y en seco 179.18 mg/L, sin embargo no se puede especificar a qué tipo de antocianina corresponde, puesto que no se dispone de los estándares para realizar dicha determinación. Ciertos estudios sobre el camote morado indican que posee antocianinas como la cianidina, peonidina y pelargonidina (Mohanraj y Sivasankar, 2014, pp.1-3).

El pigmento natural de la col morada tuvo una concentración total de antocianinas de 93.85 mg/L en fresca y en seca 186.36 mg/L, sin embargo no se puede especificar a qué tipo de antocianina corresponde ya que no se poseen los estándares para realizar dicha determinación. Investigaciones acerca de la col morada indican la presencia entre 1111 y 1780 mg de cianidina-3-glucósido por cada 100 g de material vegetal seco (Ahmadiani et al., 2014, p.7524).

El colorante de maíz morado presento una concentración total de antocianinas de 153.80 mg/L en fresco y en seco 185.36 mg/L, sin embargo no se puede especificar el tipo de antocianina ya que no se dispone de los estándares. Algunos estudios indican que contiene cianidina-3-glucósido la que le confieren el color púrpura (Lao y Giusti, 2018, p.9), también posee pelargonidina 3-glucósido y peonidina 3-glucósido (Hernández-Quintero et al., 2017, p.219).

3.3.2.3. Pruebas fisicoquímicas, lectura en el espectrofotómetro infrarrojo

Tabla 7-3: Resultados de la lectura en el espectro IR de los colorantes

Parámetro	Unidad	Camote morado		Col morada		Maíz morado	
		Fresco	Seco	Fresca	Seca	Fresco	Seco
Número de onda	cm ⁻¹	3357	3357	3316	3334	3327	3317
Grupo funcional	-	-OH	-OH	-OH	-OH	-OH	-OH

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

En el presente estudio el espectrofotómetro IR de los colorantes naturales produjo vibraciones a un número de onda entre 3316 a 3357 cm⁻¹, al comparar los resultados con bibliografía ésta elude que a un número de onda de 3420 a 3250 cm⁻¹ la radiación IR provoca vibraciones en los átomos de las moléculas, debido a la presencia de grupos funcionales como el alcohol (-OH), de esta manera se confirma la presencia de dicho sustituyente, lo cual es la característica fundamental del colorante natural antocianina (Shurvell, 2006, pp.9-12).

3.3.3. Análisis microbiológico de los colorantes naturales

Tabla 8-3: Resultado del análisis microbiológico de los colorantes naturales

Colorante	Coliformes totales y fecales (UFC/mL)	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)	Mohos y levaduras (UP/mL)	Método
Camote morado fresco	<10	<10	<10	Siembra en placa
Camote morado seco	<10	<10	<10	Siembra en placa
Col morada fresca	<10	<10	<10	Siembra en placa
Col morada seca	<10	<10	<10	Siembra en placa
Maíz morado fresco	<10	<10	<10	Siembra en placa
Maíz morado seco	<10	<10	<10	Siembra en placa
Blanco agar	Ausencia	Ausencia	Ausencia	N/A
Blanco solución	Ausencia	Ausencia	Ausencia	N/A

UFC= Unidades Formadoras de Colonia, UP= Unidades Propagadoras, N/A=No aplica

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

El ensayo microbiológico realizado mediante la técnica de siembra en placa reportó para *Escherichia coli*, coliformes totales y fecales <10 UFC/mL de colorante mientras que para mohos y levaduras <10 UP/mL, los resultados se compararon con la normativa ecuatoriana para jugos, pulpas, extractos de frutas y vegetales, la cual establece que el recuento estándar en placa de coliformes fecales será <10 UFC/mL, mientras que para mohos y levaduras deberá ser <10 UP/mL, de esta manera los colorantes naturales cumplen con las especificaciones garantizando con ello su inocuidad y haciéndolos aptos para ser aplicados en la industria de los alimentos. (INEN 2337, 2008, p.7)

3.4. Aplicación de los colorantes naturales en el yogurt

Tabla 9-3: Resultados de la aplicación del colorante en el yogurt natural

Colorante	Colorante mL/yogurt natural mL	pH	Color	Sabor	
				Inicial	Final
Camote morado fresco	0.5/100	4.32 ^a ±0.02 ^b	Blanco	A	A
	1/100	4.34±0.03	Blanco	A	A
	1.5/100	4.33±0.02	Rosa pálido	A	A
Col morada fresca	0.5/100	4.34±0.05	Blanco	A	A
	1/100	4.36±0.05	Rosa pálido	A	D
	1.5/100	4.34±0.02	Rosa intenso	A	D
Maíz morado fresco	0.5/100	4.35±0.02	Blanco	A	A
	1/100	4.33±0.02	Blanco	A	A
	1.5/100	4.35±0.03	Rosa intenso	A	A
Camote morado seco	0.5/100	4.31±0.07	Rosa pálido	A	A
	1/100	4.34±0.06	Rosa medio	A	A
	1.5/100	4.34±0.05	Rosa intenso	A	A
Col morada seca	0.5/100	4.36±0.04	Rosa pálido	A	A
	1/100	4.39±0.04	Rosa medio	A	D
	1.5/100	4.31±0.02	Rosa intenso	A	D
Maíz morado seco	0.5/100	4.35±0.05	Blanco	A	A
	1/100	4.34±0.03	Rosa medio	A	A
	1.5/100	4.33±0.02	Rosa intenso	A	A
Testigo (Yogurt Toni de fresa)	-	4.38±0.00	Rosa intenso	A	A

(^a)= Media de pH tomado cada 5 días por 25 días n=6, (^b)= Desviación estándar de n=6, (A)= Agradable, (D)= Desagradable

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

De la aplicación de los colorantes del material vegetal fresco en el yogurt natural, se resaltan las muestras con una dosificación de 1.5 mL de colorante en 100 mL de yogurt natural, las cuales

presentaron las siguientes características: camote morado un color rosa pálido, pH 4.33 ± 0.02 , sabor agradable; col morada color rosa intenso, pH 4.34 ± 0.02 , sabor inicial agradable y final desagradable; maíz morado color rosa intenso, pH 4.35 ± 0.03 , sabor agradable; asemejándose al testigo el cual presentó un color rosa intenso, pH de 4.38 ± 0.00 , sabor agradable; de los tres productos agrícolas en estudio ha sobresalido el colorante natural de maíz morado fresco por mantener sus características organolépticas durante los 25 días de almacenamiento a una temperatura de $6-8^{\circ}\text{C}$, a diferencia de la col morada que con el transcurso de los días su sabor se tornó a desagradable siendo esa su limitación para ser aplicada en el producto lácteo yogurt.

De la aplicación de los colorantes del material vegetal seco en el yogurt natural, se resaltan las muestras con una dosificación de 1.5 mL de colorante en 100 mL de yogurt natural, las cuales presentaron las siguientes características: camote morado un color rosa intenso, pH 4.34 ± 0.05 , sabor agradable; col morada color rosa intenso, 4.31 ± 0.02 , sabor inicial agradable y final desagradable; maíz morado color rosa intenso, pH 4.33 ± 0.02 , sabor agradable; asemejándose al testigo el cual presentó un color rosa intenso, pH de 4.38 ± 0.00 , sabor agradable; de los tres productos agrícolas en estudio ha sobresalido el colorante natural de maíz morado seco por mantener sus características organolépticas durante los 25 días de almacenamiento a una temperatura de $6-8^{\circ}\text{C}$, a diferencia de la col morada que con el transcurso de los días su sabor se tornó a desagradable siendo esa su limitación para ser aplicada en el producto lácteo yogurt.

3.5. Aceptabilidad de las muestras de yogurt con colorante natural

3.5.1. Material vegetal fresco

Tabla 10-3: Resultados de la degustación de yogurt con colorante del material vegetal fresco

Colorante	Colorante mL/yogurt clásico Chivería mL	Color (%)	Olor (%)	Sabor (%)
Camote morado	0.5/100	6.67	70.00	73.33
	1/100	16.67	63.33	70.00
	1.5/100	70.00	56.67	63.33
Col morada	0.5/100	10.00	66.67	56.67
	1/100	20.00	36.67	50.00
	1.5/100	60.00	16.67	26.67
Maíz morado	0.5/100	26.67	70.00	66.67
	1/100	30.00	63.33	63.33
	1.5/100	70.00	60.00	56.67

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Las encuestas aplicadas a una población de 30 estudiantes de nivel superior revelaron una mayor aceptabilidad del yogurt con colorante de maíz morado fresco, la misma que fue dosificada con 1.5 mL de colorante en 100 mL de yogurt, teniendo una puntuación de 70% en color, 60% en olor y 56.67% en sabor, mientras que las muestras con menor aceptabilidad fueron las dosificadas con 0.5 y 1 mL de colorante natural en 100 mL de yogurt, de esta manera se determinó que la mejor dosificación de colorante fue 1.5 mL en 100 mL del producto lácteo.

3.5.2. Material vegetal seco

Tabla 11-3: Resultados de la degustación de yogurt con colorante del material vegetal seco

Colorante	Colorante mL/yogurt clásico Chivería mL	Color (%)	Olor (%)	Sabor (%)
Camote morado	0.5/100	6.67	76.67	70.00
	1/100	60.00	70.00	63.33
	1.5/100	90.00	63.33	53.33
Col morada	0.5/100	20.00	63.33	80.00
	1/100	50.00	20.00	13.33
	1.5/100	93.33	26.67	10.00
Maíz morado	0.5/100	23.33	83.33	83.33
	1/100	63.33	76.67	76.67
	1.5/100	90.00	80.00	73.33

Realizado por: Vilma Tierra, 2018

Las encuestas aplicadas a una población de 30 estudiantes de nivel superior revelaron una mayor aceptabilidad del yogurt con colorante de maíz morado seco, la cual fue dosificada con 1.5 mL de colorante en 100 mL de yogurt, teniendo una puntuación de 90% en color, 80% en olor y 73.33% en sabor, mientras que las muestras con menor aceptabilidad de sus características organolépticas fueron las dosificadas con 0.5 y 1 mL de colorante natural en 100 mL de yogurt, de esta manera se determinó que la mejor dosificación de colorante fue 1.5 mL en 100 mL del producto lácteo.

CONCLUSIONES

- Se determinó las características del camote morado, col morada y maíz morado mediante el análisis bromatológico proximal, teniendo como resultado para el camote morado el contenido de humedad de 67.99%, cenizas 0.97%, fibra 1.09% y proteína 1.11%; en la col morada un contenido de humedad de 91.49%, cenizas 1.47%, fibra 0.68% y proteína 1.69%; en el maíz morado el contenido de humedad de 11.35%; cenizas 7.25%, fibra 1.85% y proteína 1.69%.
- Se efectuó la extracción de los colorantes naturales a partir del material vegetal fresco y seco de la cáscara de camote, hoja de col morada y grano de maíz morado, mediante el equipo de soxhlet utilizando solventes con fines alimenticios como el etanol al 90%-ácido cítrico al 0.03%, donde la col morada alcanzó un mayor rendimiento en porcentaje de volumen en fresca $14 \pm 0.25\%$ y en seca $12.25 \pm 0.25\%$.
- El análisis fisicoquímico de los colorantes naturales cumple con las especificaciones descritas en la normativa mexicana México-NOM-119-SSA1 para colorantes orgánicos, aportando con ello a su calidad, mientras que el resultado del análisis microbiológico cumple con la normativa ecuatoriana NTE INEN-2337:2008 garantizando su inocuidad y haciéndolos aptos para el consumo humano.
- Se evaluó la aceptabilidad del yogurt con colorante natural mediante encuestas de degustación, de los cuales el producto lácteo con colorante de maíz morado tuvo un mayor porcentaje de aceptabilidad en su color en fresco 70% y en seco 90%.

RECOMENDACIONES

- Se requieren más investigaciones sobre fuentes naturales de colorantes para la utilización en la industria de los alimentos, de esta manera se incrementaría la gama de colores y se tendrían productos alimenticios más saludables.
- Se deberían realizar más estudios aplicando otros métodos para la extracción del colorante natural antocianina, tomando en consideración que la temperatura no deberá superar los 60°C ya que este tipo de compuestos tienden a degradarse.
- Se recomienda para posteriores investigaciones realizar la cuantificación de cada prototipo de antocianinas utilizando estándares específicos.
- Los colorantes naturales pueden ser aplicados a otros productos alimenticios para determinar su miscibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M. et al.** «Propiedades funcionales de las antocianinas». *Biotecnia* [en línea], 2011, vol. 13, no. 2, pp. 16-22. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/81/75>.
- Aguilera, M. Et al.** «Antocianinas de higo como colorantes para yogur natural». *Ciencias Biológicas y de la Salud* [en línea], 2012, vol. 14, no. 1, pp. 18-24. [Consulta: 7 mayo 2018]. Disponible en: www.biotecnia.uson.mx.
- Ahmadiani, N. Et al.** «Anthocyanins contents, profiles, and color characteristics of red cabbage extracts from different cultivars and maturity stages». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en línea], 2014, vol. 62, no. 30, pp. 7524-7531. [Consulta: 22 mayo 2018]. DOI 10.1021/jf501991q. Disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf501991q>.
- Atarés, I.** Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro. *Universidad Politécnica de Valencia* [en línea], 2011. [Consulta: 25 junio 2018]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11>. Artículo docente. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro.pdf?sequence=1.
- Ayala, C. Et al.** «Obtención de un colorante natural de las semillas de *Bixa orellana* L. (Bixaceae) como alternativa para uso cosmético». , 2016, vol. 23, no. 1, pp. 149-158. DOI 1815-8242.
- Baltazaca, E. Y Silva, J.** *Colorante avocado* [en línea]. S.l.: Universidad Técnica de Cotopaxi. 2017. [Consulta: 11 marzo 2018]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4195/1/UTC-PC-000154.pdf>.
- Belmonte, J. Et al.** Colorantes artificiales en alimentos. *Naturaleza y Tecnología* [en línea], 2016, no. 10, pp. 24-38. Disponible en: <http://www.naturalezaytecnologia.ugto.mx/index.php/nyt/article/download/204/pdf>.
- Benavides, A. Et al.** *Tratado de Botánica Económica Moderna*. México: s.n., 2010. ISBN 968844-050-7.
- Brito, H.** *Texto Básico de Operaciones Unitarias III*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2006.
- Carmona, I.** «De colorantes sintéticos a naturales en la industria alimentaria». *Agrimundo* [en línea], 2013, no. 5. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: http://www.agrimundo.cl/wp-content/uploads/130426_reporte_alimentos_procesados_n51.pdf.
- Carocho, M., Morales, P. Y Ferreira, I.** «Natural food additives: Quo vadis?» *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2015, vol. 45, no. 2, pp. 1-45. [Consulta: 11 mayo 2018]. DOI 10.1016/j.tifs.2015.06.007. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224415001508>.
- Castañeda, A. Y guerrero, J.** «Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas». [en línea], 2015, pp. 25-33. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2016/05/TSIA-9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>.
- Cobeña, G. Et al.** *Manual técnico del cultivo de camote* [en línea]. Portoviejo: s.n., 2017. [Consulta: 7 marzo 2018]. ISBN 978-9942-8595-9-4. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4789/3/INIAPEEPM106.pdf>.

- Cusumano, C. Y Zamudio, N.** *Manual técnico para el cultivo de Batata (Camote o Boniato) en la provincia de Tucumán (Argentina)* [en línea]. Primera. S.l.: Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria, 2013. [Consulta: 17 mayo 2018]. ISBN 978-987-679-134-2. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_batata.pdf.
- Davise, G. Et al.** Brassica oleracea var. capitata L. *Trópicos* [en línea], 2015. [Consulta: 20 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/4100072?langid=66>.
- Ecuador, I. De n.i. 1334-1.** Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos. [en línea], 2014, pp. 18. [Consulta: 16 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/1334-1-4.pdf>.
- Ecuador, I. De n.i. 2337.** NTE INEN 2337: Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos. [en línea], 2008. [Consulta: 11 marzo 2018]. Disponible en: <http://ia801903.us.archive.org/15/items/ec.nte.2337.2008/ec.nte.2337.2008.pdf>.
- Ecuador, i.n. De n.** *Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos*. 1975. Guayaquil-Ecuador: s.n.
- Fao.** Seis tipos de coles para consumir. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* [en línea], 2011. [Consulta: 20 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/507573/>.
- Fornaris, G.** Conjunto tecnológico para la producción de repollo características de la planta. [en línea], 2014. pp. 4. [Consulta: 19 mayo 2018]. Disponible en: <http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/04/2.-REPOLLO-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-v.-2014.pdf>.
- Fundación universitaria iberoamericana.** Composición nutricional de la col morada. *Funiber* [en línea], 2017a. [Consulta: 17 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/COL-MORADA-5>.
- Fundación universitaria iberoamericana.** Composición nutricional del camote morado. *Funiber* [en línea], 2017b. [Consulta: 17 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/CAMOTE-MORADO-5>.
- Fundación universitaria iberoamericana.** Composición nutricional del maíz morado sin coronta. *Funiber* [en línea], 2017c. [Consulta: 26 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.composicionnutricional.com/alimentos/MAIZ-MORADO-SIN-CORONTA-4>.
- Gamarra, S.** Los colorantes naturales del momento. *Alimentación* [en línea], 2009. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/14761-los-colorantes-naturales-del-momento>.
- García, A. Et al.** «Caracterización postcosecha y composición química de la batata (Ipomoea batatas (L.) Lamb.) variedad topera». *Agronomía mesoamericana* [en línea], 2016, vol. 27, no. 2, pp. 287-300. [Consulta: 17 mayo 2018]. DOI 10.15517/am.v27i2.21426. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i2.21426>.
- Garzón, G.** «Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión». *Acta biológica Colombia* [en línea], 2008, vol. 13, no. 3, pp. 27-36. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>.
- Gómez, E.** Colorantes naturales, tendencias en alimentación y consumo. *Ainia Centro Tecnológico* [en línea], 2016. [Consulta: 17 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/colorantes-naturales-tendencias-en-alimentacion-y-otros-productos-de-consumo/>.

- Grande, C. Y Orozco, C.** Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Redalyc* [en línea], 2013, vol. 11, no. 1, pp. 97-110. [Consulta: 26 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1053/105327548008.pdf>.
- Guillén, J., Mori, S. Y Paucar, I.** «Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo». *Scientia Agropecuaria* [en línea], 2014. [Consulta: 8 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a05v5n4.pdf>.
- Hernández-Quintero, J. Et al.** «Cuantificación de antocianinas mediante espectroscopía de infrarrojo cercano y cromatografía líquida en maíces pigmentados». *Revista Fitotecnia Mexicana* [en línea], 2017. vol. 40, no. 2, pp. 219-225. [Consulta: 11 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61051413013>.
- Hernández, V.** *Extracción de antocianina a partir de maíz morado (Zea mays L) para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional «Pedro Ruíz Gallo». 2016. [Consulta: 27 marzo 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/878/BC-TES-5646.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Kamiloglu, S. Et al.** «Anthocyanin Absorption and Metabolism by Human Intestinal Caco-2 Cells—A Review». *International Journal of Molecular Sciences* [en línea], 2015. vol. 16, no. 9, pp. 21555-21574. [Consulta: 27 mayo 2018]. DOI 10.3390/ijms160921555. Disponible en: <http://www.mdpi.com/1422-0067/16/9/21555>.
- Lao, F. Y Giusti, M.** «Extraction of purple corn (*Zea mays* L.) cob pigments and phenolic compounds using food-friendly solvents». *Journal of Cereal Science* [en línea], 2018. vol. 80, pp. 1-31. [Consulta: 27 marzo 2018]. DOI 10.1016/J.JCS.2018.01.001. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016302983>.
- Magrama.** Material vegetal coles. *Gobierno de España* [en línea], 2010. [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=4005>.
- Maíz morado.** [en línea], 2017. [Consulta: 13 marzo 2018]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Maíz_morado.
- Méndez, Á.** Colorantes químicos y alimentarios | La guía de química. [en línea], 2013. [Consulta: 14 marzo 2018]. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/general/colorantes-quimicos-y-alimentarios>.
- Menéndez, V. Y Torres, F.** «Obtención de colorante para su uso en yogurt a partir de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y del mortiño (*Vaccinium myrtillus* L.) ». [en línea], 2008, pp. 1-6. [Consulta: 11 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/950/1/1802.pdf>.
- Mercola, J.** Peligros de los colorantes artificiales. *Boletín de salud* [en línea], 2016. [Consulta: 16 mayo 2018]. Disponible en: <https://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2016/01/04/esta-comientos-colorantes-toxicos.aspx>.
- México, N. Oficial n.-119-s.** Bienes y servicios. Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes orgánicos naturales. Especificaciones sanitarias. [en línea], 1994, pp. 13. [Consulta: 10 junio 2018]. Disponible en: http://cdn2.hubspot.net/hub/330806/file-434848455-pdf/Mexico_Official__NOM-119-SSA1-1994_including_natural_organic.pdf.

- Ministerio de agricultura de Chile.** Colorantes Naturales. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias* [en línea], 2017. [Consulta: 31 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.inia.cl/alimentos/productos/>.
- Ministerio de cultura y patrimonio.** Camote-Patrimonio Alimentario. [en línea], 2016. [Consulta: 11 marzo 2018]. Disponible en: <http://patrimonioalimentario.culturaypatrimonio.gob.ec/wiki/index.php/Camote>.
- Mizgier, P. Et al.** «Characterization of phenolic compounds and antioxidant and anti-inflammatory properties of red cabbage and purple carrot extracts». *Elsevier* [en línea], 2016. [Consulta: 28 febrero 2018]. Disponible en: https://ac.els-cdn.com/S1756464615005952/1-s2.0-S1756464615005952-main.pdf?_tid=spdf-862f78f9-afa1-449a-a266-b387d66dc311&acdnat=1519834687_99c32b3c884b68fe5cab3fed65fd08cd.
- Mohanraj, R. Y Sivasankar, S.** «Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review». *Journal of Medicinal Food* [en línea], 2014, vol. 17, no. 7, pp. 733-741. [Consulta: 18 mayo 2018]. DOI 10.1089/jmf.2013.2818. Disponible en: <http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/jmf.2013.2818>.
- Moreano, S.** *Análisis Químico Instrumental I*. Riobamba-Ecuador: Copyright, 2013.
- Moreu, M.** Col lombarda. [en línea], 2015. [Consulta: 18 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/c./col-lombarda>.
- Navarro, M.** Análisis de alimentos 1. En: M. Navarro (ed.) [en línea], 2007. [Consulta: 24 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.etpcba.com.ar/documentosdconsulta/alimentos-procesos-y-quimica/manual-de-practicos-en-alimentos.pdf>.
- Núñez, C.** Extracciones con equipo soxhlet. [en línea], 2008. [Consulta: 24 junio 2018]. Disponible en: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/39-extraccinconequipo Soxhlet.pdf>.
- Ojeda, N.** ¿Qué son las características organolépticas de los alimentos? *Planeta Formación y Universidades* [en línea], 2018. [Consulta: 25 junio 2018]. Disponible en: <https://www.ceac.es/blog/que-son-las-caracteristicas-organolepticas-de-los-alimentos>.
- Ortega, G. Y Guerra, M.** Separación, caracterización estructural y cuantificación de antocianinas mediante métodos químico-físicos. Parte II. *Redalyc.org* [en línea], 2006, vol. 40, no. 3, pp. 4-5. [Consulta: 14 junio 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120665001.pdf>.
- Perú, M. De s.** *Tablas de composición de alimentos* [en línea]. octava. Lima-Perú: s.n., 2009. [Consulta: 9 junio 2018]. ISBN 978-9972-857-73-7. Disponible en: <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla de Alimentos.pdf>.
- Pinto, M.** El cultivo del camote y el clima en el Ecuador. [en línea], 2012. [Consulta: 7 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El cultivo del camote y el clima en el Ecuador.pdf>.
- Quishpe, F., Arroyo, K. Y Gorriti, A.** «Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* l.) en Arequipa -Perú». *Rev Soc Quím Perú* [en línea], 2011, vol. 77, no. 3, pp. 205-217. [Consulta: 11 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v77n3/a06v77n3.pdf>.
- Ramírez, G.** Expresión analítica de los componentes de los alimentos. *Universidad de Antioquía* [en línea], 2008, no. 2-21. [Consulta: 4 junio 2018]. Disponible en: http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Notas_de_Expresion_analitica

_de_los_componentes_de_los_alimentos_2008.pdf.

Raventós, M. *Industria alimentaria, tecnologías emergentes*. Barcelona: Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, SL, 2015. ISBN 9788483017906.

Reyna, I. Maíz morado. [en línea], 2016. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/369580/Boletín+Nº+2+-+Tema+MAÍZ+MORADO/26d8fe5c-e027-42d6-8a30-c4fb4b441782>.

Rodriguez, D. «Natural food pigments and colorants». *Current Opinion in Food Science* [en línea], 2016, vol. 7, pp. 1-30. [Consulta: 27 marzo 2018]. DOI 10.1016/J.COFS.2015.08.004. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799315001046>.

Rohrig, B. La química de los colorantes de alimentos. [en línea], 2015. [Consulta: 30 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/spanishtranslations/october2015-foodcolor.pdf>.

Salinas, Y., Rubio, D. Y Díaz, A. Extracción y uso de pigmentos del grano de maíz (*Zea Mays* L.) como colorantes en yogurt. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* [en línea], 2005. [Consulta: 27 marzo 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222005000300011.

Sánchez, I. Y Pérez, E. «Maíz I (*Zea mays*)». *Reduca (Biología). Serie Botánica*. [en línea], 2014, vol. 7, no. 2, pp. 151-171. [Consulta: 12 marzo 2018]. Disponible en: http://eprints.ucm.es/27974/1/MAIZ_I.pdf.

Sánchez, R. «La química del color en los alimentos». *Química Viva* [en línea], 2013, vol. 12, no. 3, pp. 234-246. [Consulta: 15 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>.

Shurvell, H.F. *Spectra- Structure Correlations in the Mid- and Far-Infrared* [en línea]. S.l.: John Wiley & Sons Ltda, 2006. ISBN 9780470027325. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/0470027320.s4101>.

Sotomayor, R. «Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de *Zea mays* L. (maíz morado)». *Ciencia y Desarrollo* [en línea], 2013, vol. 16, no. 1, pp. 69-74. [Consulta: 27 marzo 2018]. DOI 10.21503/CienciayDesarrollo.2013.v16i1.06. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/viewFile/1120/1098>.

Sun, H. Et al. «Antioxidant and prebiotic activity of five peonidin-based anthocyanins extracted from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)». *Scientific reports* [en línea], 2018, vol. 8, pp. 1. [Consulta: 18 mayo 2018]. DOI 10.1038/s41598-018-23397-0. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23397-0.pdf>.

Vuarant, C. *Arándanos: Facultad de Ciencias de la Alimentación*. S.l.: s.n., 2010. ISBN 9506982430, 9789506982430.

Xu, J. Et al. «Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40». *Food Chemistry* [en línea], 2015, vol. 186, pp. 1-7. [Consulta: 18 mayo 2018]. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.08.123. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461401348X>.

Yusuf, M., Shabbir, M. Y Mohammad, F. «Natural colorants: historical, processing and sustainable prospects». *Natural Products and Bioprospecting* [en línea], 2017, vol. 7, pp. 123-145. [Consulta: 28 febrero 2018]. DOI 10.1007/s13659-017-0119-9. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs13659-017-0119-9.pdf>.

ANEXO A.

ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA



(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL CAMOTE MORADO, COL MORADA Y MAÍZ MORADO		
a) Cápsulas de porcelana taradas b) Peso de muestras en la balanza analítica c) Cápsulas con las muestras en la estufa para calentamiento d) Cápsulas con las muestras después del calentamiento en estufa	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA
			1	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA



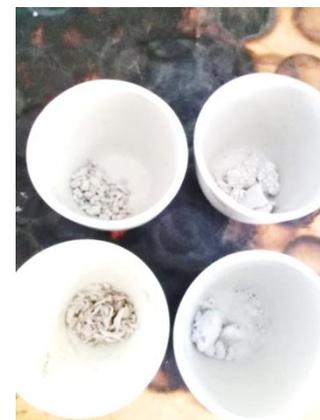
(a)



(b)



(c)



d)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	DETERMINACIÓN DE CENIZAS DEL CAMOTE MORADO, COL MORADA Y MAÍZ MORADO		
a) Peso del crisol con la muestra en la balanza analítica b) Calcinación de la muestras en reverbero c) Crisoles con la muestra en la mufla para incineración d) Resultado de la incineración en la mufla	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	2018/06/01

ANEXO B
EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	MATERIAL VEGETAL FRESCO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Cáscara de camote morado en metabisulfito de sodio b) Hojas de col morada c) Granos de maíz morado d) Solventes etanol 90%-Ácido cítrico 0.03% e) Medición del pH del solvente	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		3	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES MATERIAL VEGETAL FRESCO



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	MATERIAL VEGETAL FRESCO		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Extracción del colorante de camote morado en soxhlet b) Extracción del colorante de col morada en soxhlet c) Extracción del colorante de maíz morado en soxhlet d) Medición del extracto (colorante + solvente) e) Etiquetado y envasado del extracto en frascos de vidrio ámbar		<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	4	1:1	2018/06/01	

CONTINUACIÓN

EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DEL MATERIAL VEGETAL SECO



(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	SECADO DEL MATERIAL VEGETAL		
a) Preparación de las muestras b) Secado de las muestras en el secador de bandejas “Tipo Armario” c) Muestras obtenidas después del secado d) Solvente etanol 90%-Ácido cítrico 0.03%	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DEL MATERIAL VEGETAL SECO



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	MATERIAL VEGETAL SECO		
a) Extracción del colorante de camote morado en el soxhlet b) Extracción del colorante de col morada en el soxhlet c) Extracción del colorante de maíz morado en el soxhlet d) Medición del extracto (colorante + solvente) e) Etiquetado y envasado del extracto en frascos de vidrio ámbar	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			6	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

CONCENTRACIÓN DE COLORANTES NATURALES EN EL ROTAVAPOR



(a)



(b)



(c)



(d)

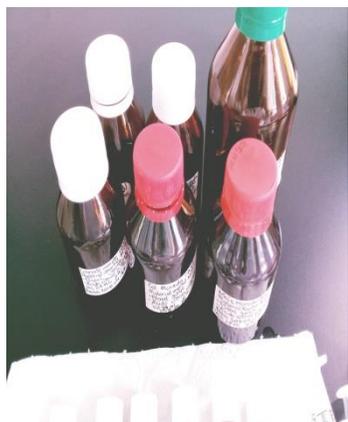


(e)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	CONCENTRACIÓN DE COLORANTES NATURALES		
a) Balón con extracto (colorante + solvente) b) Concentración del extracto en el rotavapor c) Medición del solvente recuperado d) Filtrado del colorante e) Etiquetado y envasado del colorante en frascos de vidrio ámbar	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7	1:1	2018/06/01

ANEXO C

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS COLORANTES NATURALES



(a)



(b)



(c)



(d)

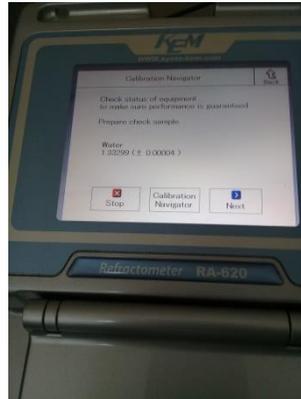


(e)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA </p>	DETERMINACIÓN DE pH Y DENSIDAD RELATIVA		
<p>a) Muestras de colorante b) Medición del pH c) Peso del picnómetro vacío d) Peso del picnómetro con agua e) peso dl picnómetro con el colorante natural</p>	<p> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR </p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS COLORANTES NATURALES



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	DETERMINACIÓN DE °Bx E ÍNDICE DE REFRACCIÓN		
a) Calibración del refractómetro digital con agua destilada b) Adición de la muestra al prisma del refractómetro c) Porcentaje de °Bx d) Cambio de unidad e) Valor del índice de refracción	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			9	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS COLORANTES NATURALES



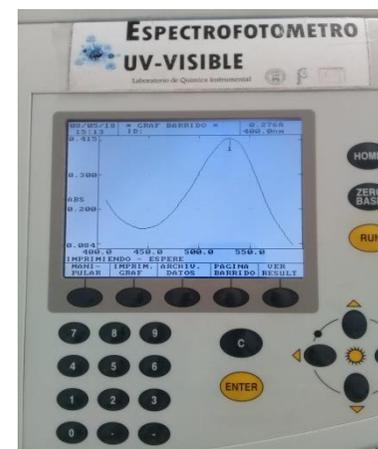
(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LECTURA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO UV-VISIBLE		
a) Soluciones para la lectura b) Adición de la muestra en la celda de cuarzo c) Colocación de la celda con la muestra en el portaceldas del espectro d) Espectro uv-visible del colorante	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			10	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS COLORANTES NATURALES



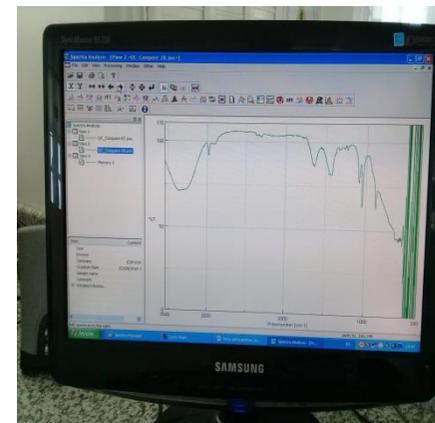
(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	LECTURA EN EL		
a) Muestras para la lectura en el espectrofotómetro FT-IR b) Adición de la muestra en el cristal del espectro IR c) Atornillamiento del brazo del espectro IR d) Espectro IR del colorante	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	ESPECTROFOTÓMETO INFRARROJO FT-IR		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			11	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS COLORANTES NATURALES



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	SOLUBILIDAD DE LOS		
En orden de izquierda a derecha los colorantes son: 1) Camote seco 2) Camote fresco 3) Col morada seca 4) Col morada fresca 5) Maíz morado seco 6) Maíz morado fresco 7) Blanco, solo agua destilada	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	COLORANTES NATURALES EN AGUA DESTILADA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			12	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS COLORANTES NATURALES



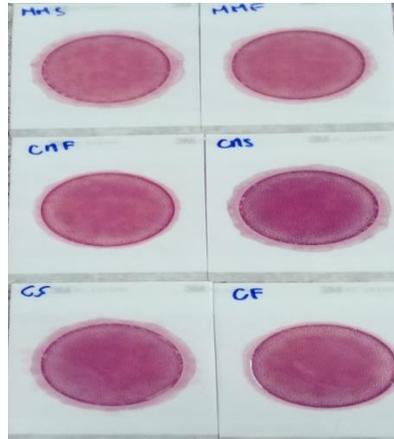
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	SOLUBILIDAD DE LOS		
En orden de izquierda a derecha los colorantes son: 1) Camote seco 2) Camote fresco 3) Col morada seca 4) Col morada fresca 5) Maíz morado fresco 6) Maíz morado seco 7) Blanco, solo aceite vegetal	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	COLORANTES EN ACEITE VEGETAL COMESTIBLE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			13	1:1	2018/06/01

ANEXO D

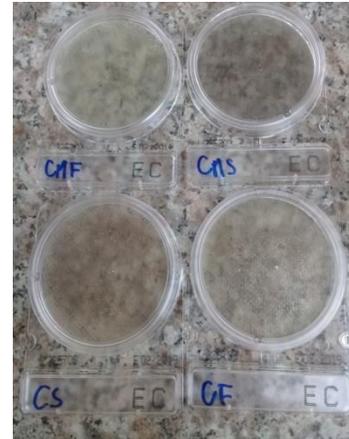
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS COLORANTES NATURALES



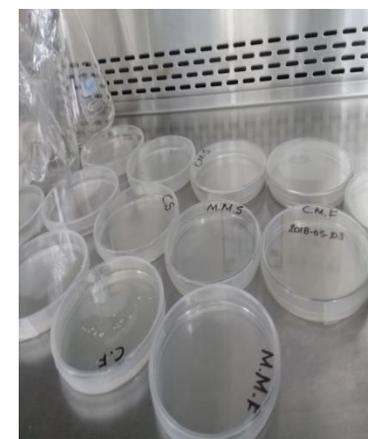
(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
a) Inóculos (muestra de colorante en solución de peptona) b) Determinación de coliformes totales y fecales c) Determinación de <i>Escherichia coli</i> d) Determinación de mohos y levaduras	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			14	1:1	2018/06/01

ANEXO E

APLICACIÓN DE LOS COLORANTES NATURALES EN EL YOGURT



(a)



(b)



(c)



(d)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	MUESTRAS DE YOGURT Y COLORANTES NATURALES		
a) Yogurt natural marca Toni b) Medición inicial de pH del yogurt marca Toni c) Envases con 100 mL de yogurt natural d) Colorantes naturales para dosificación	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			15	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

APLICACIÓN DE LOS COLORANTES NATURALES EN EL YOGURT



(a)



(b)



(c)



(d)

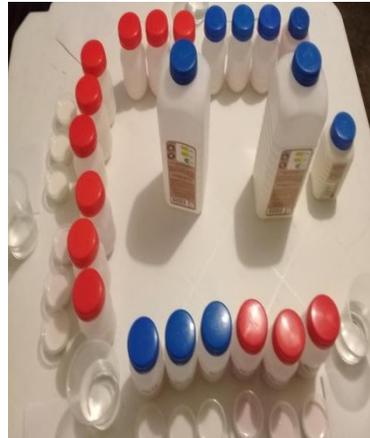
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	APLICACIÓN DE COLORANTES NATURALES				
a) Dosificación del colorante en el yogurt natural b) Muestras preparadas c) Medición del pH de las muestras de yogurt con colorante d) Evaluación de las características organolépticas en las muestras	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="1615 1145 1756 1193">LÁMINA</th> <th data-bbox="1756 1145 1901 1193">ESCALA</th> <th data-bbox="1901 1145 2060 1193">FECHA</th> </tr> </thead> </table>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
LÁMINA	ESCALA	FECHA					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1615 1193 1756 1375" style="text-align: center;">16</td> <td data-bbox="1756 1193 1901 1375" style="text-align: center;">1:1</td> <td data-bbox="1901 1193 2060 1375" style="text-align: center;">2018/06/01</td> </tr> </tbody> </table>			16	1:1	2018/06/01
16	1:1	2018/06/01					

ANEXO F

EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DEL YOGURT CON COLORANTES NATURALES



(a)



(b)



(c)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD		
a) Preparación de muestras de yogurt con colorante natural b) Muestras para degustación c) Evaluación de la degustación en estudiantes de la ESPOCH	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			17	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN

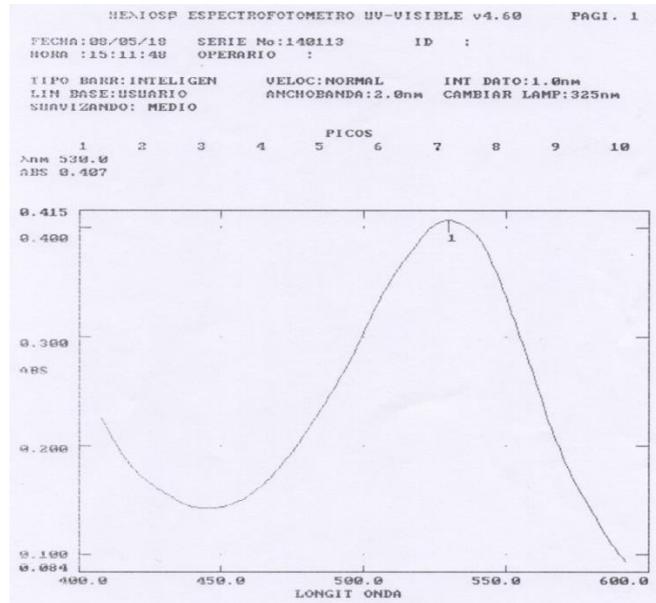
ACEPTABILIDAD DE LOS COLORANTES NATURALES EN EL YOGURT

	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA</p> <p>“EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DE CAMOTE (<i>Ipomoea batatas</i>), COL MORADA (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>) Y MAÍZ MORADO (<i>Zea mays</i> L.) PARA EL USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS”</p> <p>“ENCUESTA DE DEGUSTACIÓN”</p>									
		Código: Fecha:								
<p>Edad: _____ Sexo: _____</p> <p>Instrucciones: La presente encuesta tiene como finalidad conocer el grado de aceptabilidad que poseen los siguientes productos (yogurt) con colorantes naturales:</p>										
SIGLAS DEL PRODUCTO EVALUADO										
Colorante de Camote Morado Fresco	Colorante de Camote Morado Seco	Colorante de Col Morada Fresca	Colorante de Col Morada Seca	Colorante de Maiz Morado Fresco	Colorante de Maiz Morado Seco					
CCF	CCS	CCMF	CCMS	CMMF	CMMS					
Evaluar cada parámetro colocando un (✓) según su criterio										
Colorante	Muestra	PARÁMETRO EVALUADO								
		Color			Olor			Sabor		
		Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
CCF	M1									
	M2									
	M3									
CCS	M1									
	M2									
	M3									
CCMF	M1									
	M2									
	M3									
CCMS	M1									
	M2									
	M3									
CMMF	M1									
	M2									
	M3									
CMMS	M1									
	M2									
	M3									
“GRACIAS POR SU COLABORACIÓN”										

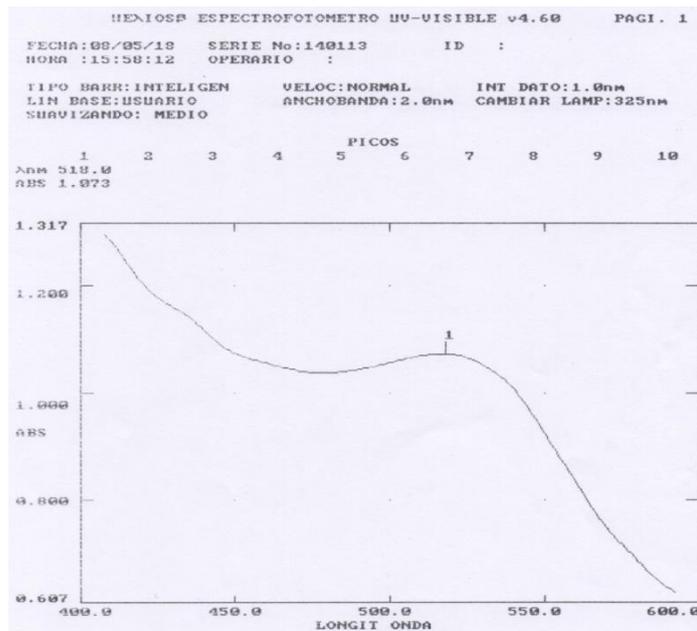
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	ENCUESTA PARA DEGUSTACIÓN		
Formato de encuesta para la evaluación del yogurt con colorantes naturales	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	18		1:1	2018/06/01	

ANEXO G

ESPECTROS UV-VISIBLE DE LOS COLORANTES NATURALES



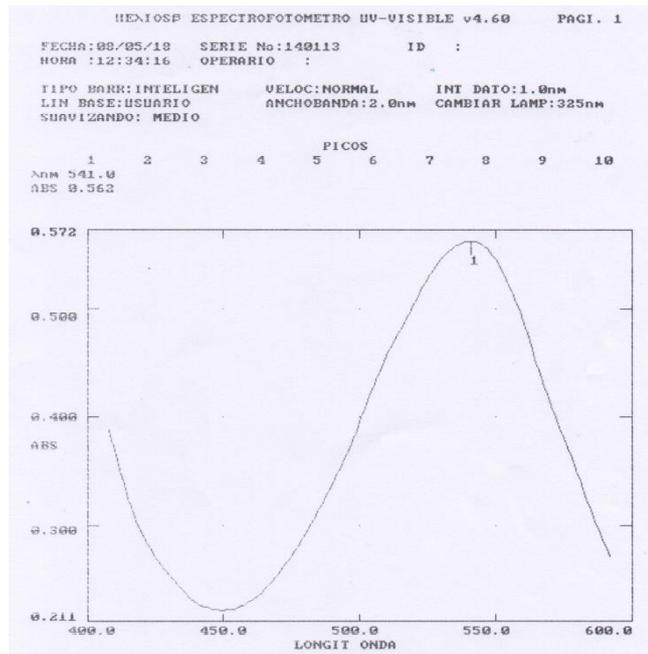
a)



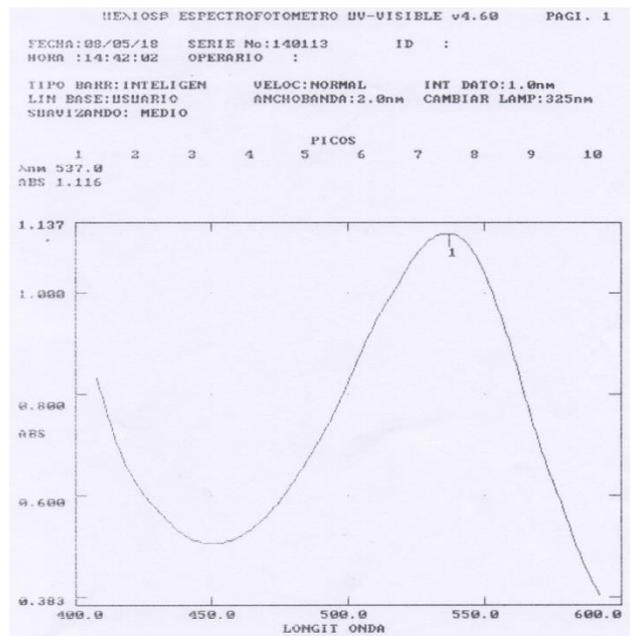
b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	ESPECTRO UV-VISIBLE DEL COLORANTE NATURAL DE CAMOTE MORADO		
a) Camote morado fresco b) Camote morado seco	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO		19	1:1	2018/06/01
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				

CONTINUACIÓN



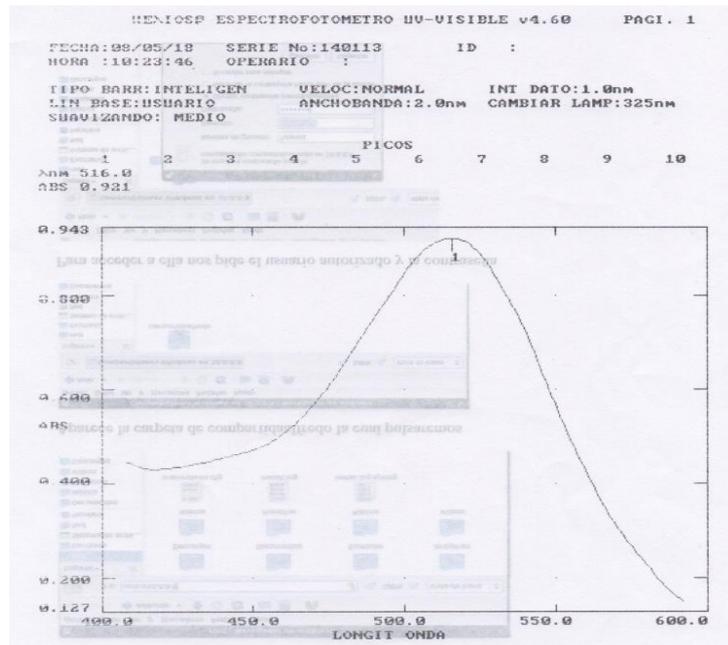
a)



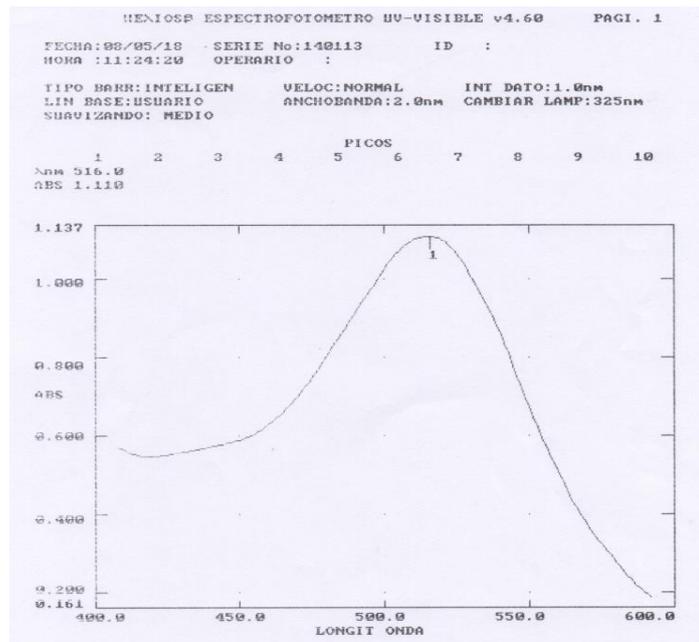
b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	ESPECTRO UV-VISIBLE DEL COLORANTE NATURAL DE COL MORADA		
a) Col morada fresca	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO		20	1:1	2018/06/01
<input type="checkbox"/> POR APROBAR					
b) Col morada seca	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				

CONTINUACIÓN



a)

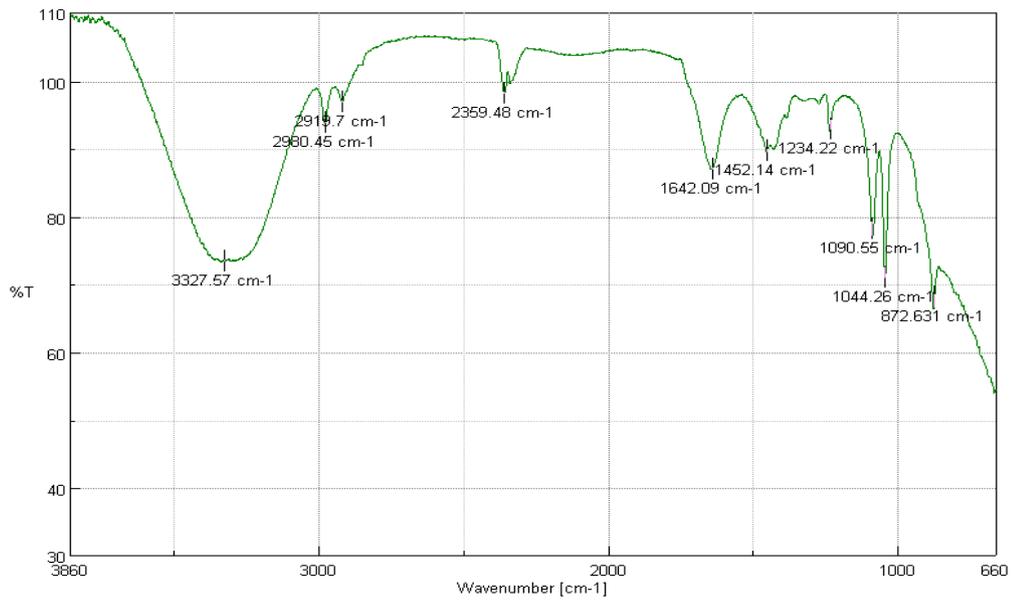


b)

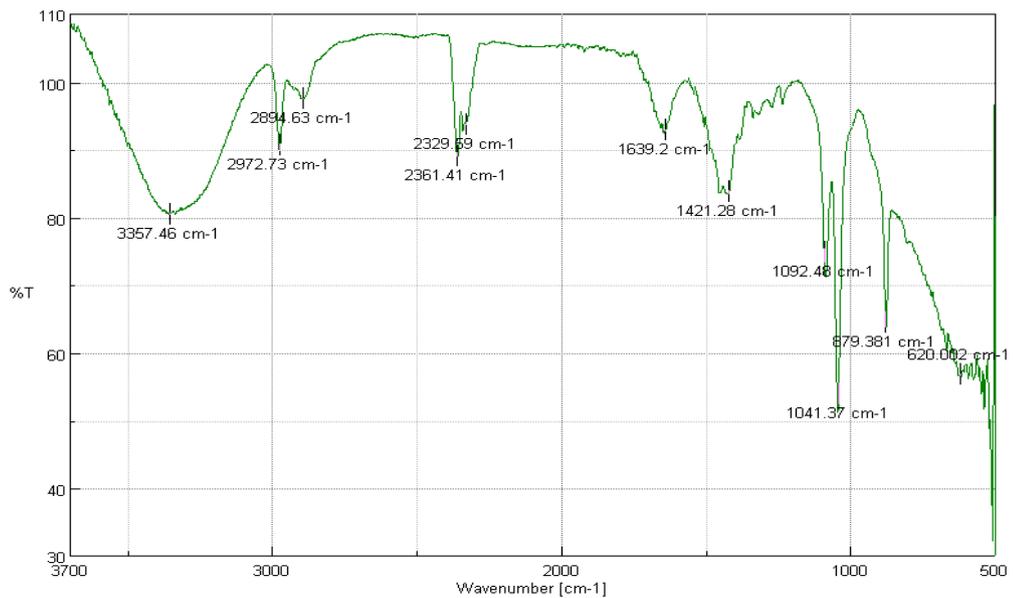
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	ESPECTRO UV-VISIBLE DEL COLORANTE NATURAL DE MAÍZ MORADO		
a) Maíz morado fresco	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Maíz morado seco	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO		21	1:1	2018/06/01
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				

ANEXO H

ESPECTROS INFRARROJO DE LOS COLORANTES NATURALES



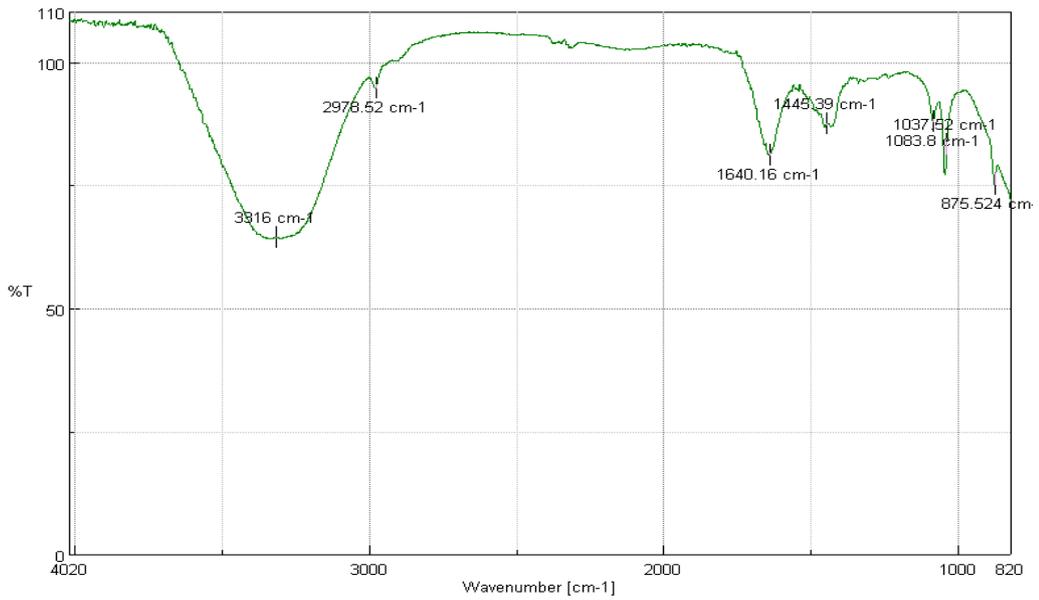
a)



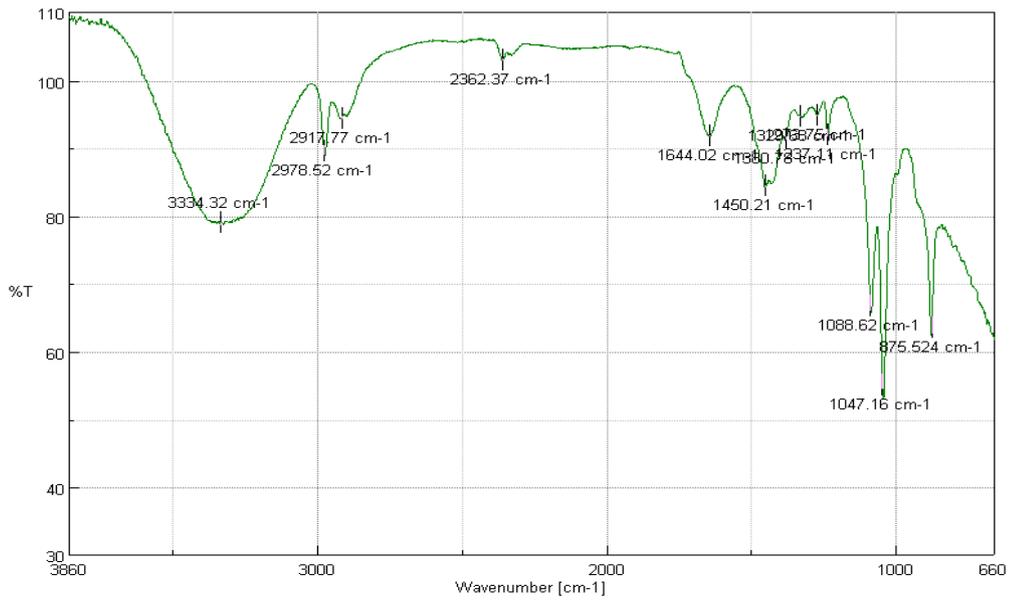
b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	ESPECTRO IR DEL COLORANTE NATURAL DE CAMOTE MORADO		
a) Camote morado fresco b) Camote morado seco	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO		22	1:1	2018/06/01
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				

CONTINUACIÓN



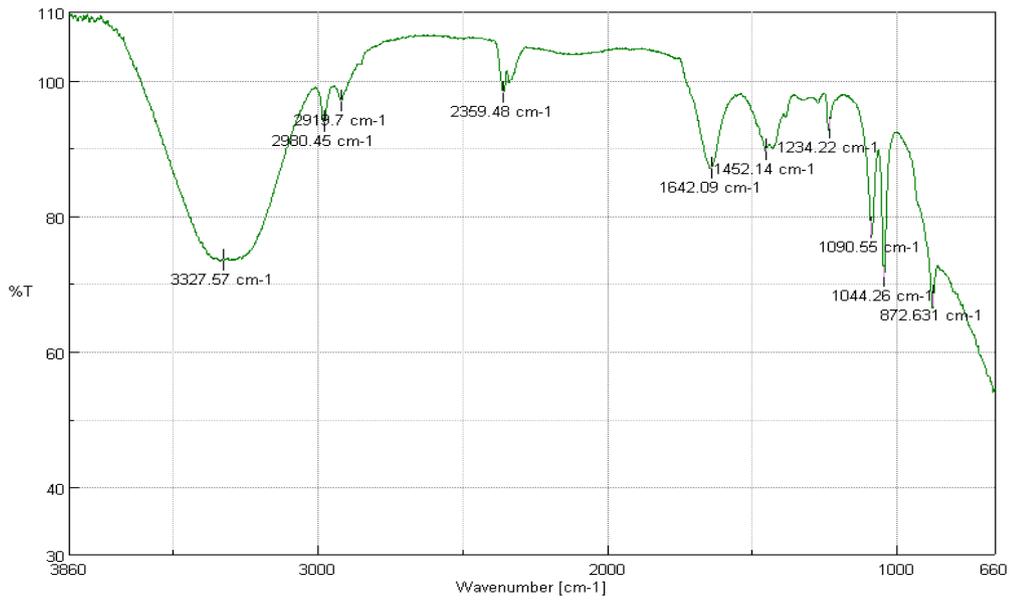
a)



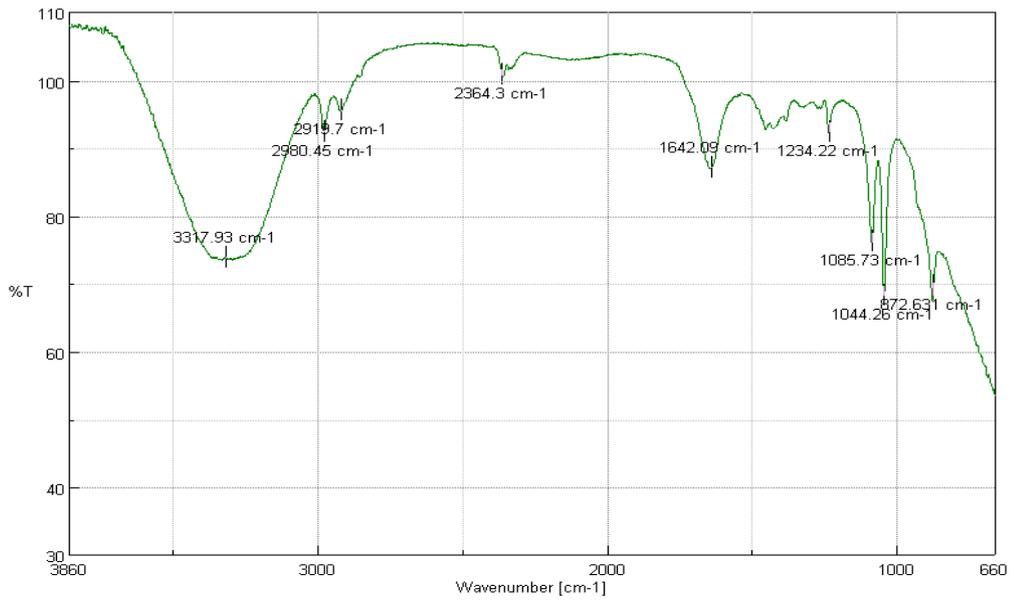
b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	ESPECTRO IR DEL COLORANTE NATURAL DE COL MORADA		
a) Col morada fresca b) Col morada seca	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			23	1:1	2018/06/01

CONTINUACIÓN



a)



b)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA	ESPECTRO IR DEL COLORANTE NATURAL DE MAÍZ MORADO		
a) Maíz morado fresco	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	REALIZADO POR: VILMA TIERRA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Maíz morado seco	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO		24	1:1	2018/06/01
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				