



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE
MORTIÑO (*Vaccinium mytillus L.*), UVILLA (*Physalis peruviana*) Y
TUNA (*Opuntia ficus-indica*) PARA EL USO ALIMENTICIO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: WALTER JULIO MACAS RIVERA

TUTOR: ING. HANNÍBAL LORENZO BRITO MOÏNA PhD.

RIOBAMBA - ECUADOR

2018

©2018, Walter Julio Macas Rivera

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 de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El presente trabajo de investigación: **“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (*Vaccinium mytillus L.*), UVILLA (*Physalis peruviana*) Y TUNA (*Opuntia ficus-indica*) PARA EL USO ALIMENTICIO”** de responsabilidad del señor Walter Julio Macas Rivera, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína PhD.

**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Walter Julio Macas Rivera, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO.

Walter Julio Macas Rivera

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Walter Julio Macas Rivera declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 03 de julio del 2018

Walter Julio Macas Rivera

C.I. 060487517-9

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme todo el camino para alcanzar mis metas, por ayudarme a enfrentar mis miedos. A mi familia, mis padres y mis hermanos por su apoyo incondicional. A esta linda institución Escuela de Ingeniería Química de la ESPOCH que me lleno de amigos y sabiduría para crecer como un gran profesional. A los profesores en especial al Ingeniero Hannibal Brito director de mi tesis y a la Ingeniera Mabel Parada colaborador, que con su gran apoyo, conocimiento y criterios fueron de ayuda para culminar mi trabajo de Titulación de manera exitosa.

Walter M.

DRDicatoria

El presente trabajo se lo dedico Dios por darme la oportunidad de haber escalado tan alto en mi vida profesional. A mi madre Mariana Rivera quien por sus enseñanzas, consejos me ayudado a ser un hombre de bien con grandes virtudes y a no desmayar en los momentos difíciles. A mi padre Luis Macas por siempre estar ahí apoyándome en todo lo necesario para alcanzar mis metas. A mis hermanos por ser mis guías para seguir avanzando cada día más y llegar hasta donde estoy.

Walter M.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	xvii
SUMARY	xviii
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.2 Justificación de la Investigación	2
1.3 Objetivos de la Investigación	3
1.3.1 <i>General</i>	3
1.3.2 <i>Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes de la Investigación	4
2.2 Marco Conceptual o Glosario	7
2.2.1 <i>Frutas</i>	7
2.2.1.1 <i>Mortiño (Vaccinium mytillus L.)</i>	7
2.2.1.2 <i>Uvilla (Physalis peruviana)</i>	12
2.2.1.3 <i>Tuna (Opuntia ficus-indica)</i>	18
2.2.2 Colorantes y pigmentos	22
2.2.2.1 <i>Colorantes sintéticos</i>	23
2.2.2.2 <i>Colorantes alimentarios sintéticos naturalmente idénticos</i>	24
2.2.2.3 <i>Colorantes naturales</i>	24
2.2.3 Radicales libres	28
2.2.3.1 <i>Radicales libres naturales</i>	28
2.2.3.2 <i>Acción de los Antioxidantes</i>	28
2.2.4 Secado	29
2.2.4.1 <i>Curva de secado</i>	30
2.2.4.2 <i>Humedad</i>	31
2.2.4.3 <i>Velocidad de secado</i>	32
2.2.4.4 <i>Secador de bandejas</i>	34
2.2.4.5 <i>Liofilización</i>	35
2.2.4.6 <i>Secador por atomización</i>	36
2.2.5 Método de Extracción Soxhlet	37
CAPÍTULO III	

3	METODOLOGÍA	39
3.1	Hipótesis y especificación de las variables	39
3.1.1	<i>Operacionalización de Variables</i>	45
3.1.2	<i>Matriz de Consistencia</i>	46
3.2	Tipo y Diseño de Investigación	49
3.3	Unidad de Análisis	49
3.4	Población de Estudio	49
3.5	Tamaño de Muestra	50
3.6	Selección de muestra	55
3.7	Técnicas de Recolección de Datos	55
3.7.1	<i>Análisis físico-químico de las frutas y de sus respectivos colorantes naturales</i>	56
3.7.2	<i>Eliminación de la humedad de las frutas de mortiño, uvilla y tuna</i>	58
3.7.2.1	<i>Secado de Bandejas</i>	59
3.7.2.2	<i>Secado por Liofilización</i>	60
3.7.2.3	<i>Secado por Atomización</i>	62
3.7.3	<i>Extracción de pigmentos</i>	64
3.7.4	<i>Espectrofotómetro Uv- Vis</i>	65
CAPÍTULO IV		
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
4.2	Análisis de resultados	66
4.2.1	<i>Resultados de los análisis físico-químicos de las frutas y de sus colorantes</i>	66
4.2.2	<i>Resultados del secador de Bandejas</i>	67
4.2.2.1	<i>Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar el mortiño a 55°C</i>	67
4.2.2.2	<i>Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar la uvilla a 60 °C</i>	70
4.2.2.3	<i>Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar la tuna a 65°C</i>	72
4.2.4	<i>Resultados del Secador por Liofilización</i>	75
4.2.2.1	<i>Resultados del Secador por Liofilización para deshidratar el mortiño a 50°C</i>	75
4.2.2.2	<i>Resultados del Secador por Liofilización para deshidratar la uvilla a 55°C</i>	78
4.2.2.3	<i>Resultados del Secador por Liofilización para deshidratar la tuna a 60°C</i>	80
4.2.5	<i>Resultados de rendimiento del secador y pérdidas por molienda-tamizado</i>	83
4.2.6	<i>Resultados del Secador por Atomización</i>	84
4.2.2.1	<i>Resultados del Secador por Atomización del mortiño a 110°C</i>	84
4.2.3.1	<i>Resultados del Secador por Atomización de la uvilla a 120°C</i>	85
4.2.3.2	<i>Resultados del Secador por Atomización de la tuna a 130°C</i>	86
4.2.7	<i>Resultados de % de Humedad de los tres tipos de secadores</i>	87
4.2.8	<i>Resultados del rendimiento final de los secadores</i>	88
4.2.9	<i>Resultado de la Extracción del colorante por método Soxhlet</i>	88

4.2.10	<i>Resultados del Espectrofotómetro UV- Vis.</i>	88
4.2.11	<i>Resultados de los análisis físico-químicos de los colorantes obtenidos.</i>	89
4.1.12	<i>Resultados de la Matriz Comparativa de los diferentes métodos de obtención.</i>	90
4.1.13	<i>Resultados de los análisis de metales y análisis microbiológicos de los colorantes</i>	94
4.1.14	<i>Resultados de validación del colorante en un producto</i>	95
4.2	Pruebas de hipótesis	97
4.3.1	<i>Hipótesis 1</i>	97
4.3.2	<i>Hipótesis 2</i>	97
4.3.3	<i>Hipótesis 3</i>	100
4.3.4	<i>Hipótesis 4</i>	101
4.3.5	<i>Hipótesis 5</i>	102
CAPÍTULO V		
5	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	103
5.1	Propuesta para la solución del problema	103
5.2	Costos de implementación de la propuesta	106
CONCLUSIONES		109
RECOMENDACIONES		110
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Taxonomía del Mortiño (<i>Vaccinium mytillus L.</i>)	9
Tabla 2-2: Variedad del mortiño	10
Tabla 3-2: Propiedades Nutricionales de la Mortiño (<i>Vaccinium mytillus L.</i>).....	11
Tabla 4-2: Taxonomía de la uvilla (<i>Physalis peruviana</i>)	15
Tabla 5-2: Propiedades Nutricionales de la uvilla.....	17
Tabla 6-2: Descripción Botánica morfológica de la tuna.....	20
Tabla 7-2: Variedades de tuna en el Ecuador.....	21
Tabla 8-2: Propiedades Nutricionales de la tuna.....	21
Tabla 1-3: Hipótesis y especificación de las variables.....	44
Tabla 2-3: Operacionalización para la obtención de colorantes naturales	45
Tabla 3-3: Matriz de Consistencia para la obtención de colorantes naturales.....	46
Tabla 4-3: Técnicas para el análisis físico-químico de las frutas utilizadas como materia prima	56
Tabla 5-3: Técnicas para la eliminación de Humedad en un secador de Bandejas.....	59
Tabla 6-3: Técnicas para la eliminación de Humedad en un secador por Liofilización	60
Tabla 7-3: Técnicas para la eliminación de Humedad en un secador por Atomización.	62
Tabla 7-3: Técnicas para la extracción de pigmentos mediante el método Soxhlet.....	64
Tabla 8-3: Técnicas para la identificación del mejor Pigmento mediante el Espectrofotómetro Uv-Visible.....	65
Tabla 1-4: Resultado de análisis bibliográfico de las frutas	66
Tabla 2-4: Resultados de los Análisis físico-químicos de la materia prima	67
Tabla 3-4: Resultados de las repeticiones de secado del S. Bandejas del mortiño a 55 °C.....	68
Tabla 4-4: Datos Experimentales del secado del mortiño en el Secador de Bandejas	68
Tabla 5-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador de Bandejas de la uvilla a 60°C	70
Tabla 6-4: Datos Experimentales del secado de la uvilla en el Secador de Bandejas.....	71
Tabla 7-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador de Bandejas de la tuna a 65°C	73
Tabla 8-4: Datos Experimentales del secado de la tuna en el Secador de Bandejas.....	73
Tabla 9-4: Resultados de las repeticiones de secado de Liofilización del mortiño a 50°C.....	75
Tabla 10-4: Datos Experimentales del secado del mortiño en el Secador por Liofilización	76
Tabla 11-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador por Liofilización de la uvilla a 55°C	78
Tabla 12-4: Datos Experimentales del secado de la uvilla en el Secador por Liofilización	79

Tabla 13-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador por Liofilización de la tuna a 60°C	81
Tabla 14-4: Datos Experimentales del secado de la tuna en el Secador por Liofilización	81
Tabla 15-4: Resultado del Rendimiento de los dos tipos de secadores (Bandejas y Liofilizador)	84
Tabla 16-4: Resultados de pérdidas por molienda y tamizado en los dos tipos de secadores.....	84
Tabla 17-4: Valores obtenidos en el Secado por Atomización del mortiño.....	85
Tabla 18-4: Resultados del Secado por Atomización del mortiño.....	85
Tabla 19-4: Valores obtenidos en el Secado por Atomización de la uvilla	85
Tabla 20-4: Resultados del Secado por Atomización de la uvilla.....	86
Tabla 21-4: Valores obtenidos en el Secado por Atomización de la tuna.....	87
Tabla 22-4: Resultados del Secado por Atomización de la tuna.....	87
Tabla 23-4: Resultados de % de Humedad de los tres tipos de secadores	87
Tabla 24-4: Resultado del rendimiento final de los secadores (Bandejas, Liofilizador, Atomización).....	88
Tabla 25-4: Resultados de la extracción por el método Soxhlet en los tres tipos de secados	88
Tabla 26-4: Resultados de la medición de λ y absorbancias en el Espectrofotómetro Uv-Vis...89	
Tabla 44-4: Resultados de los análisis físico-químicos de los colorantes obtenidos (producto final).	89
Tabla 27-4: Matriz comparativa para la obtención de Colorante de mortiño	90
Tabla 28-4: Matriz comparativa para la obtención de Colorante de uvilla.....	91
Tabla 29-4: Matriz comparativa para la obtención de Colorante de tuna	92
Tabla 30-4: Resultados del % de Error con respecto al % de Humedad eliminada.....	92
Tabla 31-4: Análisis estadístico t varianza para el análisis físico-químico.....	93
Tabla 32-4: Resultados de análisis de metales y microbiológicos en base a la norma nom-119-ssa1-1994	94
Tabla 33-4: Estabilidad del colorante aplicado en el yogurt natural a temperatura de refrigeración	95
Tabla 34-4: Estabilidad del colorante aplicado a la crema chantilly a temperatura ambiente	96
Tabla 1-5: Costos del secado de Bandejas y de Liofilización.....	106
Tabla 2-5: Costos de materia prima para el secado por Atomización	106
Tabla 3-5: Costos de insumos para el atomizado	107
Tabla 4-5: Costos totales para el secado por atomización	107
Tabla 5-5: Costos del método de extracción Soxhlet.....	107
Tabla 6-5: Costo de análisis de laboratorio.....	108
Tabla 7-5: Costo del proceso para obtener Colorantes Naturales	108

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3: Humedad en base seca	31
Ecuación 2-3: Humedad en base húmeda	32
Ecuación 3-3: Velocidad de Secado	32
Ecuación 4-3: Tiempo de Secado en el periodo ante-crítico	33
Ecuación 5-3: Tiempo de Secado en el periodo post-crítico	33
Ecuación 6-3: Tiempo total de secado	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Fruto de Mortiño	7
Figura 2-2: Fruto de uvilla.....	12
Figura 3-2: Fruto de Tuna.....	18
Figura 4-2: Estructura química de las antocianinas	25
Figura 5-2: Estructura química de (a) ácido betalámico (b) betacianinas y (c) betaxantinas	26
Figura 6-2: Estructura química de las betalaínas	26
Figura 7-2: Estructura de los carotenoides	27
Figura 8-2: Curva de secado	30
Figura 9-2: Secador de Bandejas tipo armario.....	34
Figura 10-2: Equipo de secador por Atomización	36
Figura 1-3: Primer método de secado	50
Figura 2-3: Segundo método de secado	50
Figura 3-3: Tercer método de secado	51
Figura 4-3: Extracción Soxhlet para la obtención de colorante.....	52
Figura 5-3: Proceso de obtención de colorante natural de mortiño.	53
Figura 6-3: Proceso de obtención de colorante natural de uvilla.....	54
Figura 7-3: Proceso de obtención de colorante natural de tuna.	55

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-4: Curva de secado del mortíño en un Secador de Bandejas H vs T	69
Gráfica 2-4: Curva de secado del mortíño en un Secador de Bandejas W vs X.....	70
Gráfica 3-4: Curva de secado de la uvilla en un Secador de Bandejas H vs T	72
Gráfica 4-4: Curva de secado de la uvilla en un Secador de Bandejas W vs X.....	72
Gráfica 5-4: Curva de secado de la tuna en un Secador de Bandejas H vs T	74
Gráfica 6-4: Curva de secado de la Tuna en un Secador de Bandejas W vs X.....	75
Gráfica 7-4: Curva de secado del mortíño en un Secador por Liofilización H vsT.....	77
Gráfica 8-4: Curva de secado del mortíño en un Secador por Liofilización W vs X	78
Gráfica 9-4: Curva de secado de la uvilla en un Secador por Liofilización H vs T.....	80
Gráfica 10-4: Curva de secado de la uvilla en un Secador por Liofilización W vs X	80
Gráfica 11-4: Curva de secado de la tuna en un Secador por Liofilización H vs T.....	83
Gráfica 12-4: Curva de secado de la tuna en un Secador por Liofilización W vs X	83
Gráfica 13-4: Diagrama de evaluación de los métodos de secado para la obtención de colorante de mortíño	98
Gráfica 14 -4: Diagrama de evaluación de los métodos de secado para la obtención de colorante de natural de uvilla	99
Gráfica 15-4: Diagrama de evaluación de los métodos de secado para la obtención de colorante de natural de tuna	100
Gráfica 16-4: Rendimiento del colorante extraído en base a los tres tipos de secado	101

INDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Norma oficial mexicana NOM-119-SSA1-1994
- Anexo B** Análisis en base a la Norma oficial mexicana NOM-119-SSA1-1994
- Anexo C** Pesaje de las frutas
- Anexo D** Secado del Mortiño
- Anexo E** Secado de la Uvilla
- Anexo F** Secado de la Tuna
- Anexo G** Extracción Soxhlet
- Anexo H** Molienda y Tamizado
- Anexo I** Cartucho después de la extracción
- Anexo J** Colorantes Naturales después de sus tres secados
- Anexo K** Resultados del Espectrofotómetro Uv-Visible del Mortiño
- Anexo L** Resultados del Espectrofotómetro Uv-Visible de la Uvilla
- Anexo M** Resultados del Espectrofotómetro Uv-Visible de la Tuna
- Anexo N** Análisis Físico-químico
- Anexo O** Aplicación del Colorante en el yogurt
- Anexo P** Aplicación del Colorante en crema chantilly

ABREVIATURAS

T	Temperatura (°C)
Kg	Kilogramos
g.....	Gramos
mg	Miligramos
mL.....	Militros
P	Fósforo
Zn	Zinc
Cu	Cobre
As	Arsénico
Fe	Hierro
Na	Sodio
Mg.....	Magnesio
K	Potasio
%	Porcentaje
%ST.....	Porcentaje de sólidos totales
%H.....	Porcentaje de humedad
Nm.....	Nanómetros
cm.....	Centímetros
mm.....	Milímetros
µm.....	Micrómetro
Rs.....	Rendimiento de secado

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo obtener colorantes naturales a partir de mortiño, uvilla y tuna para el uso alimenticio, lo primero que se realizó fue un análisis físico-químico de la materia prima, posteriormente se efectuó el secado mediante tres tipos de secadores (Bandejas, Liofilización y Atomización), con tres repeticiones cada una a distintas temperaturas, luego se procedió a la extracción de los pigmentos por el método de Soxhlet armando un cartucho de 10 g, obteniéndose 9 tipos de colorantes, seguidamente de una comparación bibliográfica de las longitudes de onda según el REGLAMENTO (UE) N o 231/2012, las mejores resultaron los colorantes procedentes del secado por liofilización, cuyas lecturas en el espectrofotómetro Uv.Visible fueron para el mortiño (antocianinas) 514 nm, para la uvilla (β - Carotenos) 427 nm y para la tuna (betaxantinas) 482 nm, también se evaluaron los distintos procesos de obtención mediante una matriz comparativa, dando como resultado, para el mortiño un tiempo de 11 h, a 50°C, un rendimiento de secado de 20,04 % , eliminando una humedad de 76.33 % y 44.65 % de colorante extraído; para la uvilla un tiempo de 9 h, a 55°C, un rendimiento de secado de 17.87 % , eliminando una humedad de 73.78 % y un 50,7 % de colorante extraído y para la tuna un tiempo de 12 h, a 60°C, un rendimiento de secado de 12.46 % , eliminando una humedad de 80.67 % y con 51.21 % de colorante extraído. Por último se efectuaron pruebas de zinc, plomo, arsénico, mohos y levaduras de acuerdo a la norma oficial mexicana nom-119-ssal-1994, cumpliéndose la normativa para finalmente realizar la validación del producto de yogurt natural Toni y crema chantilly, siendo aptas para el consumo humano. Por lo indicado anteriormente se recomienda utilizar dedales de extracción whatman.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <TECNOLOGÍA DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES>, <MORTIÑO (*Vaccinium mytillus L.*)>, <UVILLA (*Physalis peruviana*)>, <TUNA (*Opuntia ficus-indica*)>, <CAROTENOIDES>, <SECADO>, <ANTOCIANINAS>, <BETALAÍNAS>, <SOXHLET (MÉTODO)>.

SUMARY

The main purpose of this research was to extract natural colorants from bilberry (*vaccinium mytillus*), cape gooseberry (*Physalis peruviana*), and prickly pear for food use. First of all, a physical-chemical analysis of the raw material was carried out, then, it was followed a drying process using three types of dryers (trays, freeze-drying, and atomization), with three repetitions each one, at different temperatures. Subsequently, the pigments were extracted by means of the Soxhlet method by assembling a cartridge of 10, which gave as a result 9 types of dyes. After having gathered these data, their wavelengths were compared with those ones from the bibliographical resources according to the REGULATION (EU) No 231/2012. the best results were the dyes coming from the drying by the freeze-drying process, whose results in the spectrophotometer Uv. visible reported: for the bilberry (anthocyanins) 514nm, for the cape gooseberry (β -carotenes) 427 nm and for the prickly pear (betaxanthines) 482 nm. In addition to this, the different extraction processes were evaluated by a comparative matrix, whose findings for the bilberry, reported a time of 11 h, at 50oC, a drying performance of 20.04%, eliminating a humidity of 76.33%, and 44.65% of dye extracted, while the cape gooseberry reported a time of 9 h, at 55oC, a performance of drying time of 17.87%, eliminating a humidity of 73.78%, and 50.7% of extracted dye, and for the prickly pear a time of 12h, at 60oC, a drying performance of 12.46%, eliminating a humidity of 80.67%, with 51.21% of extracted dye. Finally, zinc, lead, arsenic, molds, and yeast tests were carried out according to the Mexican official norm nom-119-ssal-1994, meeting the standard regulations in order to finally carry out the validation of “Toni “, the brand of a natural yogurt, and Chantilly cream, being suitable for human consumption. Therefore, it is recommended to use whatman extraction thimbles.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL PROCESSES>, <BILBERRY (*vaccinium mytillus* L.)>, < CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana*) >, <PRICKLY PEAR (*Opuntia ficus-indica*)>, <CAROTENOIDS>, <DRYING>, <ANTHOCYANINS>, <BETALAINS>, <SOXHLET (METHOD)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación del Problema

En la actualidad surgen efectos perjudiciales para la salud esto se debe a la utilización de colorantes sintéticos en los alimentos; la utilización de colorantes sintéticos en los alimentos, no es más que la adición de sustancias químicas a los productos comestibles, cuyo propósito primordial es el de mejorar sus propiedades organolépticas logrando así impresionar los órganos sensoriales de los consumidores, principalmente la vista y el gusto, son de gran importancia pues estos indican el éxito o fracaso de un producto en el mercado, el problema más común que se presenta al consumir este tipo de aditivos radica en que pueden contener sustancias dañinas que resultan perjudiciales para el organismo humano, alterando su salud (Trujillo & Tapia, 2012). Ciertos productos químicos utilizados en la síntesis de colorantes también se consideran carcinógenos o mutagénicos, así como también sensibilizantes o alergénicos (Gulrajani, 1992) un claro ejemplo de colorantes cancerígenos son los azoicos que se preparan de arilaminas, estudios recientes han confirmado que los colorantes azoicos contienen potenciales carcinógenos de colon (Osman M. et al., 2004), aumenta el nivel medio de hiperactividad en niños de 3 años y 8/9 años. (Mccann, et al., 2007).

En consecuencia se busca obtener un colorante que no altere la salud de los consumidores y que ayude a contrarrestar enfermedades; dichos pigmentos se pueden obtener de fuentes naturales, estos se encuentran disponibles en varias frutas, vegetales y cereales; más allá de su intensidad de color, contienen antioxidantes pro-vitamina A y compuestos fenólicos que son necesarios en la visión, el mantenimiento del epitelio, la secreción mucosa, y la reproducción (Delgado-Vargas, et al., 2004).

Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles responsables de los vistosos colores de muchas flores, frutas y verduras, son uno de los pigmentos naturales de gran importancia para la industria alimenticia por tal razón las frutas que se consideran que tienen un alto contenido de pigmentos naturales, están presentes en nuestro medio y un claro ejemplo son el mortiño que pueden servir de gran ayuda en la sustitución de los pigmentos sintéticos ya que tienen propiedades

antioxidantes que inhiben la acción de especies nocivas para el organismo, como los radicales libres y se asocian con la prevención de enfermedades como el cáncer (Bui, et al., 2004).. Por otra parte la uvilla que contiene un alto contenido de provitamina E principalmente Beta-caroteno (Fischer & Miranda, 2012), que se le atribuyen ciertas propiedades medicinales como las de purificar la sangre, disminuir la albumina de los riñones, aliviar problemas en la garganta, próstata y bronquios, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas y prevenir la osteoporosis. (Calvo, 2009, p. 8)

Agregando a lo anterior, los pigmentos presentes en los frutos de los nopales o tunas, son las betalaínas, que también se destacan por su poder antioxidante, por esta razón son objeto de estudio debido a su potencial como alimentos que aportan beneficios a la salud gracias a su capacidad de reducir los niveles de glucosa (azúcar) en la sangre. Su consumo se ha asociado con un menor riesgo de una serie de enfermedades, incluyendo cánceres, enfermedades cardiovasculares, degeneración macular relacionada con la edad y fotosensibilidad asociada con la exposición a los rayos UV. Además, se cree que los carotenoides tienen funciones biológicas importantes relacionadas con su actividad de provitamina A, actividad antioxidante, capacidad para regular la transcripción de genes, actividad inductora de enzimas de fase II y capacidad para mejorar la función inmune (Cooperstone & Schwartz, 2016).

1.2 Justificación de la Investigación

Los colorantes naturales de las frutas tales como mortiño (*Vaccinium mytillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*) contienen un alto contenido de pigmentos antocianínicos, carotenoides y las betalaínas respectivamente, debido a su alta capacidad antioxidante y a su gran aporte de vitaminas y minerales, representa un factor importante dentro de la industria alimenticia asegurando la salud de los consumidores y al mismo tiempo aprovechando al máximo sus propiedades organolépticas, por lo cual dicho colorante va a ser el sustituyente de los colorantes sintéticos impulsando así la industria alimenticia.

Además, colorantes naturales obtenidos permitirán la optimización de frutas que son desechadas al momento de realizar productos alimenticios, debido a que no son manipuladas de una forma correcta o ya se encuentran en mal estado. Según un estudio de la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), en el mundo cada año se desperdician entre 95 y 115 kg de alimentos por habitante, entre los productos más desechados se encuentran las frutas, las verduras, las raíces y los tubérculos, es decir aproximadamente un tercio de los alimentos se pierde o desperdicia desde la producción hasta el consumo. (Gustavsson J., 2011, p. 65)

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 General

Obtener colorantes naturales a partir de mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*) para el uso alimenticio.

1.3.2 Específicos

- Analizar las características físico-químicas de las frutas seleccionadas para el estudio.
- Evaluar tres métodos de secado (liofilización, atomización y bandejas) para la obtención de colorantes naturales
- Determinar el rendimiento de los colorantes naturales, para la selección del método más adecuado de obtención.
- Evaluar los colorantes obtenidos basados en parámetros de la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994.
- Validar los colorantes obtenidos mediante su aplicación en diferentes productos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

La historia de los colorantes se remonta a 1500 años antes de Cristo, las pinturas de la antigua tumba egipcia muestran variedad de colores, más aún el uso de colorantes artificiales en vinos y productos similares fue reportado en 300 A.C, el uso de colorantes alimentarios artificiales se hizo común alrededor de 1850-1900D.C., para el año 1900, se reportaron alrededor de 695 colorantes alimentarios en uso en todo el mundo (Rashmi & Padmavathi , 2018, p. 85).

Dado que no había mucha conciencia sobre los efectos nocivos de los colorantes alimentarios sintéticos durante estos períodos, la mayoría de ellos no fueron probados por sus efectos sobre la salud humana, por ejemplo:

- Los colorantes para queso contenían óxido de plomo.
- Los utilizados para encurtidos el sulfato de cobre y los dulces recibieron diferentes colores al agregar varios compuestos que contienen mercurio y plomo.
- El aceite de hígado de bacalao estaba contaminado con aceite de tren que contenía yodo.
- La leche teñida de amarillo se hizo blanquecina con cromato de plomo.
- El uso de sales de arsénico fue muy común.

Todos estos fueron altamente tóxicos, pero se utilizan en los consumibles cotidianos sin que las personas sean conscientes de sus efectos nocivos, sin embargo con el aumento de la conciencia de la salud y la seguridad alimentaria, los aditivos de color ahora pasan por una evaluación rigurosa antes de ser aprobados para ser seguros para consumo humano. En la antigua Roma, el azafrán y otras especias similares se usaban como colorantes naturales para colorear diversos alimentos de color amarillo. Incluso moras, zanahorias, granadas, espinacas, perejil, remolacha y varias flores se utilizaron como colorantes (Dikshit & Tallapragada, 2018, p. 86).

Debido a que en la antigüedad, los colorantes naturales fueron utilizados más para uso en la industria de los textiles, no se ha podido recaudar mucha información sobre los colorantes alimenticios, sin embargo estos eran la única fuente de color, inicialmente fueron utilizados sólo

a nivel local, más tarde fueron comercializados; el interés por los tintes naturales en textiles de colecciones rumanas apareció en la identificación de estos tintes y fuentes biológicas en los más representativos locales, que datan del siglo XV al siglo XX. Posteriormente la era entre los años 20 y los años 50 aseguraron el comienzo de usar antioxidantes como aditivos alimentarios individuales, la goma de guayac fue el primer antioxidante para la estabilización de la manteca de cerdo en la década de 1930. A mediados del siglo XX se registraron notables avances en los productos químicos sintéticos, incluido el desarrollo de productos sintéticos antioxidantes (Petroviciu et al., 2002, p. 58).

Los colorantes sintéticos fueron introducidos en el mercado en 1856, la práctica de aplicar el color a través de técnicas de teñido e impresión ha jugado un papel importante en cada civilización. Las momias egipcias y los documentos de los períodos mogoles de la India dan testimonio de la utilización temprana de tintes naturales (Ramakrishna, 1999). En ese mismo año, William Henry Perkin sintetizó un colorante básico, por casualidad, logró obtener el colorante púrpura por oxidación de la anilina con ácido crómico. Con el advenimiento de tintes de alquitrán de hulla, hubo una disminución sustancial en el uso de los recursos naturales colorantes, ya que los actualmente disponibles no cumplían con las demandas del mercado de consumo. (Smith & Wagner, 1991). Sin embargo, basándose en la Ley de Control de Sustancias Peligrosas para la Salud de 1989, una serie de productos químicos han sido prohibidos en los EE.UU. y Europa. Como resultado, los tintes naturales menos peligrosos y respetuosos del medio ambiente han disfrutado de un renacimiento, y son ampliamente utilizados por varios fabricantes de textiles (Glover & Pierce, 1993).

En la actualidad la utilización de colorantes naturales es una gran alternativa en la industria alimenticia, son de gran importancia debido a que poseen pigmentos tales como como antocianinas, carotenoides, clorofila y betaláína que son beneficiosos para la salud humana, estos se pueden obtener de verduras, flores, frutas, animales, etc. (Bui, et al., 2004), dado que los consumidores se guían cada vez por el aspecto sensorial pero también nutricional se han realizado investigaciones sobre colorantes naturales tales como:

Tabla 1-1: Estudios realizados como antecedentes relacionados con la investigación.

Fecha	Tipo	Nombre	Autor	Lugar
2011	Tesis	Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> cav.), mortiño (<i>Vacciniu mmytillus.l</i>) y mora de castilla (<i>Rubus glaucus</i>) como alternativa colorante natural para alimentos”	Cano Lasso Alejandra Patricia	Sangolq uí- Ecuador

2017	Artículo	Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity in Different-Colored and non-Pigmented Berries of Bilberry (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	Nesrin Colak, Anja K. Primetta, Kaisu R. Riihinen, Laura Jaakola, Jiří Grúz, Miroslav Strnad, Hülya Torun, Faik Ahmet Ayaz	
2016	Artículo	La ingesta de arándanos (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.) redujo las enfermedades cardiovasculares factores de riesgo a través de influencias positivas en los perfiles de lipoproteínas	Marta Habanova, Jorge A. Saraiva, Miroslav Haban, Marianna Schwarzova, Peter Chlebo, Lenka Predna, Jan Gařo, Joanna Wyka	
2014	Artículo	Secciones de extractos de arándano seco (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.) como antioxidantes e inhibidores del crecimiento celular canceroso	Vesna Tumbas Saponjac Jasna Canadanovi Brunet Gordana Cetkovi Sonja Djilas Dragana Cetojevi Simin	
2010	Tesis	Evaluación Nutricional de la Uvilla (<i>Physalis peruviana</i> L.) deshidratada a tres temperaturas mediante undeshidratador de bandejas	Juntamay Tenezaca Elvia Rocío	Riobamba- Ecuador
2008	Artículo	Secado de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> l) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación	Castro Adriana M. Rodríguez Ligia Vargas Edgar M.	Medellín- Colombia
2014	Artículo	Importancia y cultivo de la Uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.)	Gerhard Fischer ² Pedro José Almanza- Merchán ³ Diego Miranda	
2014	Tesis	Extracción y actividad antioxidante del colorante natural de la pulpa del fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> “tuna morada” y su aplicación en crema chantilly	Sofía López Guerra	Lima- Perú
2016	Proyecto de investigación	Colorantes UTC”	Chadan Analuiza Edwin Aníbal	Latacunga – Ecuador

Realizado por: Walter Macas; 2018

La mayoría de las investigaciones de la **Tabla1-1** llegan a concluir que los colorantes derivados de fuentes naturales poseen metabolitos con actividad antioxidante, con un valor potencial para el desarrollo de nutraceuticos y medicamentos, estos estudios contribuyen al conocimiento científico de los frutos silvestres de nuestro país al obtener información del contenido de estos metabolitos de trascendencia en el área alimenticia y de salud para el hombre.

2.2 Marco Conceptual o Glosario

2.2.1 Frutas

2.2.1.1 Mortiño (*Vaccinium myrtillus* L.)

2.2.1.1.1 Origen



Figura 1-2: Fruto de Mortiño

Fuente: (Aguilar, et al., 2009, p. 43)

El periodo donde se produjeron hechos de gran importancia tales como el levantamiento de la cordillera de los Andes, las erupciones volcánicas; denominada Wurm, la última era del glacial que terminó hace 24.000 años a.C., en dicho periodo se produjo la migración de las especies a través del estrecho de Bering cuando éste se congeló los animales se trasladaron de Asia, Europa, África y seguramente transportaron las primeras semillas de nuevas especies vegetales que tuvieron que adaptarse a las condiciones ambientales que les ofrecía el nuevo hábitat, al culminar este período frío comenzaron a aumentar las poblaciones del continente Americano con características genéticas nuevas que van acorde con las exigencias del hábitat. Asimismo entre los años 10.000 a.C. y 12.000 a.C. el planeta experimentó cambios climáticos debido al aumento de temperatura lo cual provocó la muerte de muchas especies de mega fauna, mientras que las plantas empezaron a ocupar zonas altas de clima frío como es el caso del mortiño. Según estos acontecimientos indican que el mortiño siguió este patrón biogeográfico cuyo origen ancestral del género *Vaccinium* estaría en Asia y Europa y que posteriormente colonizaría el Este de Estados

Unidos, para avanzar a Centroamérica y Suramérica ubicándose en el Ecuador, sin embargo establecer el origen del mortiño es muy complicado debido a que se debe estimar sus ancestros comunes, realizar pruebas de ADN y establecer vínculos culturales que permitan conocer el uso del mortiño en épocas pasadas. (Gallardo de la Puente, 2015, p. 96).

EL mortiño proviene del genero *Vaccinium* es un arbusto perenne deciduo de la familia Ericaceae-Endémico, es una especie silvestre que se encuentra exclusivamente en los altos Andes, a altitudes de 1600 a 4000 m, es considerado el “Blueberry de los Andes” por su similitud con el blueberry de Norte América, dicho fruto es considerado como una planta con interesante potencial en el mercado como una nueva fruta que puede cultivarse y promoverse su consumo en el mercado mundial debido a la amplia aceptación de especies muy similares. La distribución geográfica del mortiño comprende las zonas andinas de Suramérica, desde Ecuador hasta Venezuela, esta baya se encuentra en Ecuador en el páramos, pastizales de alta altitud entre 3400 y 3800 m sobre el nivel del mar (Escobar, et al., 2009, p. 55) Esta baya es negra, redonda, de aproximadamente 7 mm de diámetro, con muchas semillas casi indetectables, y más amarga que el arándano alto cultivado norteamericano (*Vaccinium corymbosum*) produce bayas redondas comestibles con una rica historia etnobotánica entre los habitantes indígenas y rurales de los Andes. (Vasco, et al., 2009, p. 8275).

2.2.1.1.2 *Importancia del cultivo en Ecuador*

En Ecuador, las comunidades locales consumen bayas en una variedad de bebidas ceremoniales y preparaciones alimenticias, y usarlos para tratar diferentes dolencias, que incluyen reumatismo y diabetes, asimismo el mortiño se usa como ingrediente en un plato especial llamado "Colada morada" preparada cada año para el 2 de noviembre, Día de las Almas o el "Día de los Muertos" (Vasco, et al., 2009, p. 8276).

2.2.1.1.3 *Clima*

La especie *Vaccinium* es notablemente resistente a la sequía y las heladas, y crece con éxito en ecosistemas similares a la tundra (comúnmente conocido como páramos) donde las temperaturas oscilan entre 8 y 17 °C (Coba , et al., 2012, p. 6).

2.2.1.1.4 Suelo

El mortiño crece bien en suelos ácidos; es decir con un ph menor o igual a 5,0; húmedos pero bien drenados ya que su sistema radicular es superficial y por lo tanto no soporta encharcamientos (Escobar, et al., 2009, p. 11).

2.2.1.1.5 Reproducción

Una de las formas más conocidas de reproducción del mortiño es la reproducción por semillas donde los frutos se colectan al inicio de la madurez cuando empiezan a tornarse de color morado o granate; las semillas se siembran en semilleros directamente sobre la superficie del suelo preparado, el cual consiste en una mezcla de tierra, arena y micorriza comercial, en una proporción de 7,5:1,5:1 partes de cada uno respectivamente (Escobar, et al., 2009, p. 11).

2.2.1.1.6 Siembra

Según (Escobar, et al., 2009, p. 11) es aconsejable dejar secar las semillas a la sombra antes de sembrarlas, después de sembradas se recomienda cubrirlas con una pequeña capa de acículas de pino descompuestas, las cuales contienen el inóculo de las micorrizas (son la asociación de hongos con las raíces de ciertas plantas) en este caso del mortiño que ayudan en la recuperación de nutrientes, beneficiando su desarrollo posterior.

2.2.1.1.7 Taxonomía

Tabla 1-2: Taxonomía del Mortiño (*Vaccinium myrtillus* L.)

Reino	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Magnoliophyta
Orden:	Ericales
Familia:	Ericaceae
Género:	Vaccinium
Especie:	Vaccinium myrtillus L.
Nombre científico:	Vaccinium myrtillus L.
Nombre común:	uva de monte, agráz o arándano azul

Fuente: (Escobar, et al., 2009, p. 12)

Realizado por: Walter Macas, 2018

2.2.1.1.8 Descripción Botánicas

Según Medina, et al., (2015, p. 117) el mortiño tiene la siguiente descripción botánica:

- **Raíz**

El sistema radical del mortiño, está formado por finas raicillas, que presentan un desarrollo superficial de poca extensión

- **Hojas**

Las hojas de este arbusto son simples alternas espiraladas, de forma elíptica, de 1,5 - 3, 5 cm de largo por 0,6 – 1,4 cm de ancho; base obtusa, ápice acuminado, borde finamente aserrado; haz verde lustroso y envés verde pálido.

- **Flores**

Son pequeñas, de color blanco, cáliz con los sépalos unidos y con 5 dientes; corola tubular con 5 lóbulos de 5 - 7 mm

- **Fruto**

El fruto es una baya globosa y carnosa de 8 - 14 mm de diámetro, de color morado oscuro a negro al madurar; conserva rudimentos del cáliz en el ápice y las semillas son numerosas y pequeñas

2.2.1.1.9 Variedades

De acuerdo con Gallardo de la Puente (2015, p. 87), el Ecuador posee tres variedades de mortiño de las cuales dos son especies nativas y una es endémica (cuando una planta existe en un solo lugar del mundo), a continuación se van a describir cada una de ellas:

Tabla 2-2: Variedad del mortiño

Variedad	Características
Vaccinium floribundum	<ul style="list-style-type: none">• Es una especie nativa de los Andes• Se cultiva desde los 1000-4500 msnm• Se localiza en las provincias de Azuay, Bolívar, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Loja, Morona Santiago, Napo, Pichincha, Sucumbíos, Imbabura, Tungurahua y Zamora.
Vaccinium crenatum (G.Don) SWleumer	<ul style="list-style-type: none">• Arbusto nativo de los Andes• Se cultiva encuentra entre los 1500- 3500 msnm.• Se localiza en las provincias del Azuay, El Oro y Loja.

Vaccinium distichum Luteyn	<ul style="list-style-type: none"> • Esta especie es una planta endémica de los andes se encuentra entre los 2000 y 2500 msnm. • Se encuentran únicamente en la provincia de Pichincha, actualmente se encuentra en peligro de extinción.
----------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Realizado por: Walter Macas, 2018

Fuente: (Gallardo de la Puente, 2015)

2.2.1.1.10 Propiedades Nutricionales y Medicinales

EL mortiño posee propiedades medicinales que serán descritas a continuación:

- Restablece los niveles normales de azúcar en la sangre en personas con problemas de hipoglicemia y diabetes, también ayuda con los problemas digestivos (Escobar, et al., 2009, p. 72).
- Son fuentes dietéticas importantes de fibra y micronutrientes que son esenciales para la salud, también contienen una gran cantidad de otros fotoquímicos para los que no se conocen condiciones de deficiencia, pero que pueden tener bioactividades marcadas en las células de mamíferos con potencial beneficio para la salud (Beattie, et al., 2005, p. 72).
- Poseen antioxidantes que previenen las complicaciones crónicas en parte a través de sus interacciones con las especies reactivas del oxígeno y la capacidad de captar radicales libres (Seifried, et al., 2007, p. 569).
- No solo son antioxidantes, sino que también brindan propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antimutagénicas. Se ha demostrado que la potente actividad antioxidante de estas frutas se basa en el alto valor fenólico (Rouanet, et al., 2010, p. 2668)
- Mejora la función visual en adultos con exceso de trabajo en los ojos, lo que sin duda es un problema en la era del trabajo con computadora (Canter & Ernst, 2004, p. 49).
- Provoca la señalización genética en la prevención de enfermedades y promueve la salud humana debido a actividades biomédicas en condiciones tales como trastornos cardiovasculares, el avance del estrés oxidativo inducido por la edad, respuestas inflamatorias y diversas enfermedades degenerativas. (Bao, et al., 2008, p. 423).

Tabla 3-2: Propiedades Nutricionales de la Mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*)

Componentes	Contenido en 100g de la parte comestible	Unidad
Humedad	81.0±2.0	g
Carbohidratos Totales	16.9±0.1	g
Ceniza	0.4±0.03	g
Fibra dietética total	7.6±2.2	g
Grasa total	1.1	g
Proteína	0.7±0.02	g

Calorías	84.0±0.4	Kcal
Calcio(Ca)	17.0±2.3	mg
Magnesio (Mg)	10.2±1.1	mg
Potasio (K)	607±73	mg
Hierro (Fe)	0.64±0.2	mg
Cobre(Cu)	0.12±0.02	mg
Zinc (Zn)	0.13±0.02	mg
contenido fenólico soluble total	882±38	mg
β -Caroteno	36.0±6.0	ug
Ácido Ascórbico	9.0±2.0	mg
Materia seca	14.40-15.80	g

Recopilado por: Walter Macas, 2018

Fuente: (Vasco, et al., 2009, p. 8275)

2.2.1.2 Uvilla (*Physalis peruviana*)

2.2.1.2.1 Origen



Figura 2-2: Fruto de uvilla

Fuente: (Fischer, et al., 2014)

El género *Physalis* L. (Solanaceae) es originario de los Andes, con distribución tropical global, que se extiende desde el sur de América del Norte hasta América del Sur, pero de acuerdo a un estudio realizado por los países pertenecientes al convenio “Andrés Bello” en el año 1983, se determinó una zona más amplia para su origen que incluye a los Andes Ecuatorianos. Su historia traspasa de los periodos incásicos y pre-incásicos a lo largo de América del Sur. Antiguamente la uchuva se consideraba como maleza y fue que hasta que en los años ochenta empieza a tener un valor económico como cultivo debido a sus características como buen aroma olor y bondades medicinales (Silva & Agra, 2005, p. 345).

Physalis peruviana (*physalis* = vejiga) tiene numerosos nombres comunes según el país o regiones, como la grosella espinosa de cabo (Sudáfrica), la baya inca, la baya azteca, el dorado baya, cereza de tierra gigante, cereza de tierra africana, peruana cereza molida, cereza peruana,

pokpok (Madagascar), (Hawai), rasbhari (India), poha aguaymanto poha aguaymanto (Perú), uvilla (Ecuador), uchuva (Colombia), harankash (Egipto), amur en jaula (Francia, francés por amor en una jaula), y a veces simplemente physalis (Reino Unido). Además de esto, Physalis peruviana y Physalis angulata (Linnaeus) son originarios de América del Sur y en Brasil. P. angulata es una especie ampliamente utilizada en medicina popular como anticoagulante, anti-leucémico, anti-mutagénico, antiinflamatorio, antiespasmódico, antiséptico, analgésico y tratamiento de la diabetes, entre otros (Chiang, et al., 2015, p. 1156).

2.2.1.2.2 Importancia del cultivo en Ecuador

En Ecuador la producción de Uchuva(o uvilla) se realiza por pequeños y medianos productores de la Sierra Norte entre los 2.000 a 3.000 msnm, especialmente en la provincia de Imbabura, en donde, mediante sistemas de producción semi-tecnificado, se encuentra el 40% de los cultivos, con producciones entre 13,6 t ha⁻¹ en 350 ha. Se destaca que bajo las condiciones agroecológicas de la zona productora, por presentar periodos prolongados de luminosidad característica de la zona ecuatorial y por su temperatura estable a lo largo del año, expresa mayor coloración, contenidos de azúcares, comparada con la procedente de Kenia y Sudáfrica (Calvo, 2009, p. 2).

2.2.1.2.3 Zonas de producción y comercialización

En nuestro país no se conocen zonas productoras de este cultivo. Se reconoce como una planta silvestre que se encuentra a orilla de caminos y carreteras en zonas altas de Cartago y Los Santos. Tampoco se tiene información sobre la comercialización de la misma excepto una pequeña asociación de mujeres en Providencia de Dota, que la vende en mermelada para algunos puestos de venta a orilla de carretera. Entre los principales países consumidores de uchuva están: Holanda, Alemania, Francia, Inglaterra, España, Bélgica, Suiza, Canadá y Brasil (Calvo, 2009, p. 5).

2.2.1.2.4 Clima

Es un cultivo que se desarrolla muy bien en altitudes altas, entre 1800 y 2800 msnm, con temperaturas promedio entre 13° y 15°C. La planta es susceptible a temperaturas extremas; las temperaturas muy altas pueden perjudicar la floración y fructificación, así como las temperaturas nocturnas inferiores a 10°C de manera constante impiden que prospere, igualmente una lluvia persistencia afecta la condición de la planta (Calvo, 2009, p. 2).

2.2.1.2.5 *Suelo*

La uchuva prefiere aquellos suelos con textura areno-arcillosa con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica y un pH que debe estar entre 5.5 y 6.8. (Calvo, 2009, p. 3).

2.2.1.2.6 *Reproducción*

El cultivo se propaga por semilla (sexualmente), procedente de frutos de buen tamaño, completamente maduros, cosechados de plantas vigorosas. Las semillas se extraen y se colocan en un recipiente plástico en el cual se someten a un proceso de fermentación por espacio de 24 a 72 horas, posteriormente, se lavan con agua limpia y se colocan a secar a la sombra sobre un papel absorbente. Una vez secas, se almacenan por 8 días para luego sembrarlas en el semillero con suelo desinfectado. Después de 25 -30 días las plántulas se trasladan a bolsas por un mes, de donde se llevan a campo. . (Calvo, 2009, p. 3).

2.2.1.2.7 *Trasplante y Siembra*

El trasplante al sitio definitivo se hace cuando la planta alcanza una altura de 15 a 20 cm y tenga de 3 a 4 hojas. Los hoyos deben ser de 30 x 30 cm, en el fondo puede colocarse 2 kg de abono orgánico más 80 g de abono 10-30-10 al momento de la siembra. La distancia más recomendada es de 2.0 x 2.0 m en cuadro para una población de 2.500 plantas/ha. Puede sembrarse en pendientes pronunciadas (Calvo, 2009, p. 3).

2.2.1.2.8 *Labores culturales*

La poda en el cultivo de la uchuva es una de las prácticas más recomendadas porque tiene efecto sobre el tamaño del fruto, mejora la arquitectura de la planta y ayuda en la efectividad del sistema de tutorado. (Calvo, 2009, p. 3)

Según Calvo (2009, p. 3) existen dos tipos de poda y son:

- a) La poda de formación que consiste en eliminar los brotes ó chupones que se producen en la base del tallo principal hasta los primeros 40 cm de altura con el fin de disminuir la humedad relativa dentro del cultivo y la presencia de enfermedades.
- b) La poda de mantenimiento o sanitaria es la más importante y consiste en remover ramas secas, viejas y enfermas de la planta con el propósito de disminuir las fuentes de inóculo de las

principales enfermedades. Las plantas de uchuva se deben sostener mediante tutores y amarres debido a que cuando están en producción alcanzan demasiado peso, ocasionando volcamientos y ruptura de ramas. El sistema más utilizado es el que permite la formación de la planta en “V”, que facilita la disponibilidad de la luz y favorece la aireación del cultivo. La fertilización en plena producción se realiza cada dos meses, aplicando 200 g de 10-30-10 al suelo. Bajo condición orgánica se mantiene con abono compost cada dos meses.

2.2.10.9 Cosecha

Los productores cosechan cuando el cáliz torna a un color amarillo que es simultáneamente con la coloración del fruto, según régimen de temperatura, la producción inicia entre 4 y 7 meses después de sembrada (Fischer & Miranda, 2012, p. 853).

2.2.1.2.9 Taxonomía

Tabla 4-2: Taxonomía de la uvilla (*Physalis peruviana*)

Reino:	Plantae
Clase:	Angiosperma
Subclase:	Dicotyledoneae
Orden:	Tubiflorae
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Physalis</i>
Especie:	<i>peruviana L.</i>
Nombre científico:	<i>Physalis peruviana</i>
Nombre común:	Uvilla, uchuva, tomatillo, etc.

Recopilado por: Walter Macas, 2018

Fuente: (Fischer & Miranda, 2012, p. 853)

2.2.1.2.10 Descripción Botánica Morfológica

- **Raíz**

Planta de tipo arbustiva con una raíz fibrosa que se ha encontrado a más de 60 cm de profundidad en el suelo. La mayoría de raíces fibrosas se encuentran entre 10 y 15 cm de profundidad (Fisher, 2000, p. 10).

- **Tallo**

Posee un tallo algo quebradizo de color verde, con vellosidades de textura muy suave al tacto (Calvo, 2009, p. 2).

- **Hojas**

Las hojas son enteras, similares a un corazón pubescente y de disposición alterna. (Calvo, 2009, p. 2) Son simples, alternas, acorazonadas y pubescentes con un tamaño entre 5 y 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho. (Fisher, 2000, p. 10)

- **Flores**

Son hermafroditas de cinco sépalos, con una corola amarilla y de forma tubular, se desarrollan en las axilas de pedúnculo foliar, que son solitarias, con una corola tubular de color amarillo.

- **Fruto**

El fruto es una baya carnosa en forma de globo, con un diámetro que oscila entre 1,25 y 2,5 cm y con un peso entre 4 y 10 g; está cubierto por un cáliz formado por cinco sépalos que le protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas. Su pulpa presenta un sabor ácido azucarado (semiácido) y contiene de 100 a 300 semillas pequeñas de forma lenticular (Calvo, 2009, p. 2).

2.2.1.2.11 *Variedades*

En Ecuador de acuerdo a Calvo (2009, p. 7) se han establecido varios ecos tipos y son:

- **Colombiano**

Es una uvilla que se caracteriza por tener el fruto grande de color amarillo intenso, su concentración de ácido cítrico es menor que el resto de materiales, sin embargo por su aspecto fenotípico es altamente demanda para los mercados de exportación.

- **Ambateño**

Es una uvilla con fruto mediano de color entre verde y amarillo que tiene una alta cantidad de sustancias que le dan un sabor agri-dulce y aroma que destaca sobre el resto de eco tipos.

- **Ecuatoriana**

Es un eco tipo más pequeño de color amarillo intenso, es de mayor concentración de sustancias vitamínicas, su aroma es agradable

2.2.1.2.12 *Propiedades Nutricionales y Medicinales*

La uvilla es una fruta que posee extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales favoreciendo la conquista de nuevos mercados (Galvis, et al., 2005), es un fruto que posee altos niveles de vitamina C y A, así como de calcio, fósforo y hierro. En diferentes regiones de Colombia se le atribuyen ciertas propiedades medicinales como las de purificar la sangre, disminuir la albumina de los riñones, aliviar problemas en la garganta, próstata y bronquios, fortificar el nervio óptico, limpiar las cataratas y prevenir la osteoporosis. (Calvo, 2009, p. 8).

Tabla 5-2: Propiedades Nutricionales de la uvilla

Componentes	Unidad	Contenido en 100g de la parte comestible
Humedad	G	78.9
Carbohidratos	G	11
Ceniza	G	1.1
Fibra	G	2.7
Grasa total	G	1.1
Proteína	G	1.7
Ácido Ascórbico	Mg	34.5
Calcio(Ca)	Mg	10
β -Caroteno	UI	120
Vitamina A	UI	550
Fosforo (P)	Mg	46
Hierro (Fe)	Mg	3
Niacina	Mg	0.8
Riboflavina	Mg	17

Tiamina	Mg	0.18
Diamina	Mg	0.01
Calorías	Kcal	52

Recopilado por: Walter Macas, 2018

Fuente: Fruit (2011) Garden, California Rare Fruit Growers,

2.2.1.3 Tuna (*Opuntia ficus-indica*)

2.2.1.3.1 Origen



Figura 3-2: Fruto de Tuna

Fuente: (Amaya, 2009)

Nopal (*Opuntia ficus-indica*) es una cactácea endémica de América, desarrollándose en tierras áridas y semiáridas, comúnmente nombrada como tuna o nopal cactus, se desarrolla adecuadamente ya sea en tierras áridas o semiáridas donde la población lo utiliza como fuente de alimento y de forrajeo. Comúnmente nombrada como tuna o nopal, se desarrolla en cualquiera de las tierras áridas o semiáridas tierra donde la población lo utiliza como fuente de alimentos y de forraje, los extractos de su cladodio (tallos modificados) han mostrado hipolipidémico, hipocolesterolémico, antidiabético, hipoglucemiante y actividades antiinflamatorias. Además, la fruta es rica en polifenoles y betalainas, compuestos que son bien conocidos por sus propiedades antioxidantes (El-Mostafa, et al., 2014, p. 14880), La fruta de cactus se considera un cultivo ampliamente distribuido en América con un rápido crecimiento y bajo costo, lo que aumenta su potencial para desarrollar productos alimenticios de valor agregado, las betalainas de cactus tienen cada vez más atrajo el interés como fuente de preparaciones de pigmentos solubles en agua (Otálora , et al., 2015, p. 176).

2.2.1.3.2 *Clima*

En cuanto al clima para el desarrollo de la tuna se necesita de una temperatura media anual de 16-28° C, una precipitación pluvial media anual de 150-1800 mm, la altitud tiene un margen de 800 - 1800 msnm. (Trujillo, 2014, p. 1559)

2.2.1.3.3 *Suelo*

Los mejores suelos para la plantación de la tuna deben ser de origen calcáreo con textura arenosa y un pH de 6.5 a 8.5. (Trujillo, 2014, p. 1557).

2.2.1.3.4 *Cultivo de la tuna*

Para el cultivo de la tuna se debe verificar el terreno en cuanto a fertilización y la presencia de malezas, la forma y la distancia de plantación, dependerán del hábito de crecimiento de la variedad y de la posibilidad de efectuar riego, aunque sea ocasional (Sáenz, 2006, p. 1025).

2.2.1.3.5 *Labores culturales*

- Propagación

La propagación de la tuna de acuerdo con Trujillo (2009, p. 15) se presenta de dos formas la propagación por semillas generalmente se utiliza la reproducción asexual mediante pencas o cladodios y la propagación vegetativa donde los cladodios la unidad básica meristemática es la areola ubicada en el cladodio pueden originar ramas, flores o raíces.

2.2.1.3.6 *Cosecha*

La cosecha de la tuna se inicia una vez que el fruto alcanza el tamaño de acuerdo su variedad y una cantidad de sólidos totales de 12 °Brix, se deben cosechar en la mañana a temperaturas bajas para evitar el vuelo de las espinas y para que se reduzca la deshidratación del fruto (Sáenz, 2006, p. 27)

2.2.1.3.7 Taxonomía

Tabla 5-2 Taxonomía de la tuna

Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Magnoliophyta
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Género:	Opuntia
Especie:	ficus-indica
Nombre científico:	O. ficus-indica (L.)
Nombre común:	Nopal, tuna, etc.

Recopilado por: Walter Macas, 2018

Fuente: (Trujillo, 2014, p. 18)

2.2.1.3.8 Descripción Botánica Morfológica

Según la información recopilada por Trujillo (2014, p. 8) describe morfológicamente a la tuna de la siguiente manera:

Tabla 6-2: Descripción Botánica morfológica de la tuna

Morfología	Descripción
Raíz	Su sistema radical es superficial extenso y ramificado.
Tallo	Es un tronco leñoso que mide entre 20 a 50cm de diámetro.
Hojas	Cladodios internos, transformadas en espinas en forma de garra, brotan las espinas de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud.
Flores	Tienen de 6 a 7 cm de longitud se encuentran localizadas en la parte superior de la penca.
Fruto	Vaya polisperma que toma diferentes colores cuando llegan a su madurez, poseen espinas de 2 a 3 mm de longitud.

Recopilado por: Walter Macas, 2018

Fuente: (Trujillo, 2014, p. 18)

2.2.1.3.9 Variedades

De acuerdo con Chadán (2016, p. 14), en el Ecuador se pueden apreciar cinco variedades de tuna tal como se indica en la **Tabla 3-2**

Tabla 7-2: Variedades de tuna en el Ecuador

Variedad	Características
Silvestre	<ul style="list-style-type: none"> • Crece libremente en el campo. • Se caracteriza por tener hojas y fruto más pequeño que el resto de variedades.
Amarilla sin espina	<ul style="list-style-type: none"> • Esta es la más apreciada por los campesinos. • Las hojas y los frutos prácticamente no tienen espinas. Además, tienen muy buena acogida en el mercado. • El color la vuelve más apetitosa a la vista de los consumidores.
Amarilla con espinas	<ul style="list-style-type: none"> • Esta es una variedad producto del cruce entre la tuna silvestre y la tuna amarilla sin espinas, provocada por la polinización de los insectos. • Su fruto es grande y redondo. Es muy apreciada por su comida amarillenta que la vuelve atractiva.
Blanca	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene el fruto alargado. • La pulpa tiene un sabor más dulce que el resto de tunas. • Entre las ventajas está que es la planta más resistente al ataque de las enfermedades. • También es de fácil manejo, pues casi no posee espinas.
Tuna morada	<ul style="list-style-type: none"> • Es una planta arbustiva de la familia de las cactáceas. • Los segmentos o cladodios en que se divide, son tallos capaces de ramificarse, emitiendo flores y frutos.

Fuente: (Chadan, 2016)

Recopilado por: Walter Macas, 2018

2.2.1.3.10 Propiedades Nutricionales y Medicinales

A nivel nutricional, los nopales o tunas se pueden utilizar como fuente alternativa de colores y nutrientes naturales, a través del suministro de betalaínas, aminoácidos, azúcares, proteínas y vitaminas (El-Mostafa, et al., 2014, p. 14892)

Tabla 8-2: Propiedades Nutricionales de la tuna

Componentes	Unidad	Contenido en 100g de la parte comestible
Humedad	g.	87.55
Carbohidratos	g.	9.57
Lípidos	g.	0,51
Fibra	g.	3.60
Grasa total	g.	0.29
Proteína	g.	0.73
Magnesio (Mg)	Mg	85
Calcio(Ca)	Mg	56
Potasio (K)	Mg	220

Sodio (Na)	Mg	5
Fosforo (P)	Mg	24
Sodio (Na)	Mg	5
Zinc (Zn)	Mg	0.12
Cobre (Cu)	Mg	0.08
Selenio (Se)	Mg	0.60
Vitamina A	UI	51
Vitamina C	Mg	14
Vitamina E	Mg	0.01
Vitamina B6	Mg	0.06
Riboflavina	Mg	0.06
Tiamina	Mg	0.014
Niacina	Mg	0.46
Calorías	Kcal	41

Fuente: (Trujillo, 2014, p. 29)

Recopilado por: Walter Macas, 2018

En consecuencia, son posibles reguladores metabólicos, los extractos de cactus revelan efectos beneficiosos en los metabolismos de los lípidos y la glucosa, que son un buen augurio para el tratamiento del metabolismo humano trastornos incluyendo diabetes y obesidad. Por otro lado pueden ser utilizados como antioxidante y antiinflamatorio. Los estudios in vitro e in vivo son convergentes para concluir que los extractos *Opuntia ficus indica* exhiben propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. (El-Mostafa, et al., 2014, p. 14889).

2.2.2 Colorantes y pigmentos

La Asociación de Fabricantes de Colores Secos (The Dry Color Manufacturers Association) hace una clara distinción entre el pigmento y los colorantes: el pigmento es un sólido orgánico o inorgánico en partículas de color negro, blanco o fluorescente, que por lo general es insoluble, física y químicamente no es afectado por el vehículo o sustrato en el que está incorporado. Por lo tanto, el efecto de pigmentación es por absorción selectiva y / o dispersión de la luz; un pigmento retendrá su estructura cristalina o particulada. Por el contrario, los colorantes son solubles en el medio de transporte y por lo tanto las características cristalinas / partículas se pierden en solución cuando se usa un colorante para impartir color a un material. Sin embargo otros autores prefieren el nombre más genérico colorante que asocian los dos términos con una sola definición que es un colorante se lo considera como una sustancias que modifican el color percibido de los objetos, o imparten color a objetos que de otro modo serían incoloros (Badui, et al., 2016, p. 402)

De acuerdo con Dikshit & Tallapragada (2018, p. 83) los colorantes alimenticios son colores que se agregan a los productos comestibles con el fin de que los alimentos adquieran atributos que están directamente asociados con los sentimientos sensoriales humanos y los hábitos alimentarios, como apariencia, forma, superficie, tamaño y brillo son las razones principales de los productos alimenticios ser aceptado o rechazado. Es una propiedad sensorial que puede hacer que la comida sea aceptable inmediatamente por el consumidor, incluso antes de probarlo. Estos atributos se describen a continuación:

- Ayudan a mantener el aspecto original de la comida después del procesamiento y durante el período cuando la comida se almacena.
- También evitan variaciones estacionales en el color de la comida que pueden surgir debido a condiciones ambientales, y garantizar la uniformidad en el tono de color.
- Se pueden utilizar para mantener el sabor del producto alimenticio consumible y para intensificar su color normal para el reconocimiento y el mantenimiento del deseo de los consumidores del producto.
- También pueden usarse por diversos medios para mantener la calidad de los alimentos y aumentar su aceptabilidad.

Según Dikshit & Tallapragada (2018, p. 86) hay varios tipos de colorantes:

- Colorantes sintéticos que no se encuentran en la naturaleza (p. Ej., Colorante azoico, etc.)
- Colorantes sintéticos naturalmente idénticos: pigmentos artificiales que también se encuentran en la naturaleza (por ejemplo, caroteno y riboflavina)
- Colorantes naturales (pigmentos) producidos por organismos vivos (por ejemplo, plantas y microorganismos)

2.2.2.1 Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos, que no se encuentran en la naturaleza, son compuestos complejos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre con iones metálicos. Los fabricantes de tintes en general usan materias primas simples como hidrocarburos aromáticos, como benceno, tolueno, xileno, naftaleno, acenaftaleno, carbazol y antraceno junto con grupos químicos, como nitro, amino y ácido sulfónico para preparar colorantes alimentarios sintéticos (Dikshit & Tallapragada, 2018, p. 87).

2.2.2.2 *Colorantes alimentarios sintéticos naturalmente idénticos*

Los colorantes alimentarios sintéticos naturalmente idénticos son colorantes alimenticios naturales han sido sintetizados artificialmente para mejorar sus propiedades para su uso posterior en aplicaciones industriales. Los carotenoides son el máximo natural sintetizado pigmento, pero se sabe que son propensos al ataque oxidativo y una pérdida de color resultante. Para esta síntesis de pigmentos, la formulación desarrollada se basa en sistemas antioxidantes que ayudan a conservando el color por la reducción de la naturaleza oxidativa del pigmento natural (Dikshit & Tallapragada, 2018, p. 89).

2.2.2.3 *Colorantes naturales*

Los pigmentos naturales son aquellos obtenidos de fuentes presentes en la naturaleza, usados para impartir color a algunos productos. Los pigmentos naturales difieren ampliamente en su estructura química y en su origen. Aunque hay colorantes poco comunes, como el ácido carmínico, los más distribuidos en los alimentos pueden agruparse en seis categorías (Badui, et al., 2016).

1. Carotenoides.
2. Clorofilas.
3. Pigmentos fenólicos: flavonoides, antocianinas y taninos.
4. Betalaínas.
5. Hemopigmentos.
6. Otros pigmentos naturales

Los cuatro primeros son de fuentes vegetales, aun cuando llegan a estar presentes en alimentos de origen animal, a los que ingresan a través de la dieta. La mayoría de los pigmentos vegetales se localiza en el protoplasma de las células, dentro de los organelos especializados llamados plásticos, que se observan al microscopio formando pequeñas placas o agujas de estructura cristalina; en algunos casos, cuando son solubles en agua, se encuentran disueltos en las vacuolas de las células. El quinto grupo sólo se encuentra en productos de origen animal. En el sexto grupo se incluyen pigmentos que imparten color tanto a los tejidos vegetales como animales. Son poco abundantes en la naturaleza, pero no por eso menos importante, debido a las características específicas de cada uno. Por último, es necesario indicar que la estructura química determina propiedades de los pigmentos que van más allá del color, aunque ésta sea su característica evidente. La estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento; su reactividad con otros compuestos químicos para determinar tanto el color como la durabilidad o cambio de éste; su posible toxicidad, por lo que es necesario en algunos casos certificarlos para que cumplan las

normas oficiales; y su posible capacidad como micronutrientes, son algunas de las características de los pigmentos. (Badui, et al., 2016).

2.2.2.3.1 Antocianinas

Las antocianinas son el grupo más importante de pigmentos, después de la clorofila, que son visibles para el ojo humano. Químicamente, las antocianinas del griego *anthos*, una flor, y *kyanos*, azul oscuro son flavonoides (flavan), contiene 15 átomos de Carbono, un anillo cromano que lleva un segundo anillo aromático B en la posición 2 (C6-C3-C6) y con una o más moléculas de azúcar unidas en diferentes posiciones hidroxiladas de la estructura básica. Las antocianinas son glucósidos sustituidos de sales de fenil-2-Benzopirilio (antocianidinas) (Delgado-Vargas , et al., 2012)

Las antocianinas son pigmentos vacuolares generalizados en la naturaleza que muestran una gran diversidad de colores Estos pigmentos se pueden incorporar en la industria alimentaria alternativamente al uso de colorantes sintéticos ya que proporcionan una alta capacidad de colorante que también presenta una baja toxicidad y solubilidad en agua (He & Giusti, 2010).

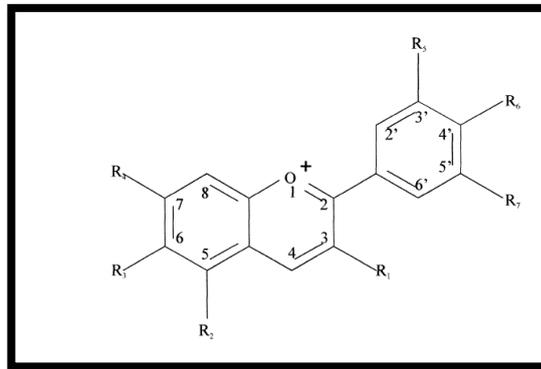


Figura 4-2: Estructura química de las antocianinas

Fuente: (Delgado-Vargas , et al., 2012)

2.2.2.3.2 Betalaínas

Las betalaínas son derivados de la tirosina , existen dos tipos las betacianinas que son de color rojo-violáceo y las betaxantinas anaranjadas amarillentas, ambas con el núcleo fundamental del ácido betalámico, tales como se ven en la **Figura 5-2** (Castellar, et al., 2008, p. 4253).

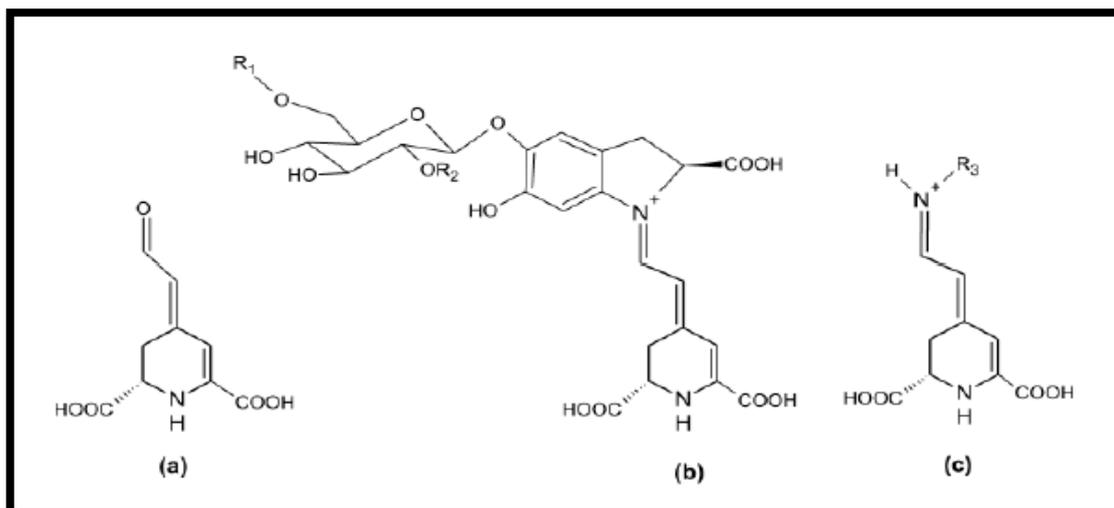


Figura 5-2: Estructura química de (a) ácido betalámico (b) betacianinas y (c) betaxantinas
Fuente: Castellar, et al., 2008

Químicamente, la definición de betalaína abarca todos los compuestos con estructuras basadas en la fórmula que se muestra en la Figura 3. Por lo tanto, son derivados de Imonio de ácido betalámico. La betanidina es la unidad estructural básica de la mayoría de las betacianinas, seguida de su epímero C15, la isobetanidina. Las betaxantinas están constituidas por diferentes aminoácidos proteínicos y no proteicos, bien como restos biogénicos conjugados con amina de ácidos betalámicos. Más de 200 aminoácidos encontrados en las plantas pueden dar lugar potencialmente a la betaxantina. El compuesto arquetípico que representa Betaxantinas es la indicaxantina, aislada de la pera espinosa (frutos de cactus de *Opuntia ficus-indica*) (Delgado-Vargas , et al., 2012).

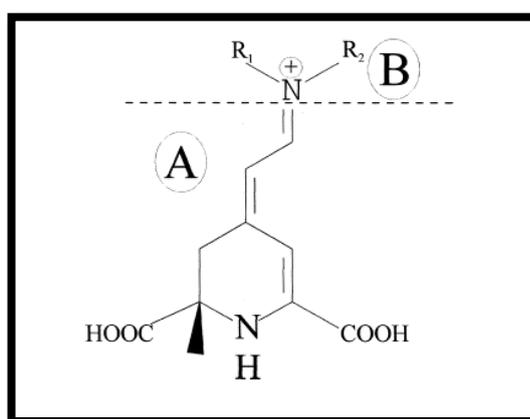


Figura 6-2: Estructura química de las betalaínas
Fuente: (Delgado-Vargas , et al., 2012)

2.2.2.3.3 Carotenoides

En general, los carotenoides son compuestos formados por ocho unidades isoprenoides (ip), cuyo orden se invierte en el centro de la molécula. Todos los carotenoides pueden considerarse derivados del licopeno (C₄₀H₅₆) por reacciones que implican: (1) hidrogenación, (2) deshidrogenación, (3) ciclización, (4) inserción de oxígeno, (5) migración de doble enlace, (6) migración de metilo (7) Elongación de la cadena y (8) acortamiento de la cadena (Delgado-Vargas, et al., 2012, p. 175).

La clasificación de los carotenoides Ilustración 5-2, según el (U.S. Department of Agriculture, 2018, p. 22) se pueden clasificar en:

- Provitamina A carotenoides (por ejemplo, β -caroteno, β -criptoxantina y mutatochromo), los β -carotenoides que, son pigmentos que van desde el color amarillo hasta el color rojo, también llamados como “carotenoides de provitamina A debido a que estos compuestos pueden ofrecer actividad de vitamina A.
- Carotenoides no provitamina A (por ejemplo, luteína y licopeno).

Para proteger los carotenoides de la degradación mediada por altas temperaturas, las muestras de alimentos se deshidratan usando liofilización (liofilización). Sin embargo, aumenta significativamente el tiempo de extracción y costo. Teniendo en cuenta estos factores, se considera la deshidratación como un paso opcional para las muestras que contienen pequeñas cantidades de agua. La interrupción del sistema celular durante la ejecución también causa una rápida degradación de carotenoides, incluso a baja temperatura. (Ramesh & Young-Soo, 2018, p. 91)

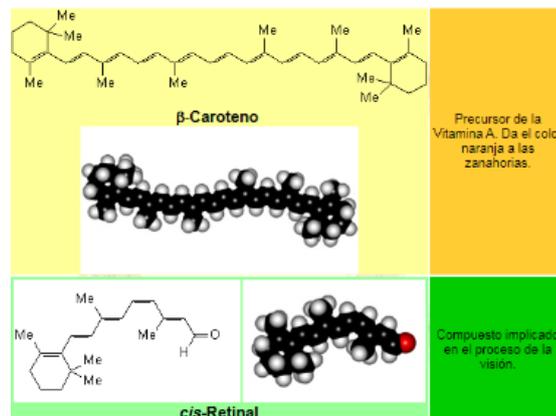


Figura 7-2: Estructura de los carotenoides

Fuente: (U.S. Department of Agriculture, 2018)

2.2.3 Radicales libres

Durante las reacciones químicas los átomos pierden electrones quedándose con una carga positiva denominado catión, por el contrario al ganar electrones adquiere una carga negativa llamada anión, por lo tanto los átomos que pierde electrones se transforman en radicales libres que viajan por la sangre buscando su estabilidad mediante otros átomos para quitarles un electrón y no causar daño al sistema solar. Un claro ejemplo de un radical libre es un átomo de O₂ con 7 electrones, mientras que si tiene 8 electrones se considera como un átomo estable, al perder un electrón se considera como inestable por consiguiente lo toma prestado de la membrana celular produciéndose así otro radical libre por ende dándose así una reacción en cadena que se puede combatir con los antioxidantes provenientes de las frutas de estudio en este trabajo de titulación, los radicales libres que se producen en el cuerpo humano no causan daño, generan daños y enfermedades cuando empieza a aumentar su producción debido a la contaminación ambiental, el estrés, los agroquímicos, la radiación entre otras razones (Gallardo de la Puente, 2015, p. 18).

De acuerdo con (Gallardo de la Puente, 2015, p. 18), el efecto que causa los radicales libres son:

- El envejecimiento prematuro celular.
- Problemas en el sistema cardiovascular.
- Disminución de la capacidad de transmisión del impulso nervioso.

2.2.3.1 Radicales libres naturales

Según Gallardo de la Puente, (2015, p. 19), los radicales libres naturales son radicales libres que proceden de alimentos cultivados sin químicos o que se desarrollan en forma silvestre bajo las condiciones climáticas de su propio ecosistema, que son muy eficaces para eliminar los radicales libres dañinos; también son átomos que contienen iones bivalentes con cargas (+) (-) actuando según su caso, dichos electrones se enlazan en la sangre. Para conseguir que los átomos reaccionen eléctricamente con una acción benéfica se debe realizar en un medio de sangre y con un pH de 7.3-7.4.

2.2.3.2 Acción de los Antioxidantes

Para poder comprender la acción de los antioxidantes revisemos que son los antioxidantes. Como (Gallardo de la Puente, 2015, p. 19) lo define los antioxidantes son compuestos químicos que se

encuentran en los alimentos naturales cuya finalidad es evitar la oxidación y como consecuencia de ello la formación de radicales libres que dañan al sistema celular y molecular.

Mediante el consumo de alimentos se puede generar una dosis de energía para el trabajo celular e incorporar al organismo los nutrientes necesarios para poder realizar los procesos oxidativos en presencia del oxígeno, por lo que pueden generar radicales libres que viajan a través de la sangre causando daños en la pared celular y molecular, dichos electrones libres empiezan a oxidar grasas, proteínas, ADN. Por esta razón los radicales libres naturales se combinan con los radicales libres industriales hasta lograr el apareamiento para alcanzar la estabilidad electrónica; por lo tanto para lograrlo se debe consumir alimentos saludables que contengan antioxidantes (Gallardo de la Puente, 2015, p. 19).

2.2.4 Secado

En los últimos 30 años, se han llevado a cabo muchos estudios sobre secado y secado de alimentos tropicales para y en los países en desarrollo (Asia, África o América del Sur), los procesos de secado están mucho menos avanzados en los países en desarrollo que en los países occidentales. El secado es una actividad significativa en la cadena de producción de alimentos, a menudo se utilizan para la conservación de alimentos para evitar pérdidas de producto. Muchos productos alimenticios se secan en zonas rurales y urbanas tanto para el consumo local como para la exportación, Muchos de los estudios realizados se centraron en mejorar la eficiencia térmica de la secadora y menos en la calidad del producto (Boroze , et al., 2014, p. 1241).

El secado, es la eliminación final de agua u otro líquido volátil de un sólido húmedo, se realiza antes de empaquetar algunos productos para mejorar su vida de almacenamiento y reducir los costos de transporte al reducir el peso de un producto. El secado es una operación de unidad compleja que implica la transferencia transitoria de calor y masa junto con varios procesos, como transformaciones físicas o químicas que pueden cambiar la calidad del producto. Los cambios físicos que pueden ocurrir incluyen: encogimiento, hinchazón, cristalización, transiciones de vidrio, etc., en algunos casos, reacciones químicas o bioquímicas deseables o indeseables que puede causar cambios en el color, textura, olor u otras propiedades del producto sólido, el equipo utilizado en estas operaciones industriales depende en el proceso particular y tipo de material que se seca, el proceso de secado se rige por la relativa importancia de varios factores, incluida la sensibilidad al calor, la porosidad, densidad aparente, tamaño de partícula, etc. (Zakir, et al., 2016, p. 1).

El secado es la Operación Unitaria en la industria mediante la cual se puede separar total o parcialmente el líquido que contiene un sólido húmedo por evaporización en una corriente gaseosa; normalmente se efectúa por convención de un fluido caliente que atraviesa al producto eliminando la humedad contenida en este, el secado es una operación que implica transferencia de calor y masa simultáneamente (Brito, 2001, p. 16).

2.2.4.1 Curva de secado

De acuerdo con Ordoñez citado por (Vargas, 2012, p. 14) cuando se desea deshidratar un alimento (material higroscópico) en una corriente de aire caliente que influye paralelamente a la superficie de desecación, y considerando que la temperatura y la humedad del aire de desecación se mantienen constantes durante todo el ciclo de deshidratación, las curvas de secado deben ser similares a las curvas de la ilustración 6-2 donde se pueden apreciar los cambios de contenido de humedad.

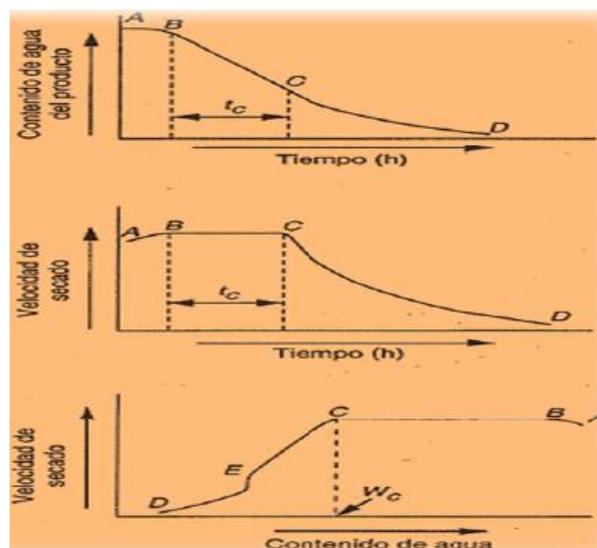


Figura 8-2: Curva de secado

Fuente: Vargas, 2012, p. 27

- **Periodo de estabilización A-B**

Es el periodo en el que las condiciones de la superficie del sólido se equilibran con las del aire de desecación (Vargas, 2012, p. 15). A medida que la temperatura aumenta la humedad se evapora y se empieza a enfriar el sólido donde se igualan la velocidad de enfriamiento y calentamiento y la temperatura se estabiliza (Juntamay, 2010, p. 32).

- **Periodo de velocidad constante B-C**

En este periodo la superficie del solido se mantiene saturada de agua líquida debido a que el movimiento del agua desde el interior del sólido a la superficie ocurre a la misma velocidad que la de evaporación en la superficie, en esta fase el agua que se evapora es agua libre renovada por movimientos capilares desde el interior del alimento (Vargas, 2012, p. 15). En el punto B la temperatura se estabilizará y permanecerá constante siempre y cuando haya una capa de humedad remanente en la superficie del sólido.

Entre los puntos B y C la humedad de evaporación de la superficie se reemplazara por el interior del agua de difusión del interior del sólido a una velocidad igual a la de evaporación, aquí la velocidad de secado sobre la unidad de superficie es constante (Juntamay, 2010, p. 32).

- **Periodo de secado a velocidad decreciente C-D**

Este periodo se produce cuando se reduce el movimiento del agua desde el interior del alimento hasta la superficie, por lo tanto, la presión parcial de vapor de agua en dicha superficie (P_v) disminuye progresivamente y esta comienza a secarse (Vargas, 2012, p. 15). En el punto C el agua de la superficie ya no se reemplazara más para mantener la capa, pequeñas manchas aparecen y la velocidad de secado comienza a decaer denominada contenido de humedad crítica, en el punto D conocido como segundo punto crítico es donde finaliza el periodo de velocidad constante, aquí el agua de la superficie del solido está totalmente evaporada y la velocidad de secado dependerá de la difusión de la humedad a la superficie del sólido (Juntamay, 2010, p. 32).

2.2.4.2 Humedad

De acuerdo con Wilkes & Williams, (2018, p. 1) la humedad es la cantidad de vapor de agua presente en una muestra sólida, expresada como el volumen de vapores de agua por unidad de peso o volumen de gas.

Ecuación para el cálculo de la Humedad en base seca

$$X_{BS} = \frac{P_i - P_f}{P_f}$$

Ecuación 1-3: Humedad en base seca

Dónde:

X_{BS} = humedad del sólido en base seca (Kg de H₂O/Kg de sólido seco)

P_i = Masa del sólido húmedo (kg).

P_f = Masa del sólido seco (Kg).

Ecuación para el cálculo de la Humedad en base húmeda

$$X_{BH} = \frac{P_i - P_f}{P_i}$$

Ecuación 2-3: Humedad en base húmeda

Dónde:

X_{BH} = humedad del sólido en base húmeda (kg H₂O/ kg de sólido húmedo)

2.2.4.3 Velocidad de secado

La velocidad de secado de forma analítica se define como la superficie de secado por unidad de área en donde las variables permanecen constantes en el tiempo, en la disminución de humedad de un material (Treybal, 2011, p. 181)

Ecuación para el cálculo de la Velocidad de secado

$$W = \frac{S}{A} \left[-\frac{dx}{d\theta} \right]$$

Ecuación 3-3: Velocidad de Secado

Dónde:

W = velocidad de secado (Kg/hm²).

S = Peso del sólido seco (Kg).

A = Área de la superficie expuesta (m²).

ΔX = Variación de la humedad.

$\Delta \theta$ = Variación del tiempo (h).

Ecuación para el cálculo de Tiempo de secado en el periodo ante-crítico

$$\theta_a = \frac{S}{A} \left(\frac{X_i - X_c}{W_c} \right)$$

Ecuación 4-3: Tiempo de Secado en el periodo ante-crítico

Dónde:

X_i = humedad inicial del solido (kg de H₂O/kg sólido deshidratado)

S= peso del sólido deshidratado (Kg sólido seco)

Θ_a = tiempo de secado en el periodo anticrítico (horas)

A= superficie expuesta (m²)

W_c = velocidad critica del secado (Kg de agua/m².h)

X_c = humedad critica (Kg de agua/Kg de solido seco)

Ecuación para el cálculo de Tiempo de secado en el periodo post-crítico

$$\theta_p = \frac{S}{A} \left(\frac{X_c - X_f}{W_c - W_f} \right) \ln \frac{W_c}{W_f}$$

Ecuación 5-3: Tiempo de Secado en el periodo post-crítico

Dónde:

W_c = velocidad final del secado (Kg de agua/m².h)

X_c = humedad final (Kg de agua/Kg de solido seco)

La fórmula para el tiempo total viene dada por la siguiente ecuación:

$$\theta_t = \theta_a + \theta_p$$

Ecuación 6-3: Tiempo total de secado

Dónde:

Θ_a = tiempo de secado en el periodo anticrítico (horas)

Θ_p = tiempo post-critico

Θ_t = tiempo total de secado

2.2.4.4 Secador de bandejas

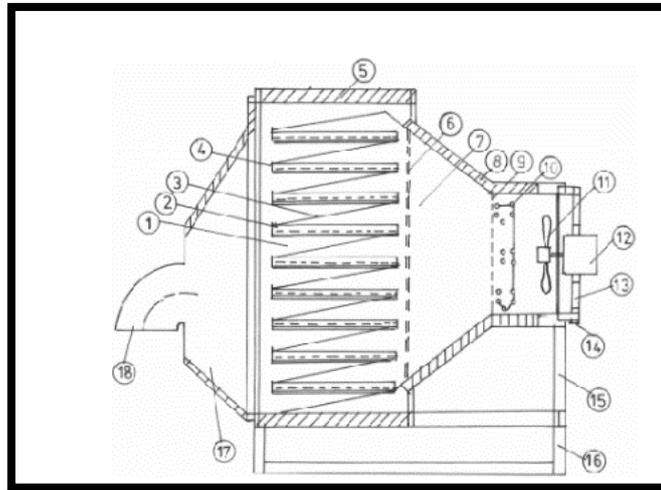


Figura 9-2: Secador de Bandejas tipo armario
Fuente: (Ndubisi , et al., 2014, p. 810)

Un secador de bandejas es considerado según Ndubisi , et al. (2014, p. 811) como un secador que contiene una cámara de secado con bandejas perforadas colocadas horizontalmente y apiladas verticalmente, un ventilador de flujo axial que suministra el aire de secado y una salida para descargar el aire usado, está equipada con un dispositivo de control de temperatura que contiene un sensor y un sistema termostático para mantener la temperatura seleccionada en el secado. Cuando la secadora está en funcionamiento, el ventilador axial sopla aire a través de la cámara sobre los elementos calefactores, el aire se calienta sensiblemente hasta la temperatura seleccionada usando el control termostático, luego entra a la cámara de secado donde recoge la humedad del producto que se está secando y luego se dirige través de la salida de aire. La recolección continúa y el agotamiento de la humedad por el aire de secado conduce a la reducción de masa y, por lo tanto, el contenido de humedad del producto en la cámara de secado, esto continúa hasta la reducción en la masa del producto. Un secador de bandejas tal como se ve en la ilustración 7-2 consta de las siguientes partes:

1. Cámara de secado
2. Bandeja
3. Placa deflectora
4. Soporte de bandeja
5. Pared aislada del gabinete de secado
6. Placa perforada
7. Conducto de aire de entrada

8. Pared aislada del conducto de aire
9. Entrada de aire perforada
10. Elementos de calentamiento
11. Ventilador de suministro de aire
12. Ventilador
13. Montaje del motor
14. Marco de soporte de montaje del motor
15. Marco de herramienta
16. Montaje del secador
17. Puerta de la secadora
18. Escape de salida de aire.

El secador de bandeja consiste en un conducto de aire montado en un bastidor de pie en el piso para proporcionar una altura de trabajo cómoda para el operador. El aire se introduce en el conducto a través de un protector de malla por un impulsor de ventilador de flujo axial impulsado por motor con una velocidad controlable para producir un rango de velocidades de aire. El aire pasa sobre un elemento calentado eléctricamente controlado por computadora para proporcionar una variación en la temperatura del aire, el aire pasa a la sección central del conducto donde cuatro bandejas que contienen el material a secar están suspendidos en la corriente de aire. Las bandejas están montadas en un marco de soporte, que se adjunta a un equilibrio electrónico colocado por encima del conducto en el que el peso total es continuo indicado, las bandejas se insertan o eliminan del conducto a través de una puerta lateral trabada con un panel de vidrio para propósitos de visualización. Después de pasar sobre las bandejas de secado, el aire se descarga a la atmósfera a través de una sección de conducto de salida donde se usa un anemómetro digital para medir la velocidad del aire temperatura y humedad relativa del aire calentado antes (Zakir, et al., 2016, p. 2).

2.2.4.5 Liofilización

La liofilización es un método de secado que es aplicado en casos muy especiales donde la presión de vapor de agua del hielo es de 4,6 mm; por lo tanto, si una sustancia que contiene agua se somete a un vacío menor que el indicado, se helará y el agua se sublimará desde el hielo sólido. El método es lento y caro, precisa de un equipo muy grande, este equipo se utiliza para el secado de productos biológicos que no deben exponerse a elevadas temperaturas o a oxidaciones. (Brito, 2001, p. 20)

El liofilizado es la eliminación de agua por sublimación del estado congelado (hielo), en este proceso, la comida se congela primero y luego se somete a un alto vacío, por lo que el agua helada se evapora sin fundirse. El vapor de agua liberado se condensa en la superficie de un condensador a muy baja temperatura. El calor necesario para la sublimación es suministrado por radiación o conducción. La liofilización ocurre en dos etapas: sublimación del hielo y desorción de la humedad adsorbida en la matriz seca (Berk , 2018, p. 569).La liofilización reduce la actividad del agua de los alimentos con el mínimo daño a las cualidades nutricionales y sensoriales (Fellows, 2017, p. 929).

2.2.4.6 Secador por atomización

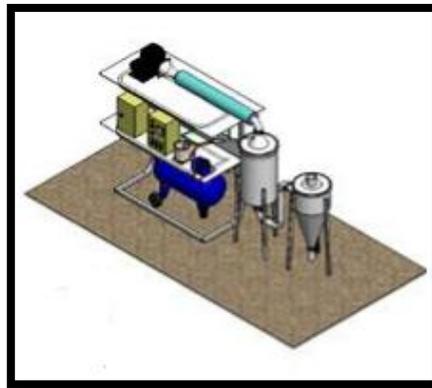


Figura 10-2: Equipo de secador por Atomización
Fuente: (Cruz & Hinojosa, 2015)

Secado por atomización es una técnica bien establecida y ampliamente utilizada para transformar líquidos de alimentos en forma de polvo, la alimentación inicial debe ser líquida, puede ser una solución, una emulsión o una suspensión ambos resistentes al calor y los productos sensibles al calor se pueden secar por atomización. (Tontul & Topuz, 2017, p. 91).

De acuerdo con Verma & Singh (2015, p. 702) el proceso de secado por atomización incluye principalmente los siguientes 5 pasos:

- **Preparación de la alimentación**

El alimento se concentra antes del secado por atomización para lograr un costo-efectividad operación de secado. El aumento de la concentración de alimento disminuye la cantidad de humedad y, por lo tanto, la energía necesaria para evapora el agua. Además, se agregan algunos materiales de transporte para aumentar el rendimiento del producto y para mejorar las características físicas del producto final. Los materiales de transporte común utilizados en el

secado por pulverización de fruta los jugos son maltodextrina, goma arábiga, proteínas de la leche (proteína de suero de leche aislado, caseinato de sodio) y proteínas vegetales.

- **Atomización de la alimentación**

El objetivo principal de la atomización es aumentar la eficacia del área de secado mediante la conversión de un líquido en una pulverización o niebla, el área superficial da como resultado transferencias de masa y calor más eficientes. La atomización se puede lograr mediante atomizadores rotativos, boquillas hidráulicas, boquillas neumáticas y boquillas ultrasónicas.

- **Contacto de gota- aire caliente**

El contacto entre la gotita y el aire tiene lugar en la cámara de secado justo después de la atomización de la alimentación en tres pasos básicos:

1. Energía térmica transferida del aire caliente a las gotitas utilizado para la evaporación
2. La temperatura del aire cae instantáneamente debido a la evaporación
3. El aire refrigerado transporta las partículas neumáticamente a lo largo del sistema de secado.

- **Secado de gotitas atomizadas**

El secado de gotitas ocurre en tres pasos:

1. Justo después del contacto gotita-aire, la temperatura de las gotitas aumenta hasta la temperatura de bulbo húmedo
2. La evaporación del agua continúa a temperatura constante y presión parcial de vapor de agua. Este paso lleva hasta la tasa de la difusión es igual a la velocidad de secado.
3. En el paso final, después de la formación de la corteza seca en la gota superficie la tasa de secado disminuye y se vuelven dependientes de la tasa de difusión del agua.

- **Separación de partículas secas del aire húmedo.**

La separación de las partículas secas del aire húmedo se realiza por medio de ciclones, filtros de bolsa, depuradores húmedos y electrostáticos precipitadores

2.2.5 Método de Extracción Soxhlet

Extracción Soxhlet convencional en su implementación clásica, que originalmente se utilizó para determinar la grasa en la leche, la muestra se coloca en un guarda medios que se llena gradualmente con solvente fresco condensado (término utilizado para referirse al solvente

utilizado para la extracción) de un matraz de destilación. Cuando el líquido alcanza el desbordamiento nivel, un sifón aspira el soluto del titular del dedal y lo vuelve a descargar en el matraz de destilación, llevando así el analitos extraídos en el líquido a granel, esta operación se repite hasta que se complete la extracción Operacionalmente, la extracción de Soxhlet es por lo tanto, una técnica discreta continua, dado que el solvente actúa paso a paso, el conjunto funciona como un sistema por lotes; sin embargo, el solvente se recircula a través de la muestra, por lo que el sistema también funciona de una manera continua de alguna manera. La extracción Soxhlet es un método convencional que tiene ventajas positivas. Por lo tanto, la muestra se pone en contacto repetidamente con porciones frescas de solvente, lo que facilita el desplazamiento del equilibrio de transferencia. Además, el sistema permanece a un nivel relativamente alto de temperatura por efecto del calor aplicado al matraz de destilación llegando a la cavidad de extracción hasta cierto punto. El rendimiento de la muestra puede ser aumentado al realizar varias extracciones simultáneas en paralelo, que se ve facilitado por el bajo costo del equipo básico. Además, la extracción Soxhlet es una metodología muy simple que requiere poco entrenamiento, puede extraer más muestras (Luque de Castro & Priego-Capote, 2010, p. 2384)

El método Soxhlet es una extracción sólido-líquido en el cual el disolvente a utilizar dependerá de la naturaleza del componente a separar. El material a ser tratado tiene que ser anteriormente pesado y triturado mediante, una bolsa que es elaborado de papel filtro colocamos dentro de la misma la muestra a tratar, también la bolsa es colocada en la cámara de extracción, el proceso continua con la vaporización del disolvente este se condensa con el refrigerante de bolas que ayuda a que el disolvente caiga sobre la muestra sólida, al conseguir una altura adecuada se produce el primer sifonamiento, retornando al balón el solvente puro. Este proceso se reitera varias veces hasta que no exista producto a tratar (Dean, 2000, p. 300).

El equipo consta de los siguientes componentes:

- ❖ Cartucho
- ❖ Matraz de Fondo plano y tubo refrigerante
- ❖ Tubo Soxhlet
- ❖ Reverbero

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

3.1 Hipótesis y especificación de las variables

3.1.1 *Hipótesis General*

Los colorantes naturales obtenidos del mortiño (*vaccinium mytillus l.*), uvilla (*physalis peruviana*) y tuna (*opuntia ficus-indica*) serán utilizadas como aditivos sustituyentes de colorantes artificiales para el uso alimenticio mejorando el bienestar y la salud de los consumidores.

3.1.2 *Hipótesis Específicas*

- Mediante un análisis de laboratorio y una revisión bibliográfica se podrá analizar físico-química y sensorialmente el mortiño (*Vaccinium mytillus l.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*), que servirá como orientación científica y punto de partida para el desarrollo de este estudio.
- Con la evaluación de los tres métodos de secado (liofilización, Atomización, y secado de bandejas), se busca determinar que método de secado es el más adecuado para la obtención de los colorantes vegetales.
- Con la determinación del rendimiento obtenido de cada uno de los colorantes vegetales, se podrá seleccionar el método más adecuado para su obtención.
- En base a la determinación de los parámetros basados en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994, se realizará la evaluación de los colorantes naturales obtenidos.
- Con la aplicación de los colorantes naturales en diferentes productos, se podrá validar los colorantes obtenidos.

Tabla 1-3: Hipótesis y especificación de las variables

Hipótesis General	Hipótesis Específicas	Proceso	Variables dependientes	Variables independientes
Los colorantes naturales obtenidos del mortiño (<i>vaccinium mytillus L.</i>), uvilla (<i>physalis peruviana</i>) y tuna (<i>opuntia ficus-indica</i>) serán utilizadas como aditivos sustituyentes de colorantes artificiales para el uso alimenticio mejorando el bienestar y la salud de los consumidores.	Mediante un análisis de laboratorio y una revisión bibliográfica se podrá analizar físico-química y sensorialmente el mortiño (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), uvilla (<i>Physalis peruviana</i>) y tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>), que servirá como orientación científica y punto de partida para el desarrollo de este estudio.	S. Bandejas	Temperatura	Humedad Tiempo de secado Velocidad de secado Rendimiento de secado
	Con la evaluación de los tres métodos de secado (liofilización, Atomización, y secado de bandejas), se busca determinar que método de secado es el más adecuado para la obtención de los colorantes vegetales.	S. Liofilización	Temperatura	Humedad Tiempo de secado Velocidad de secado Rendimiento de secado
	Con la determinación del rendimiento obtenido de cada uno de los colorantes vegetales, se podrá seleccionar el método más adecuado para su obtención.	S. Atomización	Concentración de maltodextrina Temperatura	Humedad Tiempo de secado Rendimiento del polvo atomizado
	En base a la determinación de los parámetros basados en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994, se realizará la evaluación de los colorantes naturales obtenidos.	Molienda y tamizado	Rendimiento	-----
	Con la aplicación de los colorantes naturales en diferentes productos, se podrá validar los colorantes obtenidos.	Extracción Soxhlet	-----	Cantidad de solvente Rendimiento del colorante Concentración de Pigmentos

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.1.1 Operacionalización de Variables

Tabla 2-3: Operacionalización para la obtención de colorantes naturales

CATEGORÍA	CONCEPTO	DIMENSIONES	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE
OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO	Son colorantes que provienen de fuentes animales, vegetales y otras fuentes orgánicas.	1.- Análisis de las características físico-químicas de la materia prima (mortiño, uvilla y tuna).	<ul style="list-style-type: none"> • pH • ° Brix • SA • Densidad • nD 	Ácido °Bx % g/cm.s g/ml	-
		2.- Evaluación de tres métodos de secado (liofilización, atomización, secado por bandejas).	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Humedad • Tiempo de secado • Rendimiento 	°C % s %	-
		3.- Determinación del rendimiento de los colorantes obtenidos en el proceso.	Rendimiento de colorante obtenido	%	-
		4.- Evaluación de los colorantes obtenidos basados en normas.	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico • Plomo • Zinc • Mohos y levaduras 	-	Noma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994
		5.- Validación de los colorantes obtenidos. (aplicación en productos)	Aplicación en el producto	- Dosificación del colorante	-

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.1.2 Matriz de Consistencia

Tabla 3-3: Matriz de Consistencia para la obtención de colorantes naturales

ASPECTOS GENERALES				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS		
La utilización de colorantes sintéticos afecta a la salud por lo que es necesario reemplazarlos por colorantes naturales que no sean perjudiciales para los consumidores.	Obtener colorantes naturales a partir de mortiño (<i>Vaccinium myrtillus l.</i>), uvilla (<i>Physalis peruviana</i>) y tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>) para el uso alimenticio.	Los colorantes naturales obtenidos del mortiño (<i>vaccinium myrtillus l.</i>), uvilla (<i>physalis peruviana</i>) y tuna (<i>opuntia ficus-indica</i>) serán utilizadas como aditivos sustituyentes de colorantes artificiales para el uso alimenticio mejorando el bienestar y la salud de los consumidores.		
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	TÉCNICA
Se desconocen las características físico-químicas de las frutas seleccionadas.	Analizar las características físico-químicas de las frutas seleccionadas para el estudio.	Mediante un análisis de laboratorio y una revisión bibliográfica se podrá analizar físico-química y sensorialmente el mortiño (<i>Vaccinium myrtillus l.</i>), uvilla (<i>Physalis peruviana</i>) y tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>), que nos servirá como orientación científica y punto de partida para el desarrollo de este estudio.	<ul style="list-style-type: none"> • parámetros físico-químicas 	Pruebas de: <ul style="list-style-type: none"> • pH, • °Brix • % S A • Grados Brix • Densidad

<p>¿Es adecuado utilizar los métodos de liofilización, secado por atomización y bandejas para el secado de mortño, uvilla y tuna</p>	<p>Evaluar tres métodos de secado (liofilización, secado por Atomización, bandejas) para la obtención de colorantes naturales.</p>	<p>Con la evaluación de los tres métodos de secado (liofilización, Atomización, y secado de bandejas), se busca determinar que método de secado es el más adecuado para la obtención de los colorantes naturales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Humedad • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de curvas de secado • Medición de tiempo de secado • Cálculos del rendimiento de Secado.
<p>¿Qué tratamiento es el más adecuado para obtener colorantes naturales?</p>	<p>Determinar el rendimiento de los colorantes naturales obtenidos, para la selección del método más adecuado de secado.</p>	<p>Con la determinación del rendimiento obtenido de cada uno de los colorantes naturales, se podrá seleccionar el método más adecuado para su obtención.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de Colorante extraído • Concentración de pigmentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción Soxhlet .y cálculos de rendimiento del colorante extraído • Espectrofotometría UV-Visible • Parámetros físico-químicos
<p>¿Qué los colorantes obtenidos cumplan con la normativa?</p>	<p>Evaluar los colorantes obtenidos basados en parámetros de la norma.</p>	<p>En base a la determinación de los parámetros basados en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994, se realizará la evaluación de los colorantes naturales obtenidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de composición • Comparación con la normativa 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994

<p>¿En qué producto nosotros podemos aplicar estos colorantes?</p>	<p>Validar los colorantes obtenidos mediante su aplicación en diferentes productos.</p>	<p>Con la aplicación de los colorantes naturales en diferentes productos, se podrá validar los colorantes obtenidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de colorante en un producto 	<ul style="list-style-type: none"> • Dosificación • Duración
--------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.2 Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de tipo descriptivo, debido a que, permite observar y describir el comportamiento de los colorantes naturales a partir de las frutas de estudio, sin influir en los mismos, no hay información específica del tema, por este motivo la investigación se detalla de forma general, es decir, se profundizó la obtención de colorante natural a partir de mortiño, uvilla y tuna, realizando una evaluación de los métodos de secado estableciendo una aplicación para estos colorantes dejando el campo abierto a futuras investigaciones relacionadas.

El presente estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo ya que se efectuaron análisis de laboratorio y experimentos para la extracción de colorantes los cuales otorgan resultados que permitieron establecer parámetros de procesamiento para este estudio.

3.3 Unidad de Análisis

El objeto de estudio es la obtención de colorantes naturales obtenidas a partir de Mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y una (*Opuntia ficus-indica*) para lo cual se realizó diferentes pruebas de secado de la materia prima en tres diferentes tipos de secado (liofilización, secador de bandejas y atomización), y su extracción mediante el método Soxhlet, dándonos como producto final nueve tipos de colorantes naturales, estos se evaluaron mediante curvas de secado, rendimientos y espectrometría, eligiéndose así tres colorantes con el mejor rendimiento y para encontrar el proceso más adecuado y su posterior análisis basándonos en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994.

3.4 Población de Estudio

La población de estudio corresponde a muestreos de mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*), tuna (*Opuntia ficus-indica*); se realiza en lugares habituales como: Los páramos andinos de Chimborazo, y Guano; se efectuó un muestreo para seleccionar a los mejores ejemplares, siendo su principal característica el grado de madurez ideal, libre de manchas y preferiblemente grandes.

3.5 Tamaño de Muestra

Se realizará la obtención de colorante a partir del deshidratado de mortiño, uvilla y tuna con un tamaño de unidad experimental de 25-50g por cada repetición dependiendo de la capacidad de cada equipo.

Producto \ Secado	Mortiño	Uvilla	Tuna
Bandejas	1	1	1
	1	1	1
	1	1	1

Figura 1-3: Primer método de secado
Realizado por: Walter Macas, 2018

Producto \ Secado	Mortiño	Uvilla	Tuna
Liofilización	1	1	1
	1	1	1
	1	1	1

Figura 2-3: Segundo método de secado
Realizado por: Walter Macas, 2018

Producto Secado	Mortiño	Uvilla	Tuna
	Atomización	1	1
2		2	2
3		3	3

Figura 3-3: Tercer método de secado
Realizado por: Walter Macas, 2018

En cada uno de los métodos empleados se hizo un total de 3 repeticiones obteniendo 27 muestras secas con esto se realizó un promedio de cada repetición obteniéndose 6 curvas de secado.

Colorante Método Soxhlet	Mortiño	Uvilla	Tuna
	S. Bandejas	1	1
S. Liofilizado	1	1	1
S. Atomización	1	1	1

Figura 4-3: Extracción Soxhlet para la obtención de colorante
Realizado por: Walter Macas, 2018

En la extracción del colorante obtuvimos los rendimientos a partir de 10 gramos en cada aplicación de extracción Soxhlet, estos colorantes fueron sometidas a pruebas de espectrofotometría, y una evaluación de su rendimiento, para elegir el método más adecuado obteniéndose 3 muestras que fueron analizadas de acuerdo a la normativa oficial mexicana nom-119-ssa1-1994.

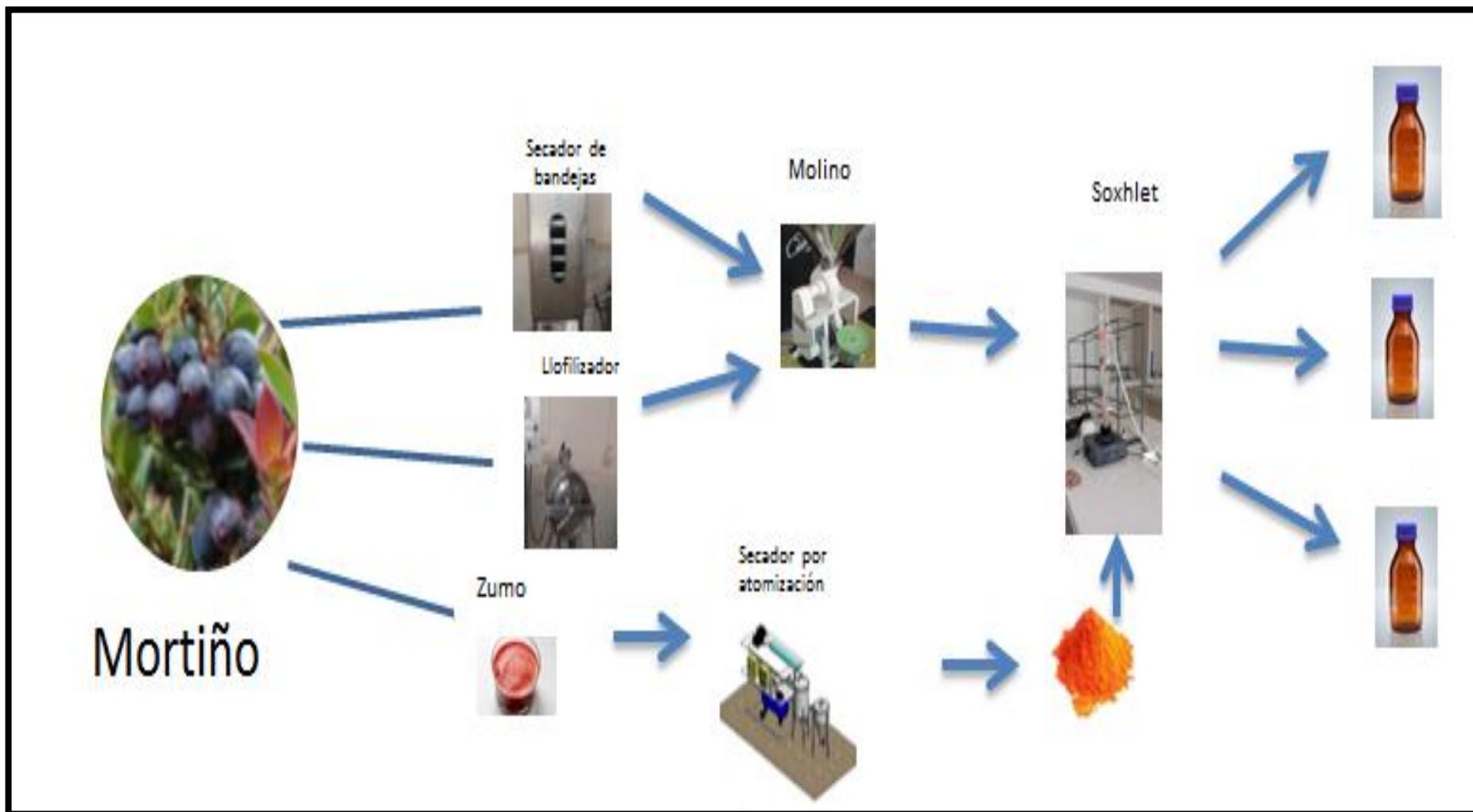


Figura 5-3: Proceso de obtención de colorante natural de mortiño.
 Realizado por: Walter Macas, 2018

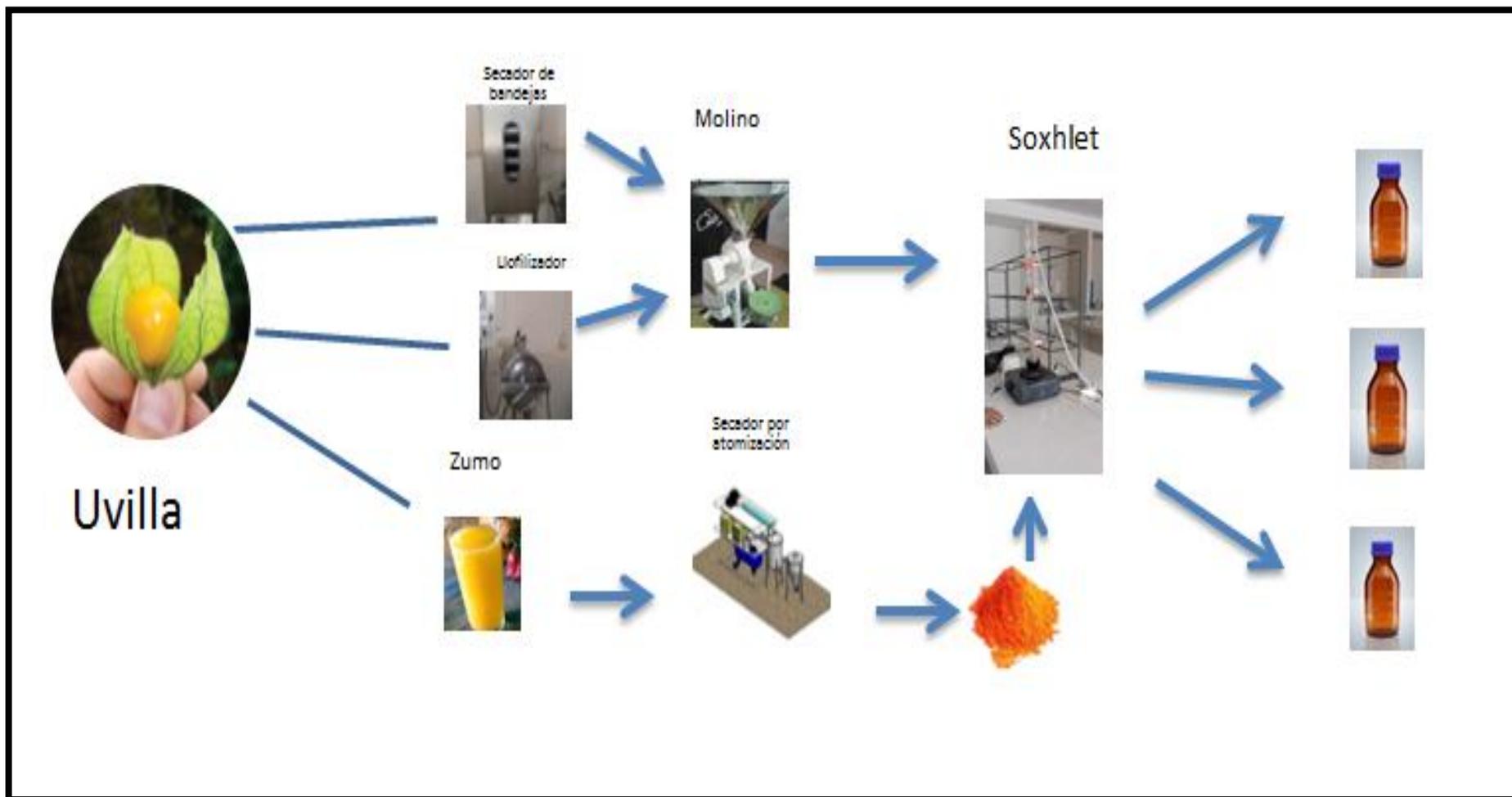


Figura 6-3: Proceso de obtención de colorante natural de uvilla.

Realizado por: Walter Macas, 2018

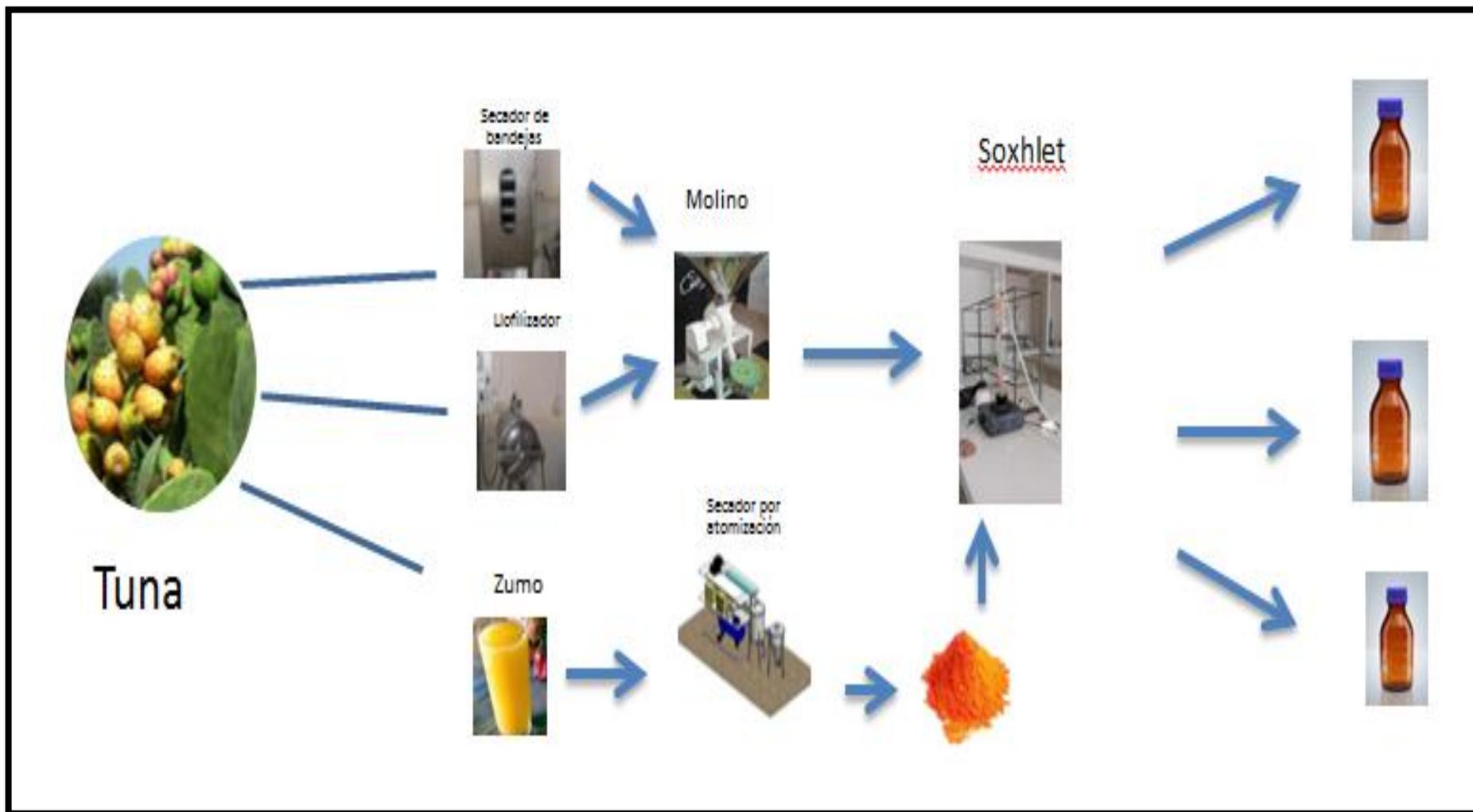


Figura 7-3: Proceso de obtención de colorante natural de tuna

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.6 Selección de muestra

La selección de muestra de mortiño (*Vaccinium mytillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*) se realizó en la región sierra en función de la producción agrícola en mercados conocidos como mercado Dávalos para la obtención del mortiño y la uvilla; y el mercado San Alfonso para la Tuna.

Las principales características que debe cumplir la materia prima para su selección son las siguientes:

- Grado de madurez ideal
- Limpias
- Libre de manchas

Las muestras con las que se obtiene colorantes naturales son extraídas de tres tipos de secado, obteniéndose un total de 9 muestras luego de ser extraídas por el método soxhlet de aquí se procedió a escoger al mejor colorante de cada fruta mediante el espectrofotómetro UV-Visible es decir tres colorantes naturales como producto final que fueron analizadas y aplicadas en un producto.

3.7 Técnicas de Recolección de Datos

La obtención de colorantes naturales de mortiño (*Vaccinium mytillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*) se realizó en los laboratorios de Química Analítica, Química Instrumental, Química Orgánica Procesos Industriales y Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en Riobamba provincia de Chimborazo en la Panamericana Sur km 1½. Los datos recolectados se obtuvieron mediante la observación directa de distintas operaciones como son secado (bandejas, liofilizado y atomizado), método Soxhlet, y análisis físico-químico tanto de la materia prima como del producto final, además de la indagación de información en diferentes artículos científicos relacionados con colorantes naturales y sus métodos de obtención.

A continuación se va a describir la Fase de laboratorio para la obtención del colorante natural de mortiño (*Vaccinium mytillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*), la metodología de los análisis realizados fue tomada del Manual del Laboratorio de Procesos Industriales.

3.7.1 Análisis físico-químico de las frutas mortiño, uvilla y tuna y de sus respectivos colorantes naturales.

Tabla 4-3: Técnicas para el análisis físico-químico de las frutas utilizadas como materia prima

Análisis	Principio	Materiales y equipos	Reactivo	Procedimiento de manejo del equipo	Fórmula para cálculos
Medición de pH	Esta medición nos ayuda a establecer la acidez y alcalinidad de una solución	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro modelo BT-675 	Zumo/Colorantes <ul style="list-style-type: none"> • Mortiño • uvilla • tuna 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el pH-metro a una toma corriente de 110 V. • Se retiró el pH-metro de la solución buffer y se calibró con con soluciones tampón de pH 2, 4, 7 y 10 a 25°C, luego se lavó el electrodo con abundante agua destilada y con papel absorbente. • Para homogenizar la muestra lo que se hizo fue movimientos circulares, luego se sumerge el electrodo en la muestra y se procedió a leer el valor de pH hasta que la pantalla salga la palabra “estable” o “lock”. • A continuación sacaron los electrodos de la muestra para su lavado con agua destilada y secado con una toalla absorbente, Finalmente se regresó el electrodo a la posición neutral se sacan los electrodos. 	Medición directa en el equipo

Medición de la Densidad	Es la relación entre la masa sobre el volumen de una sustancia, es decir la cantidad de masa de una sustancia que ocupa un volumen determinado.	<ul style="list-style-type: none"> • Picnómetro • Balanza analítica modelo HR-250 Az 	Zumo/Colorantes <ul style="list-style-type: none"> • Mortiño • Uvilla • Tuna 	<ul style="list-style-type: none"> • Lo primero que se realizó fue el lavado del picnómetro de 10 ml con abundante agua destilada, se pesó seco y vacío. • Se llenó el picnómetro con la muestra (zumo) evitando que se encuentre burbujas en su interior, se pesó el picnómetro con la muestra. 	$\rho_z = \frac{P_f - P_i}{V_p}$ <p>Dónde :</p> <p>ρ_z= Densidad del zumo (g/ml).</p> <p>P_i= Masa del picnómetro vacío (g).</p> <p>P_f= Masa del picnómetro lleno con zumo de fruta (g).</p> <p>V_p= Volumen del picnómetro (10 ml).</p>
Medición de grados °Brix y medición de índice de refracción	Se utiliza en los alimentos para medir aproximadamente en zumos de fruta la cantidad de azúcares (concentración de sólidos solubles) presentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro automático RA-620 • Pipeta pasteur 	Zumo/Colorantes <ul style="list-style-type: none"> • Mortiño • Uvilla • Tuna 	<ul style="list-style-type: none"> • Se enciende el equipo en un toma corriente de 110 voltios • Se procede a calibrar el equipo, se presiona el botón “CHECK” • Después se presiona “WATER CALIBRATION” • Limpiamos el lente con agua destilada y añadimos agua destilada • El equipo nos dará un resultado y ya está listo para leer los grados brix de la muestra • Añadimos 2 ml de zumo de fruta. • Esperamos hasta que suene el equipo esto significa que finalizó la lectura de los grados brix. 	Medición directa en el equipo

				<ul style="list-style-type: none"> • Limpiamos con agua destilada • Apagamos el equipo. 	
Porcentaje de sólidos totales	Los sólidos totales es la materia seca que queda luego de la remoción del agua mediante una estufa a una temperatura determinada	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Capsula de porcelana • Pinza para capsula • Desecador 	Zumo/Colorantes <ul style="list-style-type: none"> • Mortiño • Uvilla • Tuna 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse la capsula vacía • Tarar la capsula de porcelana y pesar 5 g de muestra • Ingresar la capsula con la muestra a la estufa a una temperatura de 100°C durante 8 horas. • Con la ayuda de un desecador enfriar la muestra hasta temperatura ambiente. • Pesarse la capsula fría. 	$\%SA = \frac{M1 - M2}{M1}$ <p>Dónde:</p> <p>%ST= Porcentaje de Sólidos Totales</p> <p>M1= Peso de la capsula más muestra líquida (g).</p> <p>M2= Peso de la capsula más muestra seca (g).</p>

Fuente: FC-L.PI-19.ESPOCH.2018
Realizado por: Walter Macas, 2018

3.7.2 Eliminación de la humedad de las frutas de mortiño (*Vaccinium mytillus l.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*).

Para la eliminación de la humedad de las frutas se realizó el proceso de secado en tres equipos de secado (atomización, bandeja y liofilizador), después del secado en los equipos de secador de bandeja y el liofilizador, la fruta deshidratada fue pulverizada en un molino micronizador de ¼ HP, excepto en el equipo atomizador que ahí ya se tendrá la fruta seca pulverizada directamente, estos procesos se explican sus técnicas a continuación.

3.7.2.1 Secado de Bandejas

Tabla 5-3: Técnicas para la eliminación de Humedad en un secador de Bandejas

Principio	Materiales y equipos	Procedimiento de manejo del equipo	Fórmula para cálculos	Especificaciones
Consiste en secar las diferentes muestras a temperaturas de: mortiño a 45°C, uvilla a 60°C y tuna a 65°C con circulación de aire con la finalidad de eliminar la humedad hasta obtener pesos constantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Secador de Bandejas Eléctrico Tipo Armario • Balanza Granataria • Papel aluminio • Cuchillo • Pinzas • Guantes • Molino micronizador • Fundas Ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfectar todo el equipo con sus respectivas bandejas. • Conectar el equipo a una fuente de corriente eléctrica, encender el equipo, fijar la temperatura a la cual se desea realizar el secado. • Colocar papel aluminio sobre las bandejas, codificar cada bandeja a ser utilizada y registrarlos. • Pesar 200 g de muestra cortada en rodajas de 3 mm de espesor y tratando de que la misma cubra toda el área de secado. • Introducir las bandejas al equipo una vez que este haya alcanzado la temperatura deseada. 	$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$	<p>%H = Porcentaje de Humedad (Kg de H2O/ Kg de sólido seco).</p> <p>P_i= Masa del sólido húmedo (kg).</p> <p>P_f= Masa del sólido seco (Kg).</p>
			$R_s = \frac{P_f}{P_i} * 100$	<p>R= Rendimiento del secador</p> <p>P_i= Masa inicial del sólido (kg).</p> <p>P_f= Masa final del solido (Kg).</p>
			<p>P_m= 100 – R_m</p> $R_m = \frac{P_2}{P_1} * 100$	<p>R_m= Rendimiento del molino.</p> <p>P_m= Perdidas por molienda y tamizado (%)</p> <p>P₁= Masa del solido antes de ingresar al molino (kg).</p> <p>P₂= Masa del solido luego de moler y tamizar (Kg).</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la muestra cada 30 minutos, hasta que la misma haya alcanzado un peso constante. • Registrar los pesos de las bandejas con la muestra seca. • Pulverizar la muestra seca con la ayuda del molino micronizador de ¼ HP. • Guardar herméticamente en fundas ziploc la muestra seca y pulverizada. 		
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Fuente: Laboratorio de Procesos industriales ESPOCH, 2018

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.7.2.2 *Secado por Liofilización*

Tabla 6-3: Técnicas para la eliminación de Humedad en un secador por Liofilización

Principio	Materiales y equipos	Procedimiento de manejo del equipo	Fórmula para cálculos	Especificaciones
-----------	----------------------	------------------------------------	-----------------------	------------------

<p>Es un proceso de secado mediante la sublimación que consiste en secar las diferentes muestras congeladas, a temperaturas de: mortiño a 55°C, uvilla a 60°C y tuna a 65°C a una presión reducida</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Liofilizador • Balanza Granataria • Papel aluminio • Cuchillo • Pinzas • Guantes • Molino micronizador • Fundas Ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfectar todo el equipo con sus respectivas bandejas. • Conectar el equipo a una fuente de corriente eléctrica, encender el equipo, fijar la temperatura a la cual se desea realizar el secado • Colocar papel aluminio sobre las bandejas, codificar cada bandeja a ser utilizada y registrarlos. • Pesar 200 g de muestra congelada cortada en rodajas de 3 mm de espesor y tratando de que la misma cubra toda el área de secado. • Introducir las bandejas al equipo una vez que este haya alcanzado la temperatura deseada. • Pesar la muestra cada 30 minutos, hasta que la misma haya alcanzado un peso constante. • Registrar los pesos de las bandejas con la muestra seca • Pulverizar la muestra seca con la ayuda del molino micronizador de ¼ HP • Guardar herméticamente en fundas ziploc la muestra seca y pulverizada 	$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$	<p>%H = Porcentaje de Humedad (Kg de H2O/ Kg de sólido seco).</p> <p>P_i= Masa del sólido húmedo (kg).</p> <p>P_f= Masa del sólido seco (Kg).</p>
			$R_s = \frac{P_f}{P_i} * 100$	<p>R= Rendimiento del secador</p> <p>P_i= Masa inicial del sólido (kg).</p> <p>P_f= Masa final del solido (Kg).</p>
			<p>P_m= 100 – R_m</p> $R_m = \frac{P_2}{P_1} * 100$	<p>R_m= Rendimiento del molino.</p> <p>P_m= Perdidas por molienda y tamizado (%)</p> <p>P₁= Masa del solido antes de ingresar al molino (kg).</p> <p>P₂= Masa del solido luego de moler y tamizar (Kg).</p>

Fuente: FC-L.PI-19.ESPOCH.2018

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.7.2.3 Secado por Atomización

Tabla 7-3: Técnicas para la eliminación de Humedad en un secador por Atomización.

Principio	Materiales y equipos	Procedimiento de manejo del equipo	Fórmula para cálculos	Especificaciones
Consiste en la transformación de un a disolución de pulpa de fruta con un encapsulante en material seco particulado	<ul style="list-style-type: none"> • Atomizador • Balanza Granataria • Papel aluminio • Cuchillo • Pinzas • Guantes • Fundas Ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la toma de energía (220 voltios polarizados y 110 voltios), conectar y encender el equipo. • Preparar la alimentación, añadir la cantidad necesaria de maltodextrina (encapsulaste) en el sumo de las tres diferentes frutas, luego filtrar la alimentación, colocar la alimentación en el tanque de alimentación y pesamos y registramos (peso de la alimentación). • Desanclar la boquilla de atomización, encender la bomba y hacer operar con agua para asegurarse de su limpieza, apagar la bomba, instalar el sistema atomizador, encender el ventilador y encender las resistencias. 	$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$	%H = Porcentaje de Humedad (Kg de H2O/ Kg de sólido seco). P _i = Masa del sólido húmedo (kg). P _f = Masa del sólido seco (Kg).
			$R_s = \frac{P_f}{P_i} * 100$	R= Rendimiento del secador P _i = Masa inicial del sólido (kg). P _f = Masa final del solido (Kg).
			$\dot{v} = \frac{v}{t}$	\dot{v}= Flujo volumétrico de alimentación (ml/s) v = volumen de alimentación t= tiempo de secado

		<ul style="list-style-type: none"> • Esperar que se estabilice la temperatura de trabajo, abrir las válvulas del paso de alimentación y aire comprimido, encender nuevamente la bomba y el compresor (15 psi) y procedemos a recolectar en un recipiente el polvo deshidratado a la salida del ciclón. • Terminado el proceso apagar las resistencias, cerrar las válvulas del paso de alimentación y aire comprimido, apagar la bomba y el compresor. • Esperar que la temperatura descienda hasta 20°C. Apagar el ventilador. Recoger el polvo deshidratado que se ha quedado dentro del equipo. Desconectar el equipo de la toma de corriente 	$\dot{m} = \frac{m}{t}$	\dot{m} = Flujo másico de alimentación (Kg/s) m = Peso Alimentación
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------	--------------------------------------------------------------------------

Fuente: FC-L.PI-19.ESPOCH.2018
Realizado por: Walter Macas, 2018

3.7.3 Extracción de pigmentos

Tabla 7-3: Técnicas para la extracción de pigmentos mediante el método Soxhlet

Principio	Materiales y equipos	Procedimiento de manejo	Fórmula para cálculos	Especificaciones
Es un método convencional donde la muestra se pone en contacto repetidamente con porciones frescas de solvente, lo que facilita el desplazamiento del equilibrio de transferencia	<ul style="list-style-type: none"> • Papel Filtro • 2 Mangueras • 1 Reverbero • 1 Balón Esmerilado 250 ml • Equipo Soxhlet • 1 Refrigerante de bolas para Equipo Soxhlet • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Etanol 96% • Agua Destilada <p>Pesar 10 g de muestra seca.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empaquetar la muestra en papel filtro. • Colocar la muestra en el equipo Soxhlet • Adicionar el solvente dilución 3:1 etanol-agua. • Armar el equipo Soxhlet. • Encender el Reverbero • Iniciar la extracción hasta 7 sifonamiento. • Pesar la funda antes y después del proceso cuando este seca • Calcular el rendimiento. 	$R_{CE} = \frac{P_f}{P_i} * 100$	<p>R_{CE}= Rendimiento del colorante extraído</p> <p>P_i= Masa inicial del cartucho antes de su extracción (g).</p> <p>P_f= Masa del cartucho antes de la extracción- Masa del cartucho después de la extracción (g).</p>

Fuente: Ordoñez Bernardo; Saavedra Beatriz 2016

Realizado por: Walter Macas, 2018

3.7.4 Espectrofotómetro Uv- Vis

Para la elección del mejor colorante de los tres tipos de procesos de obtención, las nueve muestras se llevaron al equipo espectrofotómetro Uv- Vis para la lectura de sus longitudes de onda y absorbancias y se realizó una comparación bibliográfica.

Tabla 8-3: Técnicas para la identificación del mejor Pigmento mediante el Espectrofotómetro Uv-Visible

Principio	Materiales y equipos	Procedimiento de manejo	Fórmula para cálculos	Especificaciones
El espectrofotómetro UV-Vis es el Equipo utilizado para medir la intensidad de luz de una muestra que pasa a través de un haz de luz y compara con la intensidad de la misma antes de que pase por la muestra (transmitancia) y esta se basa en la absorbancia.	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro UV-Vis • Balones aforados de 50 ml • Pipeta de 10 ml • Pipeta • Vaso de precipitación de 50 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Encender el Espectrofotómetro • Realizar un blanco con agua destilada-etanol relación 3:1 y encerrar. • Colocar en un vaso de precipitación 100 ml de muestra y realizar un barrido inteligente, • Posteriormente elegir la mejor longitud de onda y absorbancia la que mejor se asemeje a bibliografía. • Finalmente procedemos a realizar el conteo de los pigmentos. 	-----	Medición directa en el equipo

Fuente: Tapia Fausto, 2018

Realizado por: Walter Macas, 2018

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2 Análisis de resultados

4.2.1 Resultados de los análisis físico-químicos de las frutas (materia prima) y de sus colorantes naturales.

En la Tabla 1-4 se presentan los resultados de análisis sensorial , proximal, etc., obtenidos de la recopilación bibliográfica sobre las frutas utilizados como materia prima, además en la **Tabla 2-4** se muestran los resultados de los análisis físico-químicos del mortiño, uvilla y tuna realizadas en el Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Tabla 1-4: Resultado de análisis bibliográfico de las frutas

Parámetros	Descripción	Unidades	mortiño	Uvilla	Tuna
Análisis sensorial	Aspecto	-	Futo en forma de baya	Futo en forma de baya carnosas	Futo en forma de baya carnosas
	Color	-	azul, negruzco	amarillo-dorado	Anaranjado
	Sabor	-	Dulce	Dulce	Dulce
Análisis proximal	Humedad	g /100 g fruto	81,0 ± 2,0	87,0 ± 0,72	87,55
	Cenizas	g /100 g fruto	0,4 ± 0,03	0,54 ± 0,0032	0,25
	Proteínas	g /100 g fruto	0,7 ± 0,02	1,09 ± 0,0072	0,73
	Carbohidratos	g /100 g fruto	16,9 ± 0,1	10,52 ± 0,51	9,57
	Fibra	g /100 g fruto	7,6 ± 2,2	0,34 ± 0,0022	3,6
	Grasa	g /100 g fruto	1,1	0,51 ± 0,0053	0,29
Azúcares	Glucosa	g /100 g fruto	2,6 ± 0,3	2,63	14,06%
	Fructosa	g /100 g fruto	4,4 ± 0,4	2,7	
	Sacarosa	g /100 g fruto	-	3,44	
Ácidos Orgánicos	Ac. Cítrico	mg /100 g fruto	3142 ± 614	8,96	0,10%
	Ac. Málico	mg /100 g fruto	1823 ± 274	1,39	
Minerales	Calcio (Ca)	g /100 g fruto	17,0 ± 2,3	0,01	0,093
	Cobre (Cu)	g /100 g fruto	0,12 ± 0,02	-	8,00E-05

	Cinc (Zn)	g /100 g fruto	0,13 ± 0,02	2,00E-06	0,12
	Hierro (Fe)	g /100 g fruto	0,64 ± 0,2	0,003	0,0016
	Fosforo (P)	g /100 g fruto	-	0,046	-
	Magnesio (Mg)	g /100 g fruto	10,2 ± 1,1	0,002	0,085
	Potasio (K)	g /100 g fruto	607 ± 73	0,004	0,22
Antioxidantes	Ácido ascórbico	g /100 g fruto	9,2 ± 2,0	0,0345	0,008
	Antocianinas	mg /100 g fruto	345	-	-
	β-Caroteno	UI	Trazas	120	Trazas

Recopilado por: Walter Macas, 2018

Adaptado de: (Vasco, et al., 2009, p. 8275) (Castro, et al., 2008, p. 228) (Trujillo, 2014, p. 29)

Tabla 2-4: Resultados de los Análisis físico-químicos de la materia prima

Análisis	Rep.	Materia Prima		
		Mortiño	Uvilla	Tuna
pH	1	3,28	3,67	6,15
	2	3,25	3,6	6,1
	3	3,2	3,7	6,05
ρ (g/ml)	1	0,9643	0,9968	0,9888
	2	0,9653	0,9866	0,9865
	3	0,9638	0,9754	0,9855
°Bx	1	9,7600	14,3820	13,7800
	2	9,6544	14,3909	13,8907
	3	9,754	15,5568	13,4567
nD	1	1,347	1,355	1,354
	2	1,457	1,365	1,356
	3	1,456	1,456	1,344
%ST	1	7,9624	8,1718	7,7575
	2	7,9635	8,1818	7,7645
	3	7,5457	8,2615	7,6754

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.2 Resultados del secador de Bandejas

4.2.2.1 Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar el mortiño a 55°C

En la **Tabla 3-4** se puede apreciar los pesos tomados del secado del mortiño en dos bandejas pesadas cada 30 minutos en un secador de bandejas a una temperatura de 55°C con sus tres repeticiones, el promedio y la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 400g de muestra y un peso final de 81,167 g obteniéndose un 79,71 % de porcentaje de Humedad. En la **Tabla 4-4** se aprecia los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0,166m^2$ y un peso del sólido seco $S= 1,758Kg$ con su respectiva velocidad

de secado para obtener la curva y el tiempo total de secado para el mortíño en un secador de bandejas a una temperatura de 55°C.

Tabla 3-4: Resultados de las repeticiones de secado del S. Bandejas del mortíño a 55 °C

Tiempo (min)	Repeticón 1		Repeticón 2		Repeticón 3		Promedio		Sumatoria
	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	b1+b2
-	1718	1716	1718	1716	1718	1716	1718,000	1716,000	3434,000
0	1918	1916	1918	1916	1918	1916	1918,000	1916,000	3834,000
30	1892	1895	1890	1893	1891	1896	1891,000	1894,667	3785,667
60	1871	1888	1874	1890,5	1875	1892	1873,333	1890,167	3763,500
90	1865	1880	1866	1886	1863	1888	1864,667	1884,667	3749,333
120	1856	1875,5	1857	1879,5	1859	1877,5	1857,333	1877,500	3734,833
150	1850	1870,5	1851	1874,5	1853	1872,5	1851,333	1872,500	3723,833
180	1846	1866	1846,5	1863	1847,5	1863	1846,667	1864,000	3710,667
210	1840	1855	1841	1859	1840,5	1853	1840,500	1855,667	3696,167
240	1834	1842	1834	1849,5	1837	1845	1835,000	1845,500	3680,500
270	1825	1836	1824,5	1839	1827,5	1840,5	1825,667	1838,500	3664,167
300	1819,5	1827	1820	1826	1821	1828	1820,167	1827,000	3647,167
330	1813,5	1816	1813	1815	1815	1818,5	1813,833	1816,500	3630,333
360	1804	1804	1803	1805	1806	1808	1804,333	1805,667	3610,000
390	1792	1795	1794	1796	1798	1799	1794,667	1796,667	3591,333
420	1783	1785	1782	1788	1786	1790	1783,667	1787,667	3571,333
450	1774	1778	1774	1779	1775	1781	1774,333	1779,333	3553,667
480	1765	1767	1765	1768	1768	1770	1766,000	1768,333	3534,333
510	1759	1759	1760	1759	1761	1759,5	1760,000	1759,167	3519,167
540	1758,5	1757	1758,5	1757	1759,5	1758,5	1758,833	1757,500	3516,333
570	1758	1756,5	1758	1756,5	1759	1757,5	1758,333	1756,833	3515,167
600	1758	1756,5	1758	1756,5	1759	1757,5	1758,333	1756,833	3515,167

Realizado por: Walter Macas, 2018

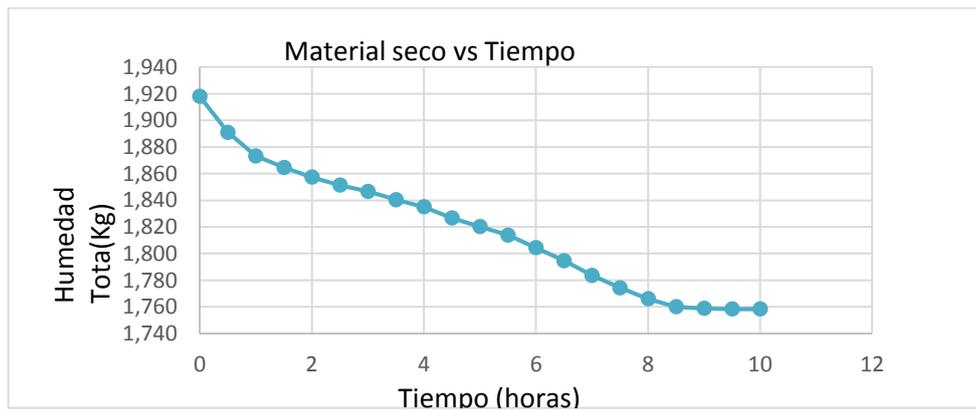
Tabla 4-4: Datos Experimentales del secado del mortíño en el Secador de Bandejas

Tiempo (H)	Humedad Total (kg)	Humedad X en BS (Kg de H ₂ O/Kg ss.)	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W (Kg/hm ²)	1/W
0	1,918	0,091	-	-	-	-	-	-
0,5	1,891	0,075	0,083	-0,015	0,500	-0,031	0,324	3,082
1	1,873	0,065	0,070	-0,010	0,500	-0,020	0,212	4,710
1,5	1,865	0,060	0,063	-0,005	0,500	-0,010	0,104	9,601
2	1,857	0,056	0,058	-0,004	0,500	-0,008	0,088	11,347
2,5	1,851	0,053	0,055	-0,003	0,500	-0,007	0,072	13,868
3	1,847	0,050	0,052	-0,003	0,500	-0,005	0,056	17,831
3,5	1,841	0,047	0,048	-0,004	0,500	-0,007	0,074	13,494
4	1,835	0,044	0,045	-0,003	0,500	-0,006	0,066	15,129
4,5	1,827	0,039	0,041	-0,005	0,500	-0,009	0,100	9,985
5	1,820	0,035	0,037	-0,004	0,500	-0,007	0,078	12,802
5,5	1,814	0,032	0,033	-0,004	0,500	-0,007	0,076	13,138

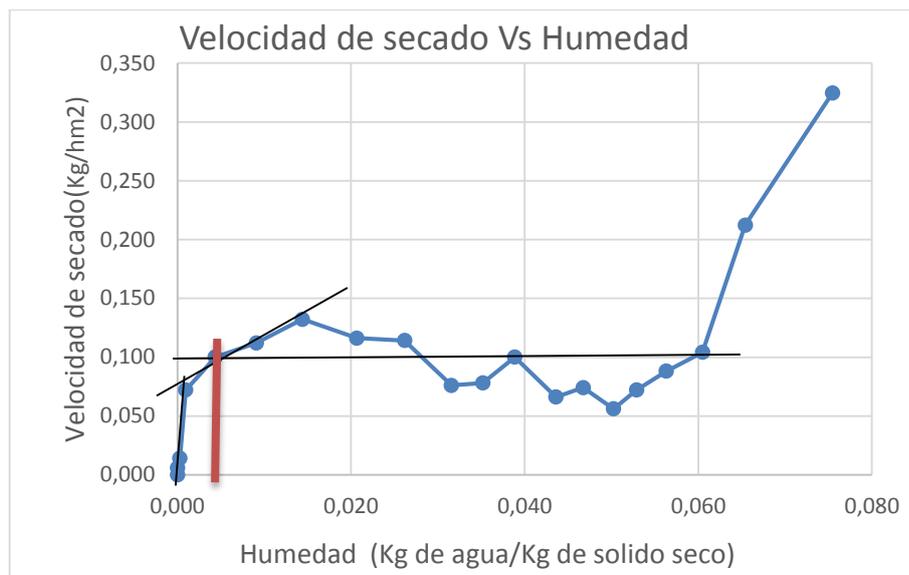
6	1,804	0,026	0,029	-0,005	0,500	-0,011	0,114	8,759
6,5	1,795	0,021	0,023	-0,005	0,500	-0,011	0,116	8,608
7	1,784	0,014	0,018	-0,006	0,500	-0,013	0,132	7,565
7,5	1,774	0,009	0,012	-0,005	0,500	-0,011	0,112	8,915
8	1,766	0,004	0,007	-0,005	0,500	-0,009	0,100	9,985
8,5	1,760	0,001	0,003	-0,003	0,500	-0,007	0,072	13,868
9	1,759	0,000	0,001	-0,001	0,500	-0,001	0,014	71,323
9,5	1,758	0,000	0,000	0,000	0,500	-0,001	0,006	166,420
10	1,758	0,000	0,000	0,0000	0,5	0	0	-

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Gráfica 1-4** se observa el comportamiento de la humedad del mortíño frente al tiempo de secado a una temperatura de 55°C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que pasa el tiempo. En la **Gráfica 2-4** se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad del mortíño obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0,004$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0,1$ Kg/hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 3,698$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 6,302$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 10 horas (600 min).



Gráfica 1-4: Curva de secado del mortíño en un Secador de Bandejas H vs T
Elaborado por: Macas Walter 2018



Gráfica 2-4: Curva de secado del mortiño en un Secador de Bandejas W vs X
 Elaborado por: Macas Walter, 2018

4.2.2.2 Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar la uvilla a 60 °C

En la **Tabla 5-4** se puede apreciar los pesos tomados del secado de la uvilla en dos bandejas pesadas cada 30 minutos en un secador de bandejas a una temperatura de 60°C con sus tres repeticiones, el promedio y la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 301,667g de muestra y un peso final de 73,000g obteniéndose un 75,80% de porcentaje de Humedad. En la **Tabla 6-4** se aprecia los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0,166m^2$ y un peso del sólido seco $S= 1,752Kg$ con su respectiva velocidad de secado para obtener la curva y el tiempo total de secado para el mortiño en un secador de bandejas a una temperatura de 60°C.

Tabla 5-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador de Bandejas de la uvilla a 60°C

Tiempo (min)	Repeticion 1		Repeticion 2		Repeticion 3		Promedio		Sumatoria
	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	
-	1716	1719	1714	1718	1716	1718	1715,333	1718,333	3433,667
0	1866,000	1869,000	1867,000	1868,000	1867,500	1868,500	1866,833	1868,500	3735,333
30	1836,000	1839,000	1837,000	1838,000	1837,500	1838,500	1836,833	1838,500	3675,333
60	1816,000	1819,000	1817,000	1818,000	1817,500	1818,500	1816,833	1818,500	3635,333
90	1798,000	1801,000	1799,000	1800,000	1799,500	1800,500	1798,833	1800,500	3599,333
120	1779,000	1782,000	1776,000	1781,000	1780,500	1781,500	1778,500	1781,500	3560,000
150	1767,000	1770,000	1766,000	1769,000	1768,500	1769,500	1767,167	1769,500	3536,667
180	1761,000	1764,000	1761,000	1763,000	1762,500	1763,500	1761,500	1763,500	3525,000
210	1758,000	1761,000	1760,000	1760,000	1759,500	1760,500	1759,167	1760,500	3519,667

240	1756,000	1759,000	1757,000	1758,000	1757,500	1758,500	1756,833	1758,500	3515,333
270	1755,000	1758,000	1756,000	1757,000	1756,500	1757,500	1755,833	1757,500	3513,333
300	1754,500	1757,500	1756,500	1756,500	1756,000	1757,000	1755,667	1757,000	3512,667
330	1752,800	1755,800	1754,000	1754,800	1754,300	1755,300	1753,700	1755,300	3509,000
360	1752,500	1755,500	1753,000	1754,500	1754,000	1755,000	1753,167	1755,000	3508,167
390	1752,300	1755,300	1752,000	1754,300	1753,800	1754,800	1752,700	1754,800	3507,500
420	1752,100	1755,100	1752,500	1754,100	1753,600	1754,600	1752,733	1754,600	3507,333
450	1752,080	1755,000	1751,000	1754,000	1753,500	1754,500	1752,168	1754,500	3506,667
480	1752,000	1755,000	1751,000	1754,000	1753,500	1754,500	1752,167	1754,500	3506,667

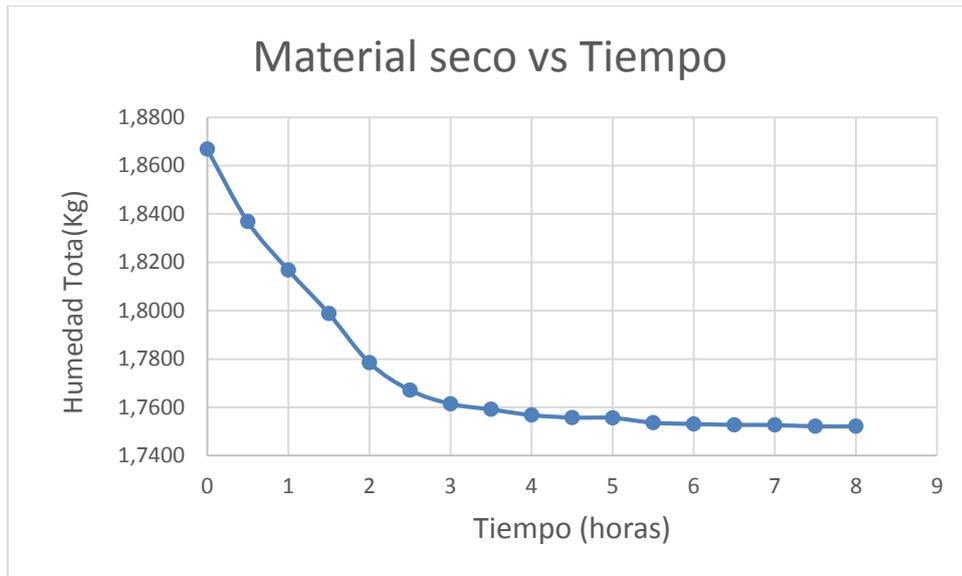
Realizado por: Walter Macas 2018

Tabla 6-4: Datos Experimentales del secado de la uvilla en el Secador de Bandejas

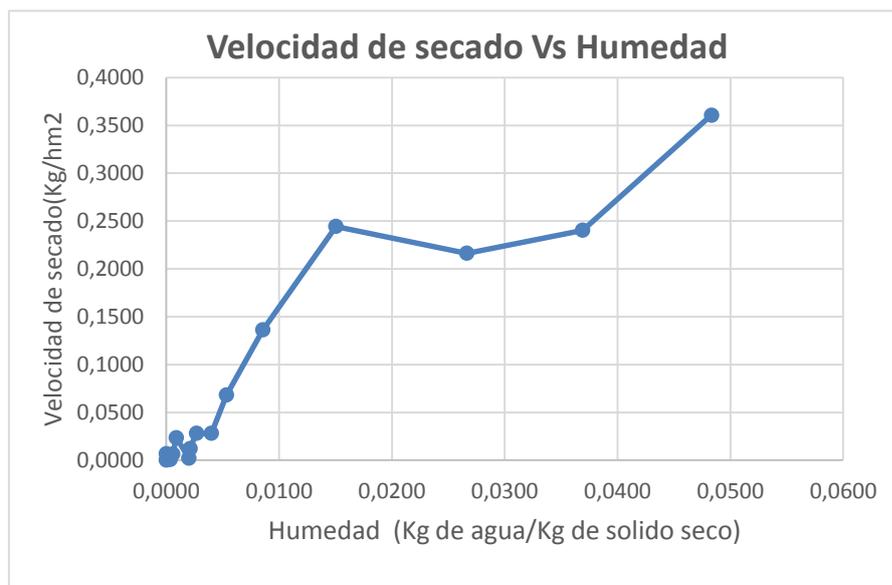
Tiempo (H)	Humedad Total (kg)	Humedad X en BS (Kg de H2O/Kg ss.)	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W (Kg/hm ²)	1/W
0	1,8668	0,0654	-	-	-	-	-	-
0,5	1,8368	0,0483	0,0569	-0,0171	0,5000	-0,0342	0,3605	2,7737
1	1,8168	0,0369	0,0426	-0,0114	0,5000	-0,0228	0,2404	4,1605
1,5	1,7988	0,0266	0,0318	-0,0103	0,5000	-0,0205	0,2163	4,6228
2	1,7785	0,0150	0,0208	-0,0116	0,5000	-0,0232	0,2444	4,0923
2,5	1,7672	0,0086	0,0118	-0,0065	0,5000	-0,0129	0,1362	7,3421
3	1,7615	0,0053	0,0069	-0,0032	0,5000	-0,0065	0,0681	14,6841
3,5	1,7592	0,0040	0,0047	-0,0013	0,5000	-0,0027	0,0280	35,6614
4	1,7568	0,0027	0,0033	-0,0013	0,5000	-0,0027	0,0280	35,6614
4,5	1,7558	0,0021	0,0024	-0,0006	0,5000	-0,0011	0,0120	83,2100
5	1,7557	0,0020	0,0020	-0,0001	0,5000	-0,0002	0,0020	499,2600
5,5	1,7537	0,0009	0,0014	-0,0011	0,5000	-0,0022	0,0236	42,3102
6	1,7532	0,0006	0,0007	-0,0003	0,5000	-0,0006	0,0064	156,0188
6,5	1,7528	0,0004	0,0005	-0,0002	0,5000	-0,0004	0,0044	226,9364
7	1,7527	0,0003	0,0003	0,0000	0,5000	-0,0001	0,0008	1248,1500
7,5	1,7528	0,0000	0,0002	-0,0003	0,5000	-0,0006	0,0068	146,8412
8	1,7522	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	-

Realizado por: Walter Macas 2018

En la **Gráfica 3-4** se observa el comportamiento de la humedad de la uvilla frente al tiempo de secado a una temperatura de 60°C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que pasa el tiempo. En la **Gráfica 4-4** se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad de la uvilla obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0,0015$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0,245$ Kg/hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 1,431$ h y un periodo pos crítico $\Theta_p = 6,569$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 8 horas.



Gráfica 3-4: Curva de secado de la uvilla en un Secador de Bandejas H vs T
Realizado por: Macas Walter 2018



Gráfica 4-4: Curva de secado de la uvilla en un Secador de Bandejas W vs X
Realizado por: Walter Macas 2018

4.2.2.3 Resultados del Secador de Bandejas para deshidratar la tuna a 65°C

En la **Tabla 7-4** se puede apreciar los pesos tomados del secado de la uvilla en dos bandejas pesadas cada 30 minutos en un secador de bandejas a una temperatura de 65°C con sus tres repeticiones, el promedio y la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 400g de muestra y un peso final de 74,500g obteniéndose un 81,38% de porcentaje de Humedad. En la **Tabla 8-4** se aprecia los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0,166\text{m}^2$ y un peso del sólido seco $S= 1,752\text{Kg}$ con su respectiva velocidad

de secado para obtener la curva y el tiempo total de secado para el mortuño en un secador de bandejas a una temperatura de 65°C.

Tabla 7-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador de Bandejas de la tuna a 65°C

Tiempo (min)	Repeticón 1		Repeticón 2		Repeticón 3		Promedio (g)		Sumatori a
	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandej a 2	bandej a 1	bandej a 2	bandeja 1	bqndeja 2	b1+b2
-	1715	1716	1718	1716	1718	1716	1717,000	1716,000	3433,000
0	1915	1916	1918	1916	1918	1916	1917,000	1916,000	3833,000
30	1892	1893	1895	1893,5	1894	1895	1893,667	1893,833	3787,500
60	1880	1881	1883	1881,5	1882	1883	1881,667	1881,833	3763,500
90	1869	1870	1872	1870,5	1871	1872	1870,667	1870,833	3741,500
120	1858	1859	1861	1859,5	1860	1861	1859,667	1859,833	3719,500
150	1845	1846	1848	1846,5	1847	1848	1846,667	1846,833	3693,500
180	1835	1836	1838	1836,5	1837	1838	1836,667	1836,833	3673,500
210	1822	1823	1825	1823,5	1824	1825	1823,667	1823,833	3647,500
240	1808	1809	1811	1809,5	1810	1811	1809,667	1809,833	3619,500
270	1796	1797	1799	1797,5	1798	1799	1797,667	1797,833	3595,500
300	1784	1785	1787	1785,5	1786	1787	1785,667	1785,833	3571,500
330	1776,5	1777,5	1779,5	1778	1778,5	1779,5	1778,167	1778,333	3556,500
360	1774,5	1775,5	1777,5	1776	1776,5	1777,5	1776,167	1776,333	3552,500
390	1771	1772	1774	1772,5	1773	1774	1772,667	1772,833	3545,500
420	1768,5	1769,5	1771,5	1770	1770,5	1771,5	1770,167	1770,333	3540,500
450	1763	1764	1766	1764,5	1765	1766	1764,667	1764,833	3529,500
480	1759	1760	1762	1760,5	1761	1762	1760,667	1760,833	3521,500
510	1757	1758	1760	1758,5	1759	1760	1758,667	1758,833	3517,500
540	1754	1755	1757	1755,5	1756	1757	1755,667	1755,833	3511,500
570	1753,7	1754,7	1756,7	1755,2	1755,7	1756,7	1755,367	1755,533	3510,900
600	1752,5	1753,5	1755,5	1754	1754,5	1755,5	1754,167	1754,333	3508,500
630	1752	1753	1755	1753,5	1754	1755	1753,867	1753,833	3507,500
660	1752	1753	1755	1753,5	1754	1755	1753,667	1753,833	3507,500

Realizado por: Walter Macas 2018

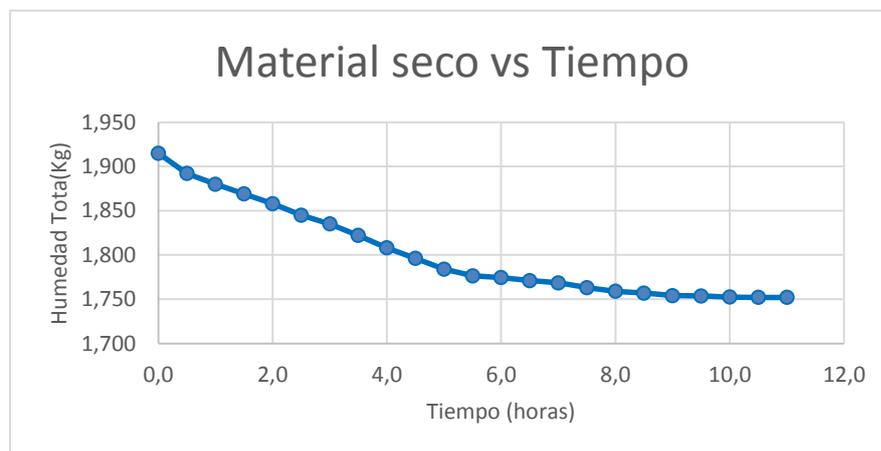
Tabla 8-4: Datos Experimentales del secado de la tuna en el Secador de Bandejas

Tiempo (H)	Humedad Total (kg)	Humedad X en BS (Kg de H2O/Kg ss.)	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W (Kg/hm ²)	1/W
0,0	1,915	0,093	-	-	-	-	-	-
0,5	1,892	0,080	0,086	-0,013	0,500	-0,026	0,276	3,618
1,0	1,880	0,073	0,076	-0,007	0,500	-0,014	0,144	6,934
1,5	1,869	0,067	0,070	-0,006	0,500	-0,013	0,132	7,565
2,0	1,858	0,061	0,064	-0,006	0,500	-0,013	0,132	7,565
2,5	1,845	0,053	0,057	-0,007	0,500	-0,015	0,156	6,401
3,0	1,835	0,047	0,050	-0,006	0,500	-0,011	0,120	8,321
3,5	1,822	0,040	0,044	-0,007	0,500	-0,015	0,156	6,401
4,0	1,808	0,032	0,036	-0,008	0,500	-0,016	0,168	5,944

4,5	1,796	0,025	0,029	-0,007	0,500	-0,014	0,144	6,934
5,0	1,784	0,018	0,022	-0,007	0,500	-0,014	0,144	6,934
5,5	1,777	0,014	0,016	-0,004	0,500	-0,009	0,090	11,095
6,0	1,775	0,013	0,013	-0,001	0,500	-0,002	0,024	41,605
6,5	1,771	0,011	0,012	-0,002	0,500	-0,004	0,042	23,774
7,0	1,769	0,009	0,010	-0,001	0,500	-0,003	0,030	33,284
7,5	1,763	0,006	0,008	-0,003	0,500	-0,006	0,066	15,129
8,0	1,759	0,004	0,005	-0,002	0,500	-0,005	0,048	20,803
8,5	1,757	0,003	0,003	-0,001	0,500	-0,002	0,024	41,605
9,0	1,754	0,001	0,002	-0,002	0,500	-0,003	0,036	27,737
9,5	1,754	0,001	0,001	0,000	0,500	0,000	0,004	277,367
10,0	1,7525	0,000	0,001	-0,001	0,500	-0,001	0,014	69,342
10,5	1,7523	0,000	0,000	0,000	0,500	-0,001	0,006	166,420
11,0	1,752	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000	0,000	-

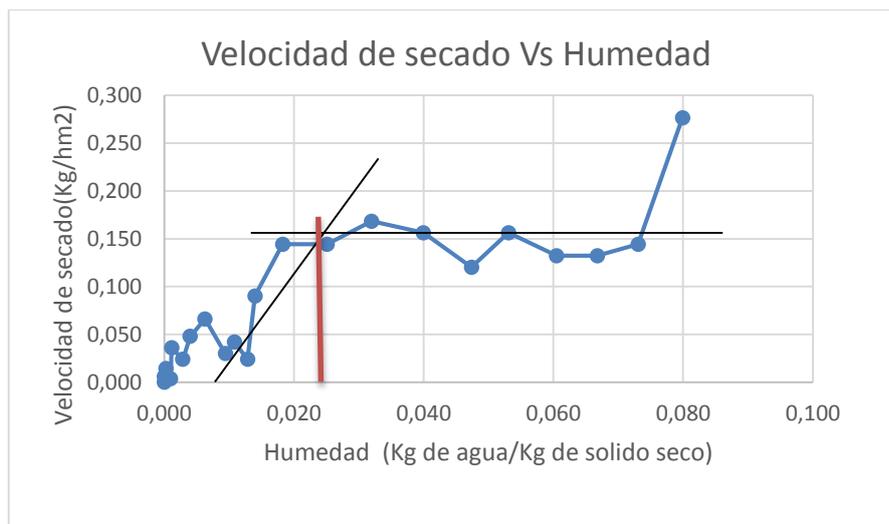
Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Gráfica 11-4** se observa el comportamiento de la humedad de la tuna frente al tiempo de secado a una temperatura de 65°C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que pasa el tiempo. En la **Gráfica 12-4** se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad de la tuna obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0,0018$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0,144$ Kg/hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 4,533$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 6,5$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 11,033 horas.



Gráfica 5-4: Curva de secado de la tuna en un Secador de Bandejas H vs T

Realizado por: Walter Macas, 2018



Gráfica 6-4: Curva de secado de la Tuna en un Secador de Bandejas W vs X

Realizado por: Walter Macas 2018

4.2.4 Resultados del Secador por Liofilización

4.2.2.1 Resultados del Secador por Liofilización para deshidratar el mortiño a 50°C

En la **Tabla 9-4** se puede apreciar los pesos tomados del secado del mortiño en dos bandejas pesadas cada 30 minutos en un secador por liofilización a una temperatura de 50°C con sus tres repeticiones, el promedio y la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 400g de muestra y un peso final de 94,697 g obteniéndose un 76,33 % de porcentaje de Humedad. En la **Tabla 10-4** se aprecia los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0,095m^2$ y un peso del sólido seco $S= 1,975$ Kg con su respectiva velocidad de secado para obtener la curva y el tiempo total de secado para el mortiño en un secador por liofilización a una temperatura de 50°C.

Tabla 9-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador por Liofilización del mortiño a 50°C

Tiempo (min)	Repeticion 1		Repeticion 2		Repeticion 3		Promedio		Sumatoria
	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	b1+b2
-	1929	2073	1930	2075	1930	2076	1929,667	2074,667	4004,333
0	2129	2273	2130	2275	2130	2276	2129,667	2274,667	4404,333
30	2116	2250	2116,5	2251,5	2117,5	2252,5	2116,667	2251,333	4368,000
60	2106	2237	2106,5	2238,5	2107,5	2239,5	2106,667	2238,333	4345,000
90	2097	2229	2097,5	2230,5	2098,5	2231,5	2097,667	2230,333	4328,000
120	2087,8	2210	2088,3	2211,5	2089,3	2212,5	2088,467	2211,333	4299,800

150	2079	2202,5	2079,5	2204	2080,5	2205	2079,667	2203,833	4283,500
180	2069	2191	2069,5	2192,5	2070,5	2193,5	2069,667	2192,333	4262,000
210	2060	2185	2060,5	2186,5	2061,5	2187,5	2060,667	2186,333	4247,000
240	2050	2175	2050,5	2176,5	2051,5	2177,5	2050,667	2176,333	4227,000
270	2041,8	2167	2042,3	2168,5	2043,3	2169,5	2042,467	2168,333	4210,800
300	2034	2254	2034,5	2255,5	2035,5	2256,5	2034,667	2255,333	4290,000
330	2025	2145	2025,5	2146,5	2026,5	2147,5	2025,667	2146,333	4172,000
360	2017	2140,7	2016,5	2142,2	2016,5	2143,2	2016,667	2142,033	4158,700
390	2008	2137	2008,5	2138,5	2009,5	2139,5	2008,667	2138,333	4147,000
420	2004	2133	2002,5	2134,5	2001,5	2135,5	2002,667	2134,333	4137,000
450	1997	2127	1997,5	2128,5	1998,5	2129,5	1997,667	2128,333	4126,000
480	1992,5	2137	1993	2138,5	1994	2139,5	1993,167	2138,333	4131,500
510	1986,8	2134	1987,3	2135,5	1988,3	2136,5	1987,467	2135,333	4122,800
540	1982,5	2129	1983	2130,5	1984	2131,5	1983,167	2130,333	4113,500
570	1977,8	2127	1978,3	2128,5	1979,3	2129,5	1978,467	2128,333	4106,800
600	1975,8	2123,3	1976,3	2124,8	1977,3	2125,8	1976,467	2124,633	4101,100
630	1975	2122	1975,5	2123,5	1976,5	2124,5	1975,667	2123,333	4099,000
660	1975	2122	1975,5	2123,5	1976,5	2124,5	1975,667	2123,333	4099,000

Realizado por: Walter Macas, 2018

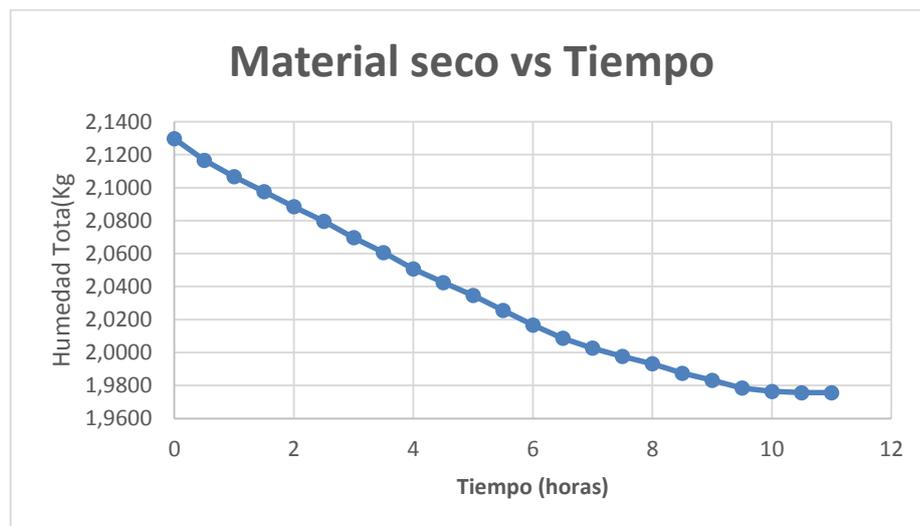
Tabla 10-4: Datos Experimentales del secado del mortño en el Secador por Liofilización

Tiempo (H)	Humedad Total (kg)	Humedad X en BS (Kg de H ₂ O/Kg ss.)	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W (Kg/hm ²)	1/W
0	2,1297	0,0779	-	-	-	-	-	-
0,5	2,1167	0,0714	0,0747	-0,0066	0,5000	-0,0132	0,2737	3,6532
1	2,1067	0,0663	0,0688	-0,0051	0,5000	-0,0101	0,2106	4,7492
1,5	2,0977	0,0618	0,0640	-0,0046	0,5000	-0,0091	0,1895	5,2769
2	2,0885	0,0571	0,0594	-0,0047	0,5000	-0,0093	0,1937	5,1622
2,5	2,0797	0,0526	0,0549	-0,0045	0,5000	-0,0089	0,1853	5,3968
3	2,0697	0,0476	0,0501	-0,0051	0,5000	-0,0101	0,2106	4,7492
3,5	2,0607	0,0430	0,0453	-0,0046	0,5000	-0,0091	0,1895	5,2769
4	2,0507	0,0380	0,0405	-0,0051	0,5000	-0,0101	0,2106	4,7492
4,5	2,0425	0,0338	0,0359	-0,0042	0,5000	-0,0083	0,1727	5,7917
5	2,0347	0,0299	0,0318	-0,0039	0,5000	-0,0079	0,1642	6,0887
5,5	2,0257	0,0253	0,0276	-0,0046	0,5000	-0,0091	0,1895	5,2769
6	2,0167	0,0208	0,0230	-0,0046	0,5000	-0,0091	0,1895	5,2769
6,5	2,0087	0,0167	0,0187	-0,0040	0,5000	-0,0081	0,1684	5,9365
7	2,0027	0,0137	0,0152	-0,0030	0,5000	-0,0061	0,1263	7,9153
7,5	1,9977	0,0111	0,0124	-0,0025	0,5000	-0,0051	0,1053	9,4984
8	1,9932	0,0089	0,0100	-0,0023	0,5000	-0,0046	0,0948	10,5538

8,5	1,9875	0,0060	0,0074	-0,0029	0,5000	-0,0058	0,1200	8,3319
9	1,9832	0,0038	0,0049	-0,0022	0,5000	-0,0044	0,0905	11,0447
9,5	1,9785	0,0014	0,0026	-0,0024	0,5000	-0,0048	0,0990	10,1047
10	1,9765	0,0004	0,0009	-0,0010	0,5000	-0,0020	0,0421	23,7460
10,5	1,9757	0,0000	0,0002	-0,0004	0,5000	-0,0008	0,0168	59,3650
11	1,9757	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	-

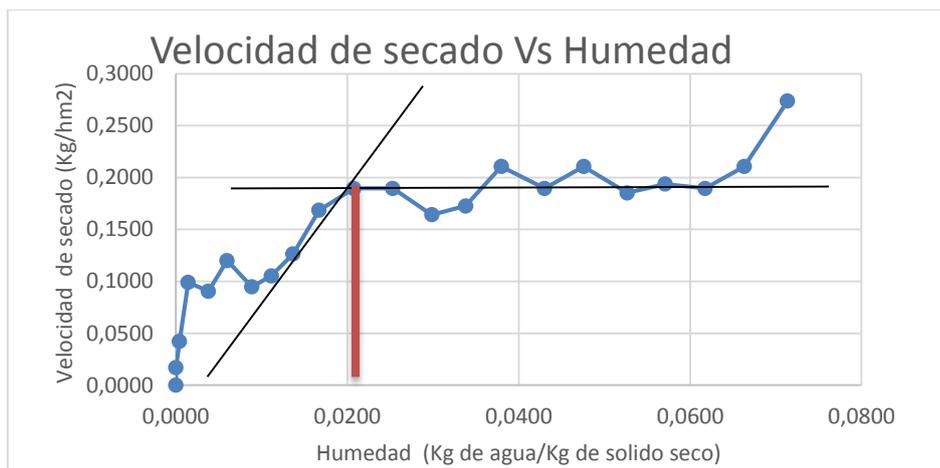
Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Gráfica 13-4** se observa el comportamiento de la humedad del mortino frente al tiempo de secado a una temperatura de 50°C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que pasa el tiempo. En la **Gráfica 14-4** se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad del mortino obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0,0208$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0,1895$ Kg/hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 5,554$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 5,446$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 11 horas (660 min).



Gráfica 7-4: Curva de secado del mortino en un Secador por Liofilización H vs T

Realizado por: Walter Macas 2018



Gráfica 8-4: Curva de secado del mortiño en un Secador por Liofilización W vs X
Realizado por: Walter Macas 2018

4.2.2.2 Resultados del Secador por Liofilización para deshidratar la uvilla a 55°C

En la **Tabla 11-4** se puede apreciar los pesos tomados del secado de la uvilla en dos bandejas pesadas cada 30 minutos en un secador por liofilización a una temperatura de 55°C con sus tres repeticiones, el promedio y la sumatoria de las dos bandejas dándonos como resultado un peso inicial de 259,333g de muestra y un peso final de 68,000 g obteniéndose un 73,78 % de porcentaje de Humedad. En la **Tabla 12-4** se aprecia los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0,095 \text{ m}^2$ y un peso del sólido seco $S= 1,961 \text{ Kg}$ con su respectiva velocidad de secado para obtener la curva y el tiempo total de secado para la uvilla en un secador por liofilización a una temperatura de 55°C.

Tabla 11-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador por Liofilización de la uvilla a 55°C

Tiempo (min)	Repeticion 1		Repeticion 2		Repeticion 3		Promedio		Sumatoria
	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	b1+b2
-	1929	2074	1929	2074	1929	2074	1929,000	2074,000	4003,000
0	2060	2204	2058	2202	2059	2204	2059,000	2203,333	4262,333
30	2027	2172	2027	2178	2027	2175	2027,000	2368,333	4395,333
60	2018	2163	2018	2163	2019	2181	2018,333	2169,000	4187,333
90	2011	2172	2013	2175,5	2013	2173	2012,333	2173,500	4185,833
120	2008	2156	2009	2159	2009	2155	2008,667	2156,667	4165,333
150	2001	2149	2001	2151	2002	2152,5	2001,333	2150,833	4152,167
180	1996	2144	1995	2145,5	1995	2142	1995,333	2143,833	4139,167
210	1989	2137	1986	2138	1990	2135	1988,333	2136,667	4125,000
240	1980	2230	1979,5	2131	1980	2133	1979,833	2164,667	4144,500
270	1971	2125	1972,5	2127	1972	2126	1971,833	2126,000	4097,833
300	1969	2122	1970	2120	1967,5	2126	1968,833	2122,667	4091,500

330	1966	2119	1967	2118,5	1966	2120	1966,333	2119,167	4085,500
360	1965	2116	1965,5	2117	1964	2117,5	1964,833	2116,833	4081,667
390	1964,5	2114	1964	2115	1963	2116	1963,833	2115,000	4078,833
420	1964	2112	1963	2113	1962	2214	1963,000	2146,333	4109,333
450	1963	2110	1962	2111	1961,8	2112,5	1962,267	2111,167	4073,433
480	1962,5	2109,5	1961,5	2110,3	1961,5	2111,5	1961,833	2110,433	4072,267
510	1962	2109	1961	2110	1960	2111	1961,000	2110,000	4071,000
540	1962	2109	1961	2110	1960	2111	1961,000	2110,000	4071,000

Realizado por: Walter Macas, 2018

Tabla 12-4: Datos Experimentales del secado de la uvilla en el Secador por Liofilización

Tiempo (H)	Humedad Total (kg)	Humedad X en BS (Kg de H2O/Kg ss.)	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \Theta$	$\Delta X/\Delta \Theta$	W (Kg/hm ²)	1/W
0	2,0590	0,0500	-	-	-	-	-	-
0,5	2,0270	0,0337	0,0418	-0,0163	0,5000	-0,0326	0,6738	1,4841
1	2,0183	0,0292	0,0314	-0,0044	0,5000	-0,0088	0,1825	5,4798
1,5	2,0123	0,0262	0,0277	-0,0031	0,5000	-0,0061	0,1263	7,9153
2	2,0087	0,0243	0,0252	-0,0019	0,5000	-0,0037	0,0772	12,9524
2,5	2,0013	0,0206	0,0224	-0,0037	0,5000	-0,0075	0,1544	6,4762
3	1,9953	0,0175	0,0190	-0,0031	0,5000	-0,0061	0,1263	7,9153
3,5	1,9883	0,0139	0,0157	-0,0036	0,5000	-0,0071	0,1474	6,7846
4	1,9798	0,0096	0,0118	-0,0043	0,5000	-0,0087	0,1790	5,5873
4,5	1,9718	0,0055	0,0076	-0,0041	0,5000	-0,0082	0,1684	5,9365
5	1,9688	0,0040	0,0048	-0,0015	0,5000	-0,0031	0,0632	15,8307
5,5	1,9663	0,0027	0,0034	-0,0013	0,5000	-0,0025	0,0526	18,9968
6	1,9648	0,0020	0,0023	-0,0008	0,5000	-0,0015	0,0316	31,6613
6,5	1,9638	0,0014	0,0017	-0,0005	0,5000	-0,0010	0,0211	47,4920
7	1,9630	0,0010	0,0012	-0,0004	0,5000	-0,0008	0,0175	56,9904
7,5	1,9623	0,0006	0,0008	-0,0004	0,5000	-0,0007	0,0154	64,7618
8	1,9618	0,0004	0,0005	-0,0002	0,5000	-0,0004	0,0091	109,5969
8,5	1,9610	0,0000	0,0002	-0,0004	0,5000	-0,0008	0,0175	56,9904
9	1,9610	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	-

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Gráfica 9-4** se observa el comportamiento de la humedad de la uvilla frente al tiempo de secado a una temperatura de 55°C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que pasa el tiempo. En la **Gráfica 10-4** se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad de la uvilla obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0,0055$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0,1684$ Kg/hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 3,457$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 5,543$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 9 horas (540 min).

de Humedad. En la **Tabla 14-4** se aprecia los datos experimentales realizados con un área de la superficie expuesta $A= 0,095 \text{ m}^2$ y un peso del sólido seco $S= 1,960 \text{ Kg}$ con su respectiva velocidad de secado para obtener la curva y el tiempo total de secado para la uvilla en un secador por liofilización a una temperatura de 60°C .

Tabla 13-4: Resultados de las repeticiones de secado del Secador por Liofilización de la tuna a 60°C

Tiempo (min)	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		Promedio		Sumatoria
	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	bandeja 1	bandeja 2	b1+b2
-	1929	2078	1929	2078	1929	2078	1929,000	2078,000	4007,000
0	2129	2278	2129	2278	2129	2278	2129,000	2278,000	4407,000
30	2105	2254	2107	2259	2104	2253	2105,333	2255,333	4360,667
60	2090	2235	2092	2236	2088	2237	2090,000	2236,000	4326,000
90	2078,5	2223	2075	2225	2076	2225	2076,500	2224,333	4300,833
120	2068	2212	2065	2210	2066	2215	2066,333	2212,333	4278,667
150	2058	2203	2055	2205	2057	2206	2056,667	2204,667	4261,333
180	2047	2194	2046	2196	2048	2194	2047,000	2194,667	4241,667
210	2037	2185	2039	2185	2035	2187	2037,000	2185,667	4222,667
240	2026	2176	2028	2175	2025	2174	2026,333	2175,000	4201,333
270	2014	2167	2017	2166	2013	2164	2014,667	2165,667	4180,333
300	2001	2254	2004	2157	1999	2156	2001,333	2189,000	4190,333
330	1990,5	2148	1989	2144	1991	2147	1990,167	2146,333	4136,500
360	1984	2142	1983	2136	1984	2138	1983,667	2138,667	4122,333
390	1981	2138	1982	2130	1982	2131	1981,667	2133,000	4114,667
420	1978	2134	1974	2124	1980	2126	1977,333	2128,000	4105,333
450	1975	2127	1972	2122	1978	2120	1975,000	2123,000	4098,000
480	1971	2123	1968	2120	1975	2119	1971,333	2120,667	4092,000
510	1969	2121	1965	2119	1971	1118	1968,333	1452,667	3421,000
540	1967	2119	1964	2118	1968	2117	1966,333	2118,000	4084,333
570	1965	2117	1963	2117	1965	2116	1964,333	2116,667	4081,000
600	1962	2115	1962	2115	1963	2114	1962,333	2114,667	4077,000
630	1961	2112	1961	2114	1961,5	2113	1961,167	2113,000	4074,167
660	1960,5	2110,8	1960,5	2112,6	1960,8	2112	1960,600	2111,800	4072,400
690	1960	2110	1960	2111	1960	2111	1960,000	2110,667	4070,667
720	1960	2110	1960	2111	1960	2111	1960,000	2110,667	4070,667

Realizado por: Walter Macas, 2018

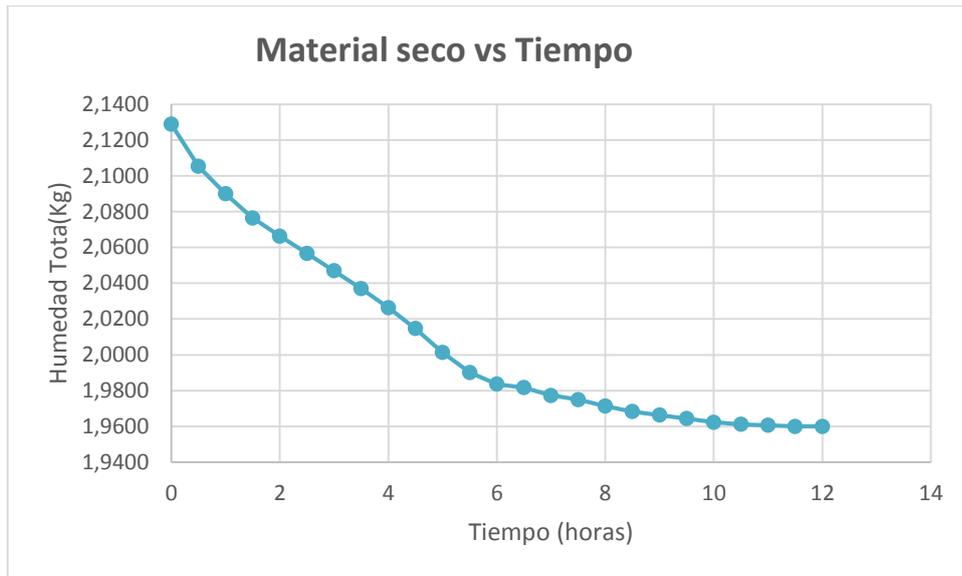
Tabla 14-4: Datos Experimentales del secado de la tuna en el Secador por Liofilización

Tiempo (H)	Humedad Total (kg)	Humedad X en BS (Kg de H ₂ O/Kg ss.)	Humedad promedio	ΔX	$\Delta \theta$	$\Delta X/\Delta \theta$	W (Kg/hm ²)	1/W
0	2,1290	0,0862	-	-	-	-	-	-
0,5	2,1053	0,0741	0,0802	-0,0121	0,5000	-0,0241	0,4983	2,0067
1	2,0900	0,0663	0,0702	-0,0078	0,5000	-0,0156	0,3229	3,0973

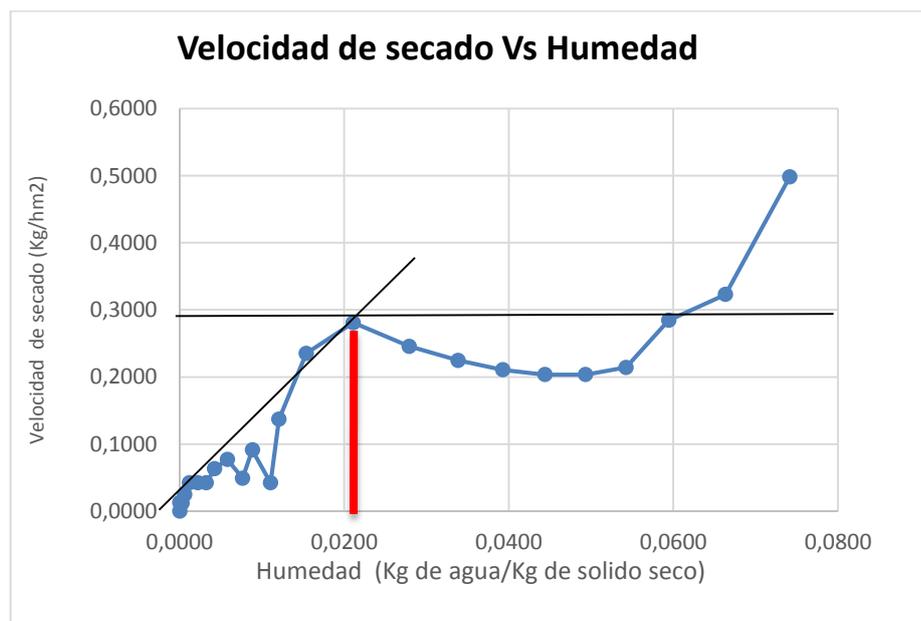
1,5	2,0765	0,0594	0,0629	-0,0069	0,5000	-0,0138	0,2843	3,5179
2	2,0663	0,0543	0,0568	-0,0052	0,5000	-0,0104	0,2141	4,6713
2,5	2,0567	0,0493	0,0518	-0,0049	0,5000	-0,0099	0,2035	4,9130
3	2,0470	0,0444	0,0469	-0,0049	0,5000	-0,0099	0,2035	4,9130
3,5	2,0370	0,0393	0,0418	-0,0051	0,5000	-0,0102	0,2106	4,7492
4	2,0263	0,0338	0,0366	-0,0054	0,5000	-0,0109	0,2246	4,4524
4,5	2,0147	0,0279	0,0309	-0,0060	0,5000	-0,0119	0,2457	4,0707
5	2,0013	0,0211	0,0245	-0,0068	0,5000	-0,0136	0,2807	3,5619
5,5	1,9902	0,0154	0,0182	-0,0057	0,5000	-0,0114	0,2351	4,2530
6	1,9837	0,0121	0,0137	-0,0033	0,5000	-0,0066	0,1369	7,3065
6,5	1,9817	0,0111	0,0116	-0,0010	0,5000	-0,0020	0,0421	23,7460
7	1,9773	0,0088	0,0099	-0,0022	0,5000	-0,0044	0,0912	10,9597
7,5	1,9750	0,0077	0,0082	-0,0012	0,5000	-0,0024	0,0491	20,3537
8	1,9713	0,0058	0,0067	-0,0019	0,5000	-0,0037	0,0772	12,9524
8,5	1,9683	0,0043	0,0050	-0,0015	0,5000	-0,0031	0,0632	15,8307
9	1,9663	0,0032	0,0037	-0,0010	0,5000	-0,0020	0,0421	23,7460
9,5	1,9643	0,0022	0,0027	-0,0010	0,5000	-0,0020	0,0421	23,7460
10	1,9623	0,0012	0,0017	-0,0010	0,5000	-0,0020	0,0421	23,7460
10,5	1,9612	0,0006	0,0009	-0,0006	0,5000	-0,0012	0,0246	40,7074
11	1,9606	0,0003	0,0005	-0,0003	0,5000	-0,0006	0,0119	83,8094
11,5	1,9600	0,0000	0,0002	-0,0003	0,5000	-0,0006	0,0126	79,1533
12	1,9600	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,0000	-

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Gráfica 11-4** se observa el comportamiento de la humedad de la tuna frente al tiempo de secado a una temperatura de 60°C donde se aprecia que la humedad disminuye a medida que pasa el tiempo. En la **Gráfica 12-4** se observa el comportamiento de la velocidad de secado frente a la humedad de la uvilla obteniéndose un valor de humedad crítica $X_c = 0,0211$ Kg de agua/Kg de solido seco, y una velocidad crítica $W_c = 0,2807$ Kg/hm² dándonos como resultado un periodo anticrítico $\Theta_a = 3,896$ h y un periodo postcrítico $\Theta_p = 8,104$ h esto quiere decir que el tiempo total de secado fue de 12 horas (720 min).



Gráfica 11-4: Curva de secado de la tuna en un Secador por Liofilización H vs T
Realizado por: Macas Walter 2018



Gráfica 12-4: Curva de secado de la tuna en un Secador por Liofilización W vs X
Elaborado por: Macas Walter 2018

4.2.5 *Resultados de rendimiento del secador y pérdidas por molienda-tamizado en el S. Bandejas y en el S. liofilizador.*

En las siguientes tablas presentadas a continuación se observan los rendimientos obtenidos en los secadores de Bandejas y Liofilizador y las perdidas por molienda y tamizado con un molino micronizador y un tamiz con un tamaño de malla de 850 μm .

Tabla 15-4: Resultado del Rendimiento de los dos tipos de secadores (Bandejas y Liofilizador)

Tipo de Fruta	N° de muestra	Tipo de secado	T (°C)	Pi (g)	Pf (g)	Rs (%)
Mortiño	1	S. Bandeja	55	400,000	81,167	20,29
	2	S. Liofilizador	50	400,000	94,667	23,67
Uvilla	4	S. Bandeja	60	301,667	73,000	24,20
	5	S. Liofilizador	55	259,333	68,000	26,22
Tuna	7	S. Bandeja	65	400,000	74,500	18,63
	8	S. Liofilizador	60	400,000	77,333	19,33

Realizado por: Walter Macas, 2018

Tabla 16-4: Resultados de pérdidas por molienda y tamizado en los dos tipos de secadores

Tipo de Fruta	N° de muestra	Tipo de secado	P1(g)	P2(g)	Rm (%)	Pm (%)
Mortiño	1	S. Bandeja	81,167	70,370	86,698	13,30
	2	S. Liofilizador	94,667	80,167	84,683	15,32
Uvilla	4	S. Bandeja	73,000	46,167	63,242	36,76
	5	S. Liofilizador	68,000	46,333	68,137	31,86
Tuna	7	S. Bandeja	74,500	46,333	62,612	37,81
	8	S. Liofilizador	77,333	49,833	64,440	35,56

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.6 Resultados del Secador por Atomización

4.2.2.1 Resultados del Secador por Atomización del mortiño a 110°C

El proceso de secado por atomización del mortiño se realizó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH con un radio de la cámara de secado R_{CS} de 0,30 m, una altura de 1,10 m y una presión de aire del compresor de 4 bares. El diámetro interno de la boquilla era de 0.5 mm, tal como se observa en la **Tabla 17-4** se realizó tres repeticiones de secado obteniéndose valores promedios de la materia prima con la que se trabajó que fue de 1,002 Kg, con un extracto de tuna aproximadamente de 490 ml a temperaturas del aire de entrada y salida de 120°C, y 62°C, respectivamente, en la **Tabla 18-4** se puede apreciar los resultados del atomizado obteniéndose un flujo volumétrico de alimentación de 0.0456 ml / s, un porcentaje de humedad total de 97.90% y un rendimiento de 2,10 %.

Tabla 17-4: Valores obtenidos en el Secado por Atomización del mortiño

Parámetros	Repetición			Promedio
	1	2	3	
Peso Alimentación m (g)	1000	1004	1003	1002,33
Volumen de alimentación del zumo Va (ml)	500	480	490	490,00
Peso del producto mp (g)	22	21	20	21,00
Tiempo de secado t(s)	10000	12000	10100	10700,00
Temperatura ambiente Ta (°C)	20	21	20	20,33
Temperatura de alimentación Tr1 (°C)	21	22	21	21,33
Temperatura de bulbo húmedo del ambiente Twe (°C)	21	22	22	21,67
Temperatura del producto Tr2 (°C)	17	19	17,5	17,83
Temperatura del aire de salida Ta2 (°C)	60	65	62	62,33
Temperatura del aire de secado Ta1 (°C)	110	110	110	110,00

Realizado por: Walter Macas, 2018

Tabla 18-4: Resultados del Secado por Atomización del mortiño.

Parámetros	Unidades	Valores
Flujo volumétrico de alimentación	\dot{v} (ml/s)	0,0456
Flujo másico de alimentación	\dot{m} (Kg/s)	9,37E-05
Humedad total	%	97,90
Rendimiento	%	2,10

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.3.1 Resultados del Secador por Atomización de la uvilla a 120°C

El proceso de secado por atomización de la uvilla se realizó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH con un radio de la cámara de secado R_{CS} de 0,30 m, una altura de 1,10 m y una presión de aire del compresor de 4 bares. El diámetro interno de la boquilla era de 0.5 mm, tal como se observa en la **Tabla 19-4** se realizó tres repeticiones de secado obteniéndose valores promedios de la materia prima con la que se trabajó que fue de 1,00567 Kg, con un extracto de tuna aproximadamente de 817 ml a temperaturas del aire de entrada y salida de 120°C, y 63°C, respectivamente, en la **Tabla 20-4** se puede apreciar los resultados del atomizado obteniéndose un flujo volumétrico de alimentación de 0.0643 ml / s, un porcentaje de humedad total de 97.48% y un rendimiento de 2,22 %.

Tabla 19-4: Valores obtenidos en el Secado por Atomización de la uvilla

Parámetros	Repetición			Promedio
	1	2	3	
Peso Alimentación m (g)	1008	1004	1005	1005,67
Volumen de alimentación del zumo Va (ml)	800	900	750	816,67

Peso del producto mp(g)	23	25	28	25,33
Tiempo de secado t(s)	14000	10000	14100	12700,00
Temperatura ambiente Ta (°C)	20	21	20	20,33
Temperatura de alimentación Tr1 (°C)	21	22	21	21,33
Temperatura de bulbo húmedo del ambiente Twe (°C)	21	22	22	21,67
Temperatura del producto Tr2 (°C)	17	19	17,5	17,83
Temperatura del aire de salida Ta2 (°C)	60	63	65	62,67
Temperatura del aire de secado Ta1 (°C)	120	120	120	120,00

Realizado por: Walter Macas, 2018

Tabla 20-4: Resultados del Secado por Atomización de la uvilla.

Parámetros	Unidades	Valores
Flujo volumétrico de alimentación	\dot{v} (ml/s)	0,0643
Flujo másico de alimentación	\dot{m} (Kg/s)	7,92E-05
Humedad total	%	97,48
Rendimiento	%	2,22

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.3.2 Resultados del Secador por Atomización de la tuna a 130°C

El proceso de secado por atomización de la tuna se realizó en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH con un radio de la cámara de secado R_{cs} de 0,30 m, una altura de 1,10 m y una presión de aire del compresor de 4 bares. El diámetro interno de la boquilla era de 0.5 mm, tal como se observa en la **Tabla 21-4** se realizó tres repeticiones de secado obteniéndose valores promedios de la materia prima con la que se trabajó que fue de 1,005 Kg, con un extracto de tuna aproximadamente de 753ml a temperaturas del aire de entrada y salida de 130°C, y 69°C, respectivamente, en la **Tabla 22-4** se puede apreciar los resultados del atomizado obteniéndose un flujo volumétrico de alimentación de 0.0559 ml / s, un porcentaje de humedad total de 97.78% y un rendimiento de 2,22 %.

Tabla 21-4: Valores obtenidos en el Secado por Atomización de la tuna

Parámetros	Repetición			Promedio
	1	2	3	
Peso Alimentación m (g)	1000	1010	1005	1005,00
Volumen de alimentación del zumo Va (ml)	750	748	760	752,67
Peso del producto mp(g)	22	24	21	22,33
Tiempo de secado t(s)	14000	12000	14400	13466,67
Temperatura ambiente Ta (°C)	19	21	20	20,00
Temperatura de alimentación Tr1 (°C)	20	22	21	21,00
Temperatura de bulbo húmedo del ambiente Twe (°C)	22	23	22	22,33
Temperatura del producto Tr2 (°C)	17	18	17,5	17,50
Temperatura del aire de salida Ta2 (°C)	70	65	72	69,00
Temperatura del aire de secado Ta1 (°C)	130	130	130	130,00

Realizado por: Macas Walter, 2018

Tabla 22-4: Resultados del Secado por Atomización de la tuna

Parámetros	Unidades	Valores
Flujo volumétrico de alimentación	\dot{v} (ml/s)	0,0559
Flujo másico de alimentación	\dot{m} (Kg/s)	7,467E-05
Humedad total	%	97,77
Rendimiento	%	2,22

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.7 Resultados de % de Humedad de los tres tipos de secadores.

Tabla 23-4: Resultados de % de Humedad de los tres tipos de secadores

Tipo de Fruta	N° de muestra	Tipo de secado	T (°C)	Peso de la fruta húmeda Pi (g)	Peso de la fruta seca Pf (g)	%Humedad
Mortíño	1	S. Bandeja	55	400,000	81,167	79,71
	2	S. Liofilizador	50	400,000	94,667	76,33
	3	S. Atomización	110	1000,000	21,000	97,90
Uvilla	4	S. Bandeja	60	301,667	73,000	75,80
	5	S. Liofilizador	55	259,333	68,000	73,78
	6	S. Atomización	120	1005,670	25,333	97,48
Tuna	7	S. Bandeja	65	400,000	74,500	81,38
	8	S. Liofilizador	60	400,000	77,333	80,67
	9	S. Atomización	130	1005,000	22,333	97,78

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.8 Resultados del rendimiento final de los secadores

Tabla 24-4: Resultado del rendimiento final de los secadores (Bandejas, Liofilizador, Atomización)

Tipo de Fruta	N° de muestra	Tipo de secado	T (°C)	Pi (g)	Pf (g)	Molido y tamizado P2 (g)	Rs (%)
Mortino	1	S. Bandejas	55	400,000	81,167	70,370	17,59
	2	S. Liofilización	50	400,000	94,667	80,167	20,04
	3	S. Atomización	110	1000,000	21,000	-	2,10
Uvilla	4	S. Bandejas	60	301,667	73,000	46,167	15,30
	5	S. Liofilización	55	259,333	68,000	46,333	17,87
	6	S. Atomización	120	1005,670	23,000	-	2,22
Tuna	7	S. Bandejas	65	400,000	74,500	46,333	11,58
	8	S. Liofilización	60	400,000	77,333	49,833	12,46
	9	S. Atomización	130	1005,000	22,333	-	2,22

Realizado por: Walter Macas, 2018

4.2.9 Resultado de la Extracción del colorante por método Soxhlet

Tabla 25-4: Resultados de la extracción por el método Soxhlet en los tres tipos de secados

Tipo de Fruta	N° de muestra	Tipo de secado	Cartucho antes de la extracción Pi (g)	Cartucho después de la extracción P(g)	Colorante extraído del cartucho Pf (g)	Rendimiento colorante extraído del cartucho R _{CE} (%)
Mortino	1	S. Bandejas	11,422	6,794	4,628	40,52
	2	S. Liofilización	11,215	6,208	5,007	44,65
	3	S. Atomización	11,360	10,763	0,597	5,26
Uvilla	4	S. Bandejas	11,358	5,934	5,424	47,75
	5	S. Liofilización	11,422	5,631	5,791	50,70
	6	S. Atomización	11,358	10,148	1,210	10,65
Tuna	7	S. Bandejas	11,251	5,571	5,680	50,48
	8	S. Liofilización	11,305	5,516	5,789	51,21
	9	S. Atomización	11,532	9,616	1,916	16,61

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Tabla 25-4** se presentan los resultados de la extracción por el método Soxhlet luego del secado en los tres tipos de secadores (Bandejas, Liofilización y atomizador), se observan los diferentes rendimientos del colorante extraído medidos en base a los cartuchos armados para su extracción

4.2.10 Resultados del Espectrofotómetro UV- Vis.

Tabla 26-4: Resultados de la medición de λ y absorbancias en el Espectrofotómetro Uv-Vis

Nº de muestra	Tipo de Fruta	Tipo de secado	Longitud de onda λ (nm)	Absorbancia de la muestra
1	Mortño	S. Bandeja	558	0,781
2		S. Liofilizador	514	0,5
3		S. atomización	513	2,36
4	Uvilla	S. Bandeja	421	1,134
5		S. Liofilizador	427	1,414
6		S. atomización	-	-
7	Tuna	S. Bandeja	417	3,866
8		S. Liofilizador	482	1.461
9		S. atomización	-	-

Realizado por: Walter Macas, 2018

Al realizar el barrido en el espectrofotómetro en las nueve muestras de colorantes se obtuvieron las siguientes mediciones **Tabla 26-4**, la elección del mejor método de secado para la obtención de colorantes se procedió con una comparación bibliográfica de las longitudes de onda

Se encontró que según el **REGLAMENTO (UE) N o 231/2012** las longitud de onda para las antocianinas (515-535 nm), β - Carotenos (453-456 nm) y betaxantinas (474 nm), de las 9 muestras las que más se acercaron fueron las muestras obtenidas por el secado de liofilización, en dos de las muestras no se pudo observar mediciones de sus λ y absorbancias **Anexo K,L,M**, estas muestras fueron las del atomizado en la uvilla y tuna debido a la poca presencia de pigmentos por la oxidación de las mismas.

4.2.11 Resultados de los análisis físico-químicos de los colorantes obtenidos (producto final).

Tabla 27-4: Resultados de los análisis físico-químicos de los colorantes obtenidos (producto final).

Análisis	Repeticiones	Colorante		
		Mortño	Uvilla	Tuna
pH	1	4,21	4,71	5,51
	2	4,2	4,65	5,62
	3	4,3	4,73	5,56
ρ (g/ml)	1	0,9464	0,9158	0,8912
	2	0,9456	0,925	0,897
	3	0,9554	0,9054	0,8856
°Bx	1	10,9000	17,5800	14,8200
	2	10,5678	17,6657	14,5678
	3	10,4356	17,3545	14,6678
nD	1	1,3490	1,3590	1,3550
	2	1,3679	1,3645	1,3564

	3	1,3756	1,3544	1,3468
%ST	1	27,6400	22,0200	27,6400
	2	27,6555	22,0445	26,6456
	3	27,4567	22,0564	27,5436

Realizado por: Walter Macas, 2018

Luego de haber elegido que tipo de secado resulta más óptimo para la obtención del mejor colorante se realizó un análisis físico-químico del producto final tal como se presentan en la **Tabla 48-4**. Mediante un análisis estadístico t de varianzas se observa el grado de significancia entre la materia prima y el producto final obtenido, estos resultados se presentan a continuación en la prueba de hipótesis en la **Tabla 27-4**

4.1.12 Resultados de la Matriz Comparativa de los diferentes métodos de obtención.

En las siguientes tablas se presentan una matriz de comparación de los tres tipos de secado utilizados para la obtención de los tres colorantes naturales, para su comparación esta matriz se basó en las variables: Temperatura, Tiempo de secado, Rendimiento del secador, Porcentaje de Humedad eliminada y Colorante extraído.

Tabla 28-4: Matriz comparativa para la obtención de Colorante de mortiño

Variables	Métodos de secado para el mortiño		
	Bandeja	Liofilizador	Atomizador
Tiempo (h)	10	11	3
Temperatura (°C)	55	50	110
Rendimiento (%)	17,59	20,04	2,1
Humedad (%)	79,71	76,33	97,9
Colorante extraído (%)	40,52	44,65	5,26

Realizado por: Walter Macas, 2018

Se realizó tres tipos de secado (Bandejas, Liofilización y atomización) a partir de 400g de mortiño fresco, a diferentes temperaturas, posteriormente se efectuó la extracción de sus pigmentos mediante el método Soxhlet, que consistió en armar cartuchos de 10 g de mortiño seco utilizando una relación 3-1 etanol-agua como solvente.

En el secado por Liofilización se requirió un mayor tiempo de secado 11 h, a una temperatura baja de 50 °C, eliminando un porcentaje de humedad de 76,33%, con un rendimiento de 20,04 % y un 44,65 % de colorante extraído, seguido del secador de Bandejas que necesitó un tiempo de secado de 10 h, a una temperatura de 55 °C, eliminando un porcentaje de humedad de 79,71%, con un rendimiento de 17,59 y un 40,52 % de colorante extraído, mientras que en el secador por atomización requirió un tiempo de secado bajo de 3 h, a una elevada temperatura de 110°C,

eliminando un porcentaje de humedad de 97,9 %, con un rendimiento de 2,1 % y un 5,26 % de colorante extraído. En base a los resultados obtenidos se observa como el secador por liofilización a pesar de tener un mayor tiempo de secado, una temperatura y un porcentaje de eliminación de humedad mínima en comparación con los otros dos tipos de secado, sin embargo tiene un mayor rendimiento y un mayor porcentaje de colorante extraído, aunque es similar al del secador de bandejas, con una diferencia mínima, por ende se considera al Liofilizado como el mejor método de secado para la obtención de colorante natural de mortiño. Por otro lado el secador por atomización tiene un porcentaje de Humedad mayor pero debido a su elevada temperatura no se puede obtener un buen rendimiento de colorante extraído, tal y como menciona Tontul & Topuz (2017, p. 91) en su trabajo de investigación “Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties”, la dificultad de secadores es que al utilizar elevadas temperaturas los azúcares se transforman en una forma pegajosa que aumenta la deposición en la superficie del secado cámara, que finalmente disminuye el rendimiento del producto

Tabla 29-4: Matriz comparativa para la obtención de Colorante de uvilla.

Variables	Métodos de secado para la uvilla		
	Bandeja	Liofilizador	Atomizador
Tiempo (h)	8	9	3,5
Temperatura (°C)	60	55	120
Rendimiento (%)	15,30	17,87	2,30
Humedad (%)	75,8	73,78	97,48
Colorante extraído (%)	47,75	50,7	10,65

Realizado por: Walter Macas, 2018

Se efectuó el secado a partir 300 g de uvilla en tres tipos de secadores (Bandejas; liofilización y Atomización) a diferentes temperaturas, y luego se extrajeron sus pigmentos mediante el método Soxhlet, armando cartuchos de 10g de uvilla seca, utilizando etanol-agua como solvente.

En el secado por Liofilización se requirió un mayor tiempo de secado 9 h, a una temperatura baja de 55 °C , eliminando un porcentaje de humedad de 73,78%, con un rendimiento de 17,87 % y un 50,7 % de colorante extraído, seguido del secador de Bandejas que necesitó un tiempo de secado de 8 h, a una temperatura de 60 °C, eliminando un porcentaje de humedad de 75,8%, con un rendimiento de 15,30 y un 47,75 % de colorante extraído, mientras que en el secador por atomización requirió un tiempo de secado bajo de 3,5 h, a una elevada temperatura de 120°C , eliminando un porcentaje de humedad de 97,9 %, con un rendimiento de 2,30 % y un 10,65 % de colorante extraído. De los resultados obtenidos se pudo observar como el secador por liofilización tuvo un mayor porcentaje de colorante extraído de uvilla, esto se debe a que se trabajó con

temperaturas bajas, evitando la degradación de sus pigmentos (carotenoides), tal como menciona Ramesh & Young-Soo (2018, p. 91) en su investigación “Carotenoid extraction methods: A review of recent developments” para proteger los pigmentos de la degradación mediada por altas temperaturas, las muestras de alimentos se deshidratan usando liofilización. Sin embargo, aumenta significativamente el tiempo de extracción y costo.

Tabla 30-4: Matriz comparativa para la obtención de Colorante de tuna

Variables	Métodos de secado para la tuna		
	Bandeja	Liofilizador	Atomizador
Tiempo (h)	11	12	3,5
Temperatura (°C)	65	60	130
Rendimiento (%)	11,58	12,46	2,23
Humedad (%)	81,38	80,67	97,78
Colorante extraído (%)	50,48	51,21	16,61

Realizado por: Walter Macas, 2018

Se realizó tres tipos de secado (Bandejas, Liofilización y atomización) a partir de 400g de tuna fresco, a diferentes temperaturas, posteriormente se efectuó la extracción de sus pigmentos mediante el método Soxhlet, que consistió en armar cartuchos de 10 g de mortño seco utilizando una relación 3-1 etanol-agua como solvente

En el secado por Liofilización se requirió un mayor tiempo de secado 12 h, a una temperatura baja de 60 °C, eliminando un porcentaje de humedad de 80,67%, con un rendimiento de 12,46 % y un 51,21 % de colorante extraído, seguido del secador de Bandejas que necesitó un tiempo de secado de 11 h, a una temperatura de 65 °C, eliminando un porcentaje de humedad de 81,38%, con un rendimiento de 11,58% y un 50,48% de colorante extraído, mientras que en el secador por atomización requirió un tiempo de secado bajo de 3,5 h, a una elevada temperatura de 130°C, eliminando un porcentaje de humedad de 97,78 %, con un rendimiento de 2,23 % y un 16,61 % de colorante extraído. De los resultados obtenidos se pudo observar como el secador por liofilización tuvo un mayor porcentaje de colorante extraído de tuna, esto se debe a que se trabajó con temperaturas bajas, evitando la degradación de sus pigmentos.

Tabla 31-4: Resultados del % de Error con respecto al % de Humedad eliminada

Tipo de Fruta	N° de muestra	Tipo de secado	%H Práctico	% H Teórico	Fuente	% Error
Mortño	1	S. Bandeja	79,708	81	Vasco, et al., 2009, p. 8275	0,02
	2	S. Liofilizador	76,333			0,06
	3	S. Atomización	97,900			0,21
Uvilla	4	S. Bandeja	75,801	78,9	Castro, et al., 2008, p. 228	0,04
	5	S. Liofilizador	73,779			0,06

	6	S. Atomización	97,481			0,24
Tuna	7	S. Bandeja	81,375	87,55	Trujillo, 2014, p. 29	0,07
	8	S. Liofilizador	80,667			0,08
	9	S. Atomización	97,778			0,12

Realizado por: Walter Macas, 2018

Se efectuó el secado del mortiño, uvilla y tuna en tres tipos de secadores (Bandejas, Liofilizado y atomizado) a distintas temperaturas, sus pesos fueron tomados cada 30 minutos en el caso de los secadores bandeja y liofilizado, excepto en el atomizado, finalmente se calculó el porcentaje de error para cada uno con respecto a fuentes bibliográficas

De acuerdo con las investigaciones citadas se obtuvieron que, en el secador de Bandejas sus valores de error fueron bien bajos 0,02% error (mortiño), 0,04% error (uvilla) y 0,07% error (tuna), siendo muy similares con respecto a los resultados del secador por liofilización 0,06% error (mortiño), 0,06% error (uvilla) y 0,08% error (tuna), por otro lado el secador por atomización tiene un % error más elevado 0,21% error (mortiño), 0,24% error (uvilla) y 0,12% error (tuna) debido a su elevada temperatura no se puede obtener un buen rendimiento de colorante extraído por la degradación de sus pigmentos.

Tabla 31-4: Análisis estadístico t varianza para el análisis físico-químico

Análisis	Fruto	Materia prima	Colorante	T
pH	Mortiño	3,24	4,24	***
	Uvilla	3,66	4,70	***
	Tuna	6,10	5,56	***
ρ (g/mL)	Mortiño	0,9645	0,9491	**
	Uvilla	0,9863	0,9154	***
	Tuna	0,9863	0,9154	***
°Bx	Mortiño	9,7228	10,6345	**
	Uvilla	14,7766	17,5334	**
	Tuna	13,7091	14,6852	**
nD	Mortiño	1,4200	1,3642	**
	Uvilla	1,3920	1,3593	**
	Tuna	1,3513	1,3527	**
%ST	Mortiño	7,8239	27,5841	***
	Uvilla	8,2050	22,0403	***
	Tuna	7,7325	27,2764	***

Nota: (***)=p<0,001), (**)=p<0,01), (*=p<0,05), (NS)=p>0,05)

Realizado por: Walter Macas, 2018

Se realizó un análisis estadístico t varianza de los análisis físico-químicos (pH, densidad ρ, °Bx, índice de refracción nD, y porcentaje de sólidos totales %ST) con respecto al grado de significancia que existe entre la materia prima y el colorante obtenido.

Se obtiene como resultados en el mortiño, uvilla y tuna, un pH con nivel de significancia (***) muy significativo y un nivel de confianza de 99,9 %, esto se debe a que según la normativa mexicana nom-119- SSA1 el pH los colorantes se tornan a estabilizarse en un rango de 4 a 6, por lo tanto los valores obtenidos cumplen con dichas especificaciones. En relación a la densidad esta posee para el mortiño un nivel de significancia (**) significativo con un nivel de confianza de 99%, para la uvilla y la tuna un nivel muy alto de significancia (***), con un grado de confianza de 99,9%, esto se debe a que en la tuna y la uvilla se eliminó mayor cantidad de agua al efectuarse el secado.

En el caso de los °Bx y nD tanto en el mortiño como en la uvilla y la tuna su nivel de significancia es (**) significativo con un nivel de confianza de 95%, debido a que el colorante en su composición química contiene mayor cantidad de azúcares. Finalmente para el porcentaje de Sólidos Totales su grado de significancia es (***) muy significativo con un nivel de confianza de 99,9 %, esto sucede debido a la eliminación de agua en el secado y a la concentración de diferentes compuestos como son los azucars y los pigmentos antocianinas, carotenoides y betalaínas.

4.1.13 Resultados de los análisis de metales y análisis microbiológicos de los colorantes obtenidos.

Tabla 32-4: Resultados de análisis de metales y microbiológicos en base a la norma nom-119-ssa1-1994

Determinaciones	Unidades	Colorante de Mortiño (antocianinas)	Colorante de Uvilla (β- Carotenos)	Colorante de Tuna (Betalaínas)
Arsénico	mg/Kg	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Plomo	mg/Kg	6,1	3,2	6,1
Zinc	mg/Kg	12,2	5,2	3,6
Mohos y Levaduras	UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Walter Macas, 2018

Las muestras obtenidas del secador por liofilización y extracción en el equipo Soxhlet que resultaron como el mejor proceso de obtención para colorantes naturales fueron analizadas en el laboratorio SAQMIC (Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos), esta evaluación se realizó en base a análisis de Zn, Pb, As y análisis de microorganismos mohos y levaduras, parámetros basados en la norma oficial mexicana **nom-119-ssa1-1994**.

Obteniéndose los siguientes resultados, para el colorante del mortiño (antocianinas), < 0.01 de As, 6.1 mg/Kg de Pb, 12.2 mg/Kg de Zn; para el colorante de Tuna (betalaínas), < 0.01 de As, 6.1 mg/Kg de Pb, 3,6 mg/Kg de Zn estos resultados se encuentran dentro de la normativa, que establece que las antocianinas y betalaínas deben tener no más de: 1 mg/ Kg para el As , 10 mg/Kg para el Pb, 100 mg/Kg para el Zn; de igual manera se obtienen para el colorante de uvilla (β -Carotenos) los valores de, < 0.01 de As, 3,2 mg/Kg de Pb, 5.2 mg/Kg de Zn que también cumplen con la norma, cuyos valores para los (β - Carotenos) no deben ser mayores a: 3 mg/ Kg para el As , 10 mg/Kg para el Pb, 100 mg/Kg para el Zn además de estas pruebas se realizaron análisis microbiológicos, en esta normativa solo se especifica valores de mohos y levaduras que no debe superar más de 100 colonias/Kg, dando como resultado ausencia de mohos y levaduras en los tres colorantes.

4.1.14 Resultados de validación del colorante en un producto

Tabla 33-4: Estabilidad del colorante aplicado en el yogurt natural a temperatura de refrigeración

Fecha	Aplicación del colorante en el yogurt natural	pH	Color
17/04/2018	Mortiño	4,6	rojo intenso
	Uvilla	4,61	Amarillo intenso
	Tuna	4,64	Naranja
19/04/2018	Mortiño	4,6	rojo intenso
	Uvilla	4,61	Amarillo intenso
	Tuna	4,64	Naranja
25/04/2018	Mortiño	4,58	rojo purpura
	Uvilla	4,57	Amarillo
	Tuna	4,62	Naranja
03/05/2018	Mortiño	4,57	rojo purpura
	Uvilla	4,54	Amarillo
	Tuna	4,6	Amarillo
17/05/2018	Mortiño	4,3	Rosado
	Uvilla	4,4	Amarillo
	Tuna	4,45	Amarillo pardo
23/05/2018	Mortiño	4,07	Rosado
	Uvilla	4,18	Amarillo pardo
	Tuna	4,22	Amarillo pardo

Realizado por: Walter Macas, 2018

Se realizó la aplicación del colorante en un yogurt natural Toni con un pH de 4,26 ya que este cumple con los parámetros aptos para su consumo, para determinar la cantidad necesaria para

aplicar el colorante se utilizó dos yogurts como blancos el de mora y el de durazno y se determinó que en 100ml de yogurt se necesitó 2ml de colorante de mortiño, 3 ml de colorante de uvilla y 3ml de tuna. Para la estabilidad del yogurt se realizó mediciones de pH del colorante a una temperatura de refrigeración de 10°C durante cinco semanas tal como se presentan en la **Tabla 33-4**.

Se obtuvo como resultado que el pH del yogurt con el colorante permanece estable hasta la tercera semana a partir de la cuarta semana comienza a bajar volviéndose ácido, de igual manera su color varía desde un color intenso hacia un color opaco menos intenso, los resultados muestran que la vida útil del producto fue de aproximadamente cinco semanas lo que coincide con el tiempo indicado por el fabricante en la etiqueta del mismo, esto quiere decir que el colorante a estas condiciones, no altera al producto que va a ser aplicado en este caso el yogurt, siendo aptas para su consumo, cumpliéndose así uno de los objetivos planteados.

Tabla 34-4: Estabilidad del colorante aplicado a la crema chantilly a temperatura ambiente

Fecha	Aplicación del colorante en la crema chantilly	Temperatura °C	pH	Color
23/05/2018	Mortiño	17,7	6,79	rojo intenso
	Uvilla	17,5	6,72	Amarillo intenso
	Tuna	17,6	6,73	Naranja
24/05/2018	Mortiño	18	6,72	rojo intenso
	Uvilla	18	6,69	Amarillo intenso
	Tuna	18	6,67	Naranja
25/05/2018	Mortiño	17	6,15	rojo purpura
	Uvilla	17,3	6,03	Amarillo
	Tuna	17,5	6,01	Naranja
28/05/2018	Mortiño	19	5,21	Rosado
	Uvilla	18,7	5,06	Amarillo pardo
	Tuna	18,5	5,05	Amarillo pardo

Realizado por: Walter Macas, 2018

Asimismo se aplicó 10 ml de colorante obtenido en 250 ml de crema chantilly con un pH de 6,51 ya que este cumple con los parámetros aptos para su consumo, se realizaron mediciones de pH durante una semana a temperatura ambiente tal como se presenta en la **Tabla 34-4**.

El pH de la crema chantilly aplicado los colorantes a temperatura ambiente comienza a bajar a partir del tercer día, de igual manera su color es menos intenso, entonces estos resultados indican que el tiempo de vida útil del producto a temperatura ambiente no tendrá una larga duración debido a que este tiene que mantenerse a una temperatura de refrigeración.

4.2 Pruebas de hipótesis

4.3.1 Hipótesis 1

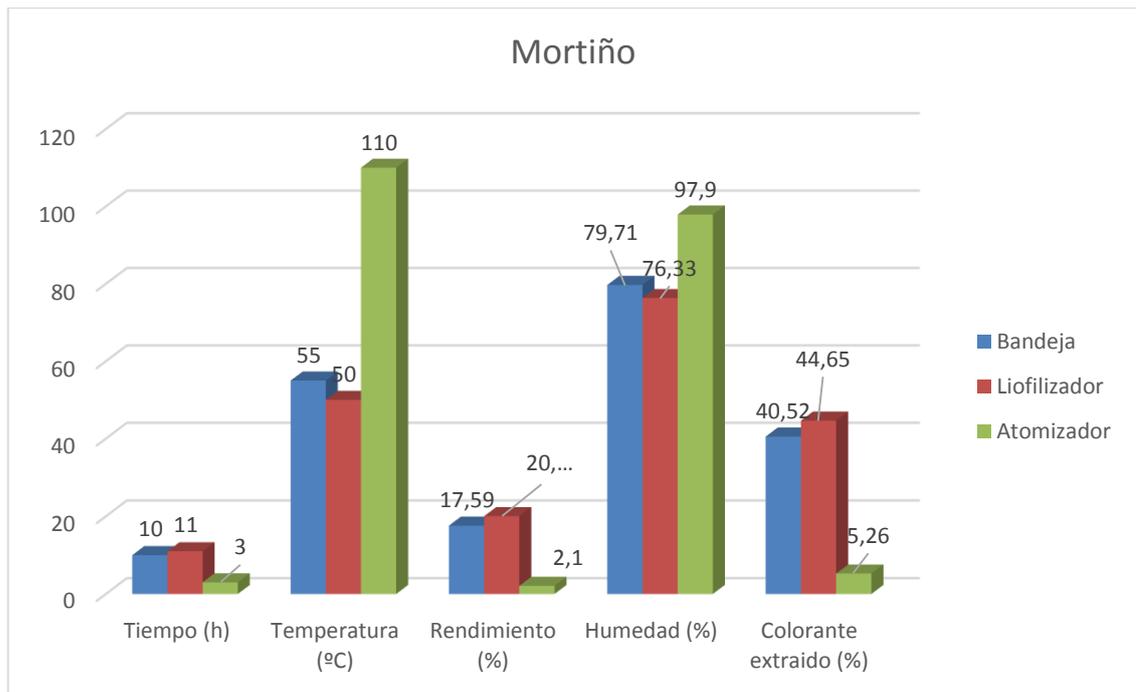
*Mediante un análisis de laboratorio y una revisión bibliográfica se podrá analizar físico-química y sensorialmente el mortiño (*Vaccinium mytillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*), que nos servirá como orientación científica y punto de partida para el desarrollo de este estudio.*

A través de un análisis físico-químico en el laboratorio, conjuntamente con los análisis proximal, sensorial, minerales, grasas, etc., de la revisión bibliográfica se logró caracterizar las fruta, mortiño (*Vaccinium mytillus L.*), uvilla (*Physalis peruviana*) y tuna (*Opuntia ficus-indica*), utilizadas como materia prima, dicha información nos sirvió como orientación científica para la obtención de nuestros colorantes naturales

4.3.2 Hipótesis 2

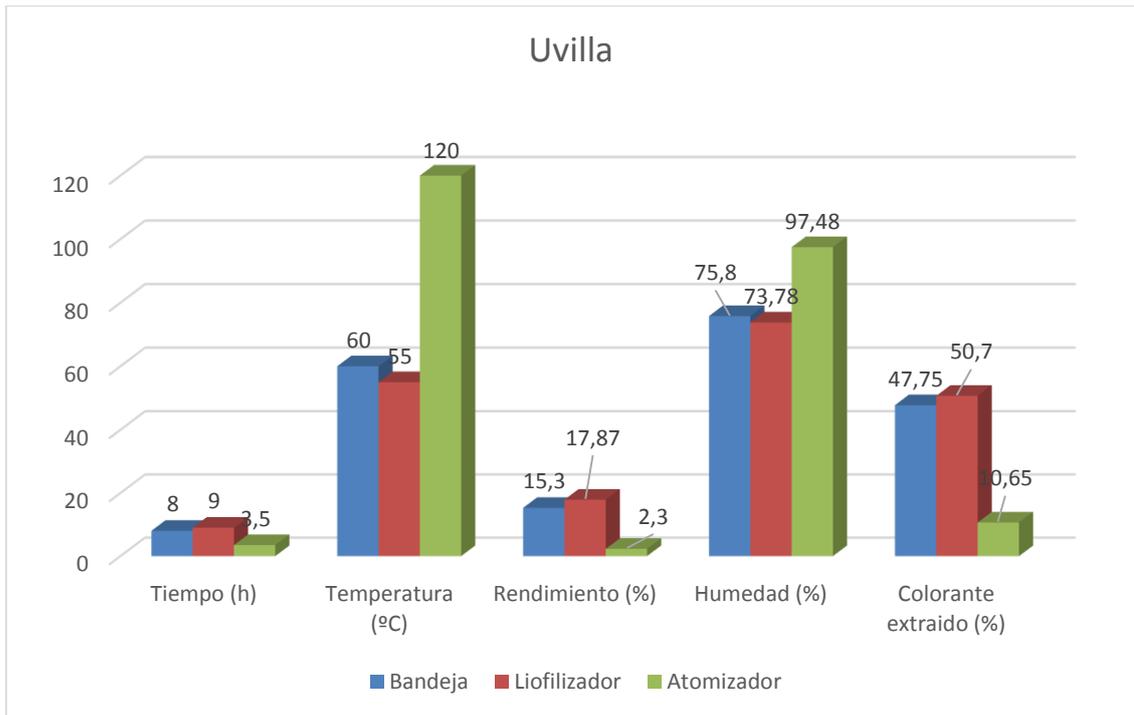
Con la evaluación de los tres métodos de secado (liofilización, Atomización, y secado de bandejas), se busca determinar que método de secado es el más adecuado para la obtención de los colorantes naturales.

De los tres métodos de secado (liofilización, Atomización, y secado de bandejas) se determinó que el mejor método de secado fue el secado por liofilización, esto se consiguió mediante la evaluación de las variables de cada secador tal y como se observan en las siguientes gráficas



Gráfica 13-4: Diagrama de evaluación de los métodos de secado para la obtención de colorante de mortío
Realizado por: Walter Macas, 2018

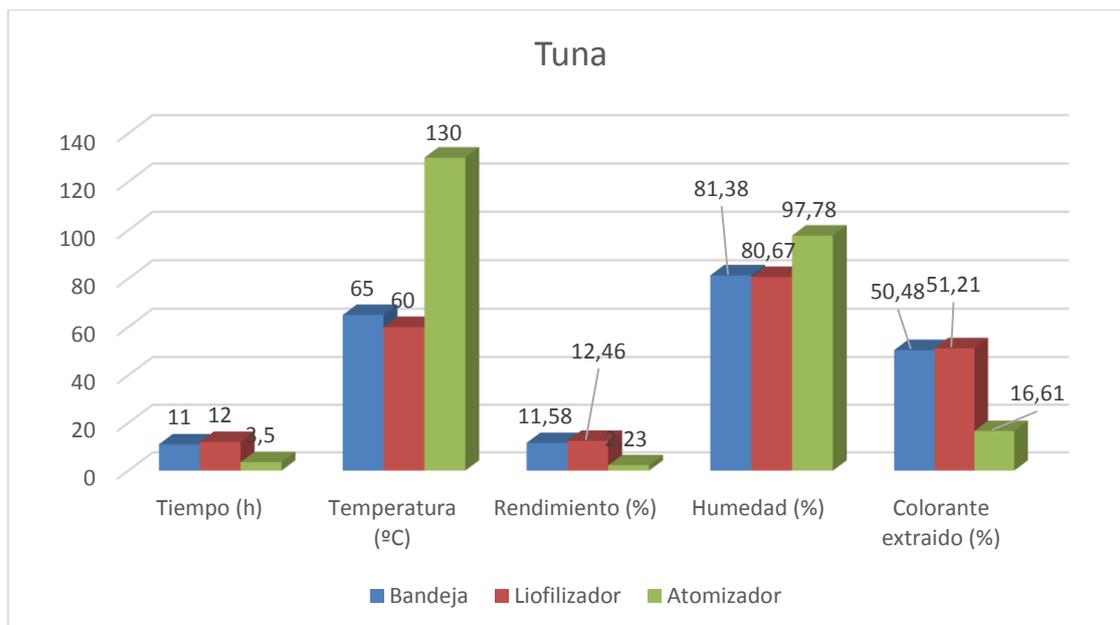
En la **Gráfica 13-4** se observa como el secador por liofilización a pesar de tener un mayor tiempo de secado, una temperatura y un porcentaje de eliminación de humedad mínima en comparación con los otros dos tipos de secado, sin embargo tiene un mayor rendimiento y un mayor porcentaje de colorante extraído, aunque es similar al del secador de bandejas, con una diferencia mínima de igual manera se considera al Liofilizado como el mejor método de secado para la obtención de colorante natural de mortío. Por otro lado el secador por atomización tiene un % de Humedad mayor pero debido a su elevada temperatura no se puede obtener un buen rendimiento de colorante extraído.



Gráfica 14 -4: Diagrama de evaluación de los métodos de secado para la obtención de colorante de natural de uvilla.

Realizado por: Walter Macas, 2018

Asimismo en la **Gráfica 14-4** se observa como el secador por liofilización a pesar de tener un mayor tiempo de secado, una temperatura y un porcentaje de eliminación de humedad mínima en comparación con los otros dos tipos de secado, sin embargo tiene un mayor rendimiento y un mayor porcentaje de colorante extraído, razón primordial por la que se considera a este método de secado como el mejor para la obtención de colorante natural de uvilla.



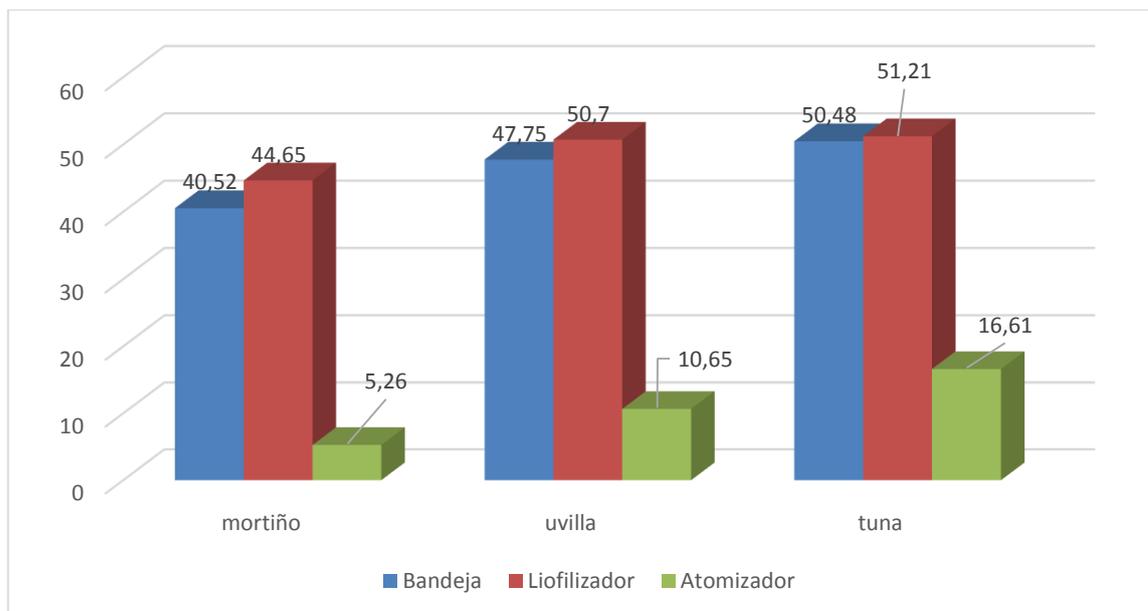
Gráfica 15-4: Diagrama de evaluación de los métodos de secado para la obtención de colorante de natural de tuna

Realizado por: Walter Macas, 2018

Del mismo modo en la **Gráfica 15-4** se observa como el secado por liofilización es considerado como el mejor método de sacado para la obtención de colorante natural de tuna, diferenciándose de los secadores de bandejas y atomización en su mayor rendimiento y porcentaje de colorante extraído.

4.3.3 Hipótesis 3

Con la determinación del rendimiento colorantes naturales, se podrá seleccionar el método más adecuado para su obtención.



Gráfica 16-4: Rendimiento del colorante extraído en base a los tres tipos de secado
Elaborado por: Macas Walter, 2018

Con la determinación del mayor rendimiento de colorante extraído en el equipo Soxhlet **Gráfica 16-4** se observa claramente como en los colorantes obtenidos de tuna, mortiño y uvilla en los tres casos tienen un mayor rendimiento de extracción los colorantes procedentes del secado por liofilización en comparación con el secador de bandejas y atomizado, esto se evidencia en la **Tabla 26-4**, donde se muestran las longitudes de onda y absorbancias obtenidas en el espectrofotómetro Uv-Visibe, estas lecturas sirvieron para realizar una comparación bibliográfica de las λ , según el **REGLAMENTO (UE) N o 231/2012** las longitud de onda para las antocianinas (515-535 nm), β - Carotenos (453-456 nm) y betaxantinas (474 nm), las cuales resultaron similares a las absorbancias que se obtuvieron originarias del secado por liofilización.

4.3.4 Hipótesis 4

En base a la determinación de los parámetros basados en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994, se realizará la evaluación de los colorantes naturales obtenidos.

Una vez elegido el mejor método de secado para la obtención de los colorantes naturales se realizó la evaluación de los mismos en base a la determinación de los parámetros establecidos en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994, esta evaluación se realizó en base a análisis de Zn, Pb, As y análisis de microorganismos mohos y levaduras, estas pruebas se efectuaron en el laboratorio SAQMIC obteniéndose resultados positivos porque todos los colorantes cumplen con la normativa mexicana esto aporta a su grado de calidad **Anexo B.**

4.3.5 Hipótesis 5

Con la aplicación de los colorantes naturales en diferentes productos, se podrá validar los colorantes obtenidos.

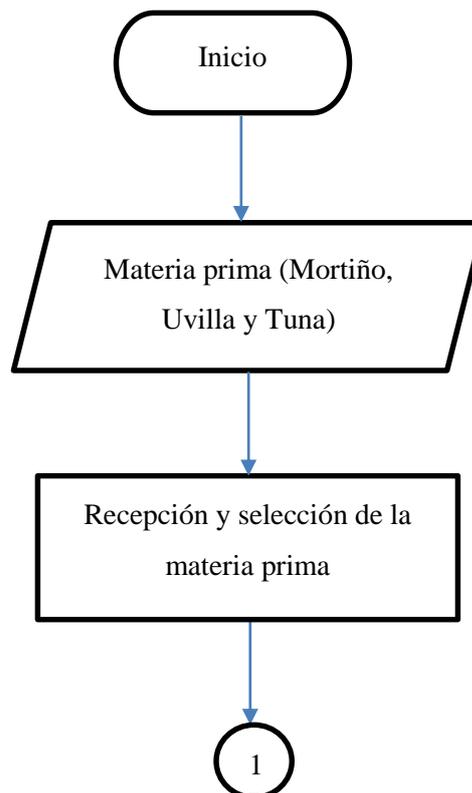
La validación de los colorantes obtenidos se realizó en la aplicación en yogur Toni natural donde se determinó que en 100ml de yogurt se necesitó 2ml de colorante de mortiño y 3 ml de colorante de uvilla y 3ml de tuna, la estabilidad del yogurt a una temperatura de refrigeración de 10°C dio como resultado que su pH permanece estable hasta la tercera semana a partir de la cuarta semana comienza a bajar volviéndose ácido, de igual manera en la aplicación de la crema chantilly su estabilidad el pH a temperatura ambiente comienza a bajar a partir del séptimo día, la dosificación se aplicó la normativa general para los aditivos alimentarios Codex Stan 192-1995 donde se tiene un máximo de 50 mg como máxima dosificación para productos lácteos.

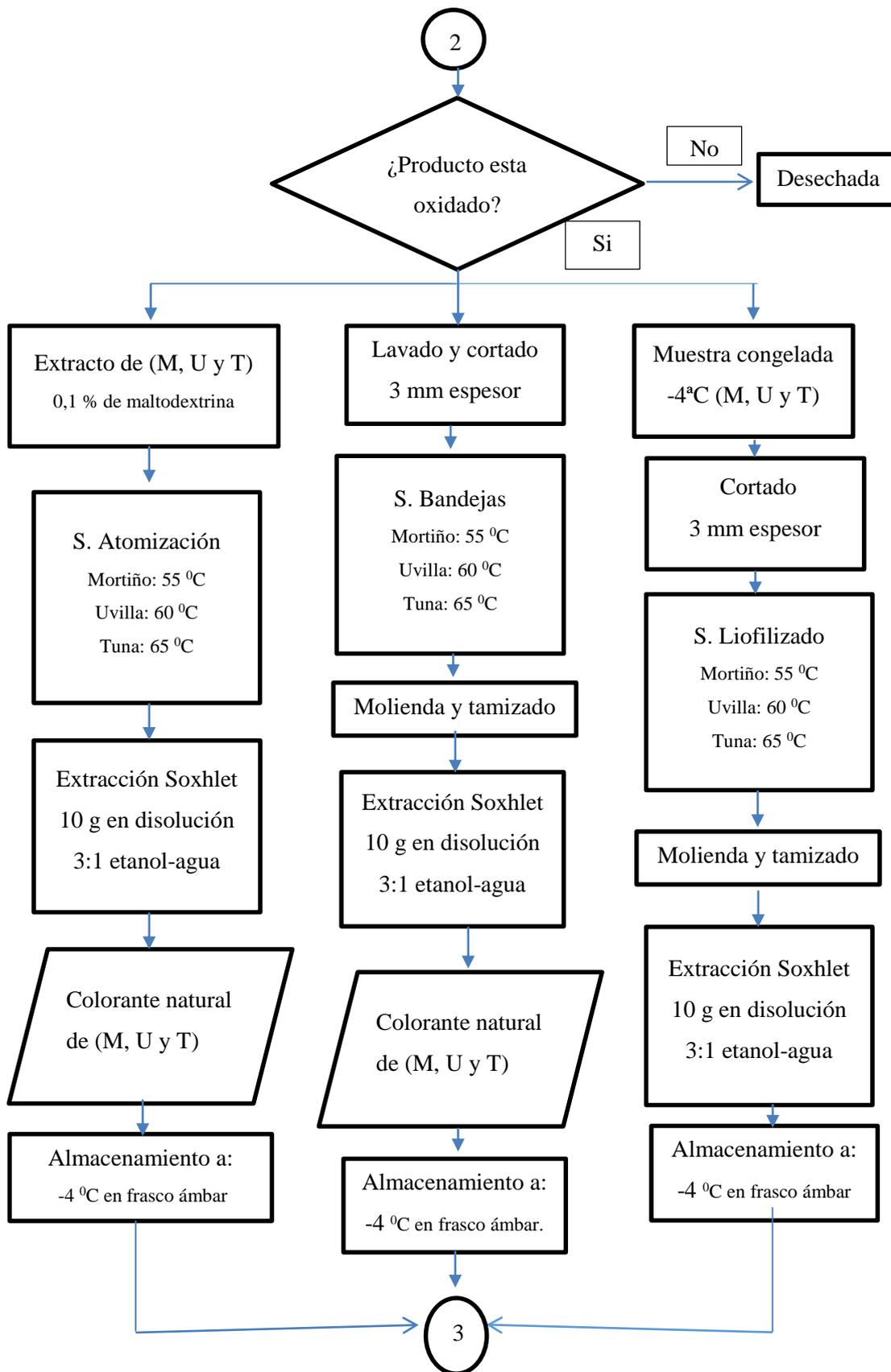
CAPÍTULO V

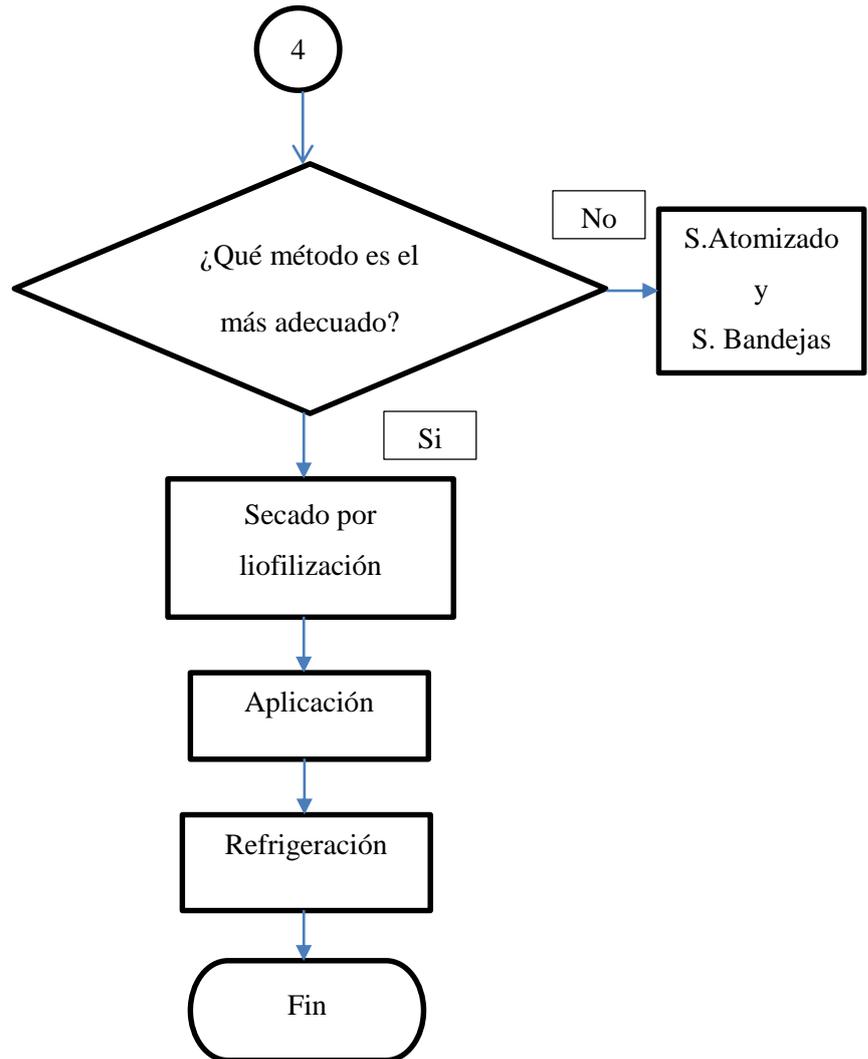
5 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1 Propuesta para la solución del problema

El estudio de investigación planteado sugiere obtener colorantes naturales de mortiño, uvilla y tuna a partir de secado por Liofilización, debido a que este método utiliza bajas temperaturas, que ayuda a que el colorante sea más estable y sus pigmentos no se degraden ni se oxiden, obteniéndose un producto de mejor calidad.







- **Selección de materia prima**

Se procedió con la realización de colorantes naturales como primer paso se realiza la selección de materia prima esta tiene que estar en su punto de madurez, si esta oxidada o existe un degrado en su color este no es apto para la obtención,

- **Secado**

Como segundo punto aplicamos el secado, en este caso aplicamos el método de bandejas, liofilización y atomización en donde se evaluaron los tres métodos, el secado de bandejas se realiza a temperaturas de 55 °C para el mortiño, uvilla a 60°C y para la tuna 60 °C, para el liofilizado se necesita un pre-congelamiento a – 4°Cy luego su secado a una temperatura de 50 °C para el mortiño, uvilla a 55°C y para el tuna 60 °C, para el secado por atomización se realiza

un extracto de mortiño, uvilla, y tuna con el 10 % de maltodextrina, y el secado por bandejas ,obteniéndose como resultado que el mejor es el secado por Liofilización.

- **Extracción Soxhlet**

Como tercer paso se procede a la extracción de los pigmentos mediante equipo Soxhlet esta tiene que estar previamente molida, excepto en el atomizado el cual se obtiene un secado en polvo, después evaluamos cada método por el rendimiento de secado, humedad eliminada, cantidad de colorante extraído del cartucho con el cual el mejor método por los resultados fue los colorantes procedentes del secado por liofilización los colorantes obtenidos por este método fueron aplicados en yogur crema chantilly. Para conservar su color es almacenado a temperatura de refrigeración.

5.2 . Costos de implementación de la propuesta

Para la elaboración de este proyecto de investigación se realizó una utilización de los siguientes recursos económicos que se detallan a continuación:

En la **Tabla 1-5** se presentan los costos de materia prima para el secado de las frutas donde van a ser los mismos tanto para el secador de bandejas con el de liofilización exceptuando los costos de pre-congelamiento del liofilizado.

Tabla 1-5: Costos del secado de Bandejas y de Liofilización

Materia prima	Cantidad a secar (g)	Producto secado (g)	Rendimiento de secado (%)	Costo por 1Kg (\$)	Repeticiones	Costo Total (Kg)
Mortiño	1000,00	175,93	17,59	3,50	3,00	10,50
Uvilla	1000,00	153,04	15,30	1,00	3,00	3,00
Tuna	1000,00	115,83	11,58	2,00	3,00	6,00

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Tabla 2-5:** se presenta los costos de la materia prima con sus tres repeticiones, en la **Tabla 55-5** se observa los costos del insumo utilizado en este caso 10% de maltodextrina para cada extracto.

Tabla 2-5: Costos de materia prima para el secado por Atomización

Materia prima	Cantidad a secar (g)	Extracto (ml)	Producto secado (g)	Rendimiento de secado (%)	Costo por 1Kg (\$)	Repeticiones	Costo Total (Kg)
Mortiño	1000,00	500,00	21,00	2,10	3,50	3,00	10,50
Uvilla	1000,00	800,00	23,00	2,30	1,00	3,00	3,00
Tuna	1000,00	750,00	22,33	2,23	2,00	3,00	6,00

Realizado por: Walter Macas, 2018

Tabla 3-5 Costos de insumos para el atomizado

Insumo	Materia prima insumo	Extracto (ml)	10 % maltodextrin/L de extracto	Costo (1,5\$x 100g)	Repeticiones	Costo Total (\$)
Maltodextrina	Mortiño	500	50	0,75	3	2,25
	Uvilla	800	80	1,2	3	3,6
	Tuna	750	75	1,125	3	3,375
Total	-	2050	205	3,075	9	9,225

Realizado por: Walter Macas, 2018

A continuación en la **Tabla 4-5** se presentan los costos totales materia prima e insumos utilizados para el secado por atomización para cada fruta.

Tabla 4-5: Costos totales para el secado por atomización

Materia prima insumo	Costo de materia prima (\$)	Costo de maltodextrina utilizada (\$)	Costo Total (\$)
mortiño	10,50	2,25	12,75
Uvilla	3,00	3,6	6,60
Tuna	6,00	3,375	9,38

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Tabla 5-5** se observan los costos que conlleva la extracción Soxhlet para cada tipo de secado para las obtención de los colorantes naturales, lo cual se utilizó una disolución 3:1 de etanol- agua destilada, papel filtro y frascos ámbar para su almacenamiento

Tabla 5-5: Costos del método de extracción Soxhlet

Materia Prima e Insumos	Costo por litro (\$)	Materia seca	Para hacer una disolución 3:1 etanol agua (400 ml)	Costo Unitario (\$)
Etanol	2	Mortiño	300 ml	0,6
		Uvilla	300 ml	0,6
		Tuna	300 ml	0,6
Agua Destilada	1	mortiño	100 ml	0,1
		Uvilla	100 ml	0,1
		Tuna	100 ml	0,1
Papel filtro	1	-	1	1
Frasco ámbar	1	-	1	1
Total	-	-	-	4,1

Realizado por: Walter Macas, 2018

Una vez elegido el mejor método secado que resultaron los colorantes naturales procedentes del secado por Liofilización se realizaron los análisis de laboratorio para los mismos, en la **Tabla 6-5** los costos de análisis de laboratorio para cada colorante natural obtenido.

Tabla 6-5: Costo de análisis de laboratorio

Análisis de laboratorio	Numero	C/U (\$)
Sólidos Totales	1	4
Arsénico	1	6
Plomo	1	6
Zinc	1	6
Mohos y levaduras	1	12
Análisis de espectrofotometría	1	20
Total		54

Realizado por: Walter Macas, 2018

En la **Tabla 7-5** se presentan los costos totales que conllevan los tres procesos de secado y la extracción Soxhlet para cada uno de ellos más los análisis de laboratorio exceptuando los costos de maquinaria y mano de obra.

Tabla 7-5: Costo del proceso para obtener Colorantes Naturales

Método de Secado	Productor (\$)	Costo por secado (\$)	Costo Método Soxhlet (\$)	Costo de análisis (\$)	Costos total por tres repeticiones (\$)	Costo total por unidad (\$)
Bandejas	Mortiño	10,50	4,10	54	68,60	22,867
	Uvilla	3,00	4,10	54	61,10	20,367
	Tuna	6,00	4,10	54	64,10	21,367
Liofilización	Mortiño	10,5	4,10	54	68,60	22,867
	Uvilla	3	4,10	54	61,10	20,367
	Tuna	6	4,10	54	64,10	21,367
Atomización	Mortiño	12,75	4,10	54	70,85	23,617
	Uvilla	6,6	4,10	54	64,70	21,567
	Tuna	9,375	4,10	54	67,48	22,492

Realizado por: Walter Macas, 2018

CONCLUSIONES

- Los valores obtenidos en los análisis fisicoquímicos de las frutas fueron: para el mortiño (3.24 de pH, 0.9645 de densidad, 9.7228 de °Bx, 1.4200 de nD y 7.82 % SA), para la uvilla (3.66 de pH, 0.9863 de densidad, 14.7766 de °Bx, 1.3920 de nD y 8.21 % SA) y por ultimo para la tuna (6.10 de pH, 0.9863 de densidad, 13.7091 de °Bx, 1.3513 de nD y 7.73 % ST).
- Los valores obtenidos en los análisis fisicoquímicos de los colorantes naturales fueron: para el mortiño (4.24 de pH, 0.9145 de densidad, 17.5334 de °Bx, 1.3642 de nD y 27.58 % SA), para la uvilla (4.70 de pH, 0.9492 de densidad, 10.6852 de °Bx, 1.3593 de nD y 22.04 % SA) y por ultimo para la tuna (4.70 de pH, 0.9492 de densidad, 10.6852 de °Bx, 1.3593 de nD y 22.04 % ST).
- A través de la evaluación de los tres métodos de secado (liofilización, bandejas, y atomizado) se estableció que el método más adecuado es el secado por Liofilización a temperatura de 50 °C para el mortiño, 55 °C para la uvilla y 60 °C para la tuna
- Tienen un mayor rendimiento de extracción los colorantes naturales procedentes del secado por Liofilización obteniéndose un 44.65% para el mortiño, 50.70% para la uvilla y 51.21% para la tuna
- A través de una evaluación de los colorantes naturales obtenidos de mortiño, uvilla y tuna basados en análisis de Zn, Pb, As, mohos y levaduras, todos los colorantes cumplen con los parámetros establecidos en la norma oficial mexicana nom-119-ssa1-1994.
- Mediante la aplicación en el yogur Toni natural; con un tiempo de vida útil de más de 30 días se validaron los colorantes naturales obtenidos del secador por liofilización.

RECOMENDACIONES

- Para el secado en el liofilizador, el congelado de la materia prima debe ser a una temperatura menor a -4°C con cortes de fruta de 3mm de diámetro en el caso del mortiño se recomienda hacer orificios en la parte interna de la fruta.
- Luego del secado de la fruta se debe esperar un mínimo de 30 minutos para triturarla en el molino debido a que la fruta deshidratada tiene un aspecto maleable.
- En la realización del método de extracción Soxhlet utilizar dedales de extracción whatman, ya que al realizar con papel filtro no se podrá obtener un colorante más concentrado, estos dedales que permiten tener mayor alimentación en el equipo de Extracción Soxhlet del contenido en polvo de cualquier material secado.
- Para el almacenamiento de los colorantes obtenidos almacenarlos en frascos ámbar porque son fotosensibles además tienen que estar a una temperatura de -4°C para su almacenamiento, con esto se evita la degradación de sus pigmentos.
- Purificar los colorantes para su aplicación al menos con dos sifonamientos en el equipo Soxhlet para disminuir la cantidad de etanol presente que podría afectar al aplicarlo en un producto comestible.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, Z., Ulloa, C. & Hidalgo, P. *Plantas útiles de los Páramos de Zuleta* [en línea]. Quito-Ecuador: PPA-EcoCiencia, 2009, p. 9 [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en:
<http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/144716-opac>

Altamirano, M. *Estudio de la cadena productiva de uvilla (Physalis peruviana L.) en la Sierra norte del Ecuador (tesis).(Maestría).* Universidad San Francisco de Quito,(Quito).2010. pp. 21-25.

Amaya, E. *Cultivo de tuna (Opuntia ficus indica).* Trujillo_Perú: Gerencia Regional Agraria La Libertad., 2009, pp. 12-15.

Badui, S., Armenta, R., Guerrero, I. & López, E. *Química de los alimentos*[en línea].. Cuarta ed. México: Pearson Educación, 2016, pp. 402-407. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en:
<https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quimica-de-los-alimentos1.pdf>

Bao, I., et al. "Journal of Agricultural and Food Chemistry". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*[en línea], (2008), (United State of America),1(5) pp. 420-425. . [Consulta: 22 marzo 2018]. Disponible en:
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf8002015>

Beattie, J., Crozier, A. & Duthie, G. "Potential health benefits of berries". *Current Nutrition & Food Science*, (2005), (2008), (United State of America),1. pp. 71-86. [Consulta: 22 marzo 2018]. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/276957450>

Berk , Z. "Chapter 23 – Freeze drying (lyophilization) and freeze concentration". *Food Science and Technology* [en línea]. 3^a ed, 2018, (Israel), pp. 567–581. [Consulta: 26 marzo 2018]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812018-7.00023-3>

Boroze , T., Desmorieux, H., Méot, J. & Marouzé. "Inventory and comparative characteristics of dryers used in the sub-Saharan zone: Criteria influencing dryer choice.". *Renewable and Sustainable Energy Review* [en línea], 2014, 40), pp. 1240–1259. [Consulta:1 abril del 2018]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.058>

Brito, H. *Texto básico de Operaciones Unitarias III*. 1a ed. Riobamba-Ecuador: Edit. CRD-XEROX., 2001, p.20

Bui, A., Ngyen, . & Joachim, "laboratory study on glucose concentration by osmotic distillation in hollow fibre module". *Journal of food engineering [en línea]*, 2004, 63 (2), pp. 237-245. [Consulta:1 abril del 2018]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.07.005>

Calvo, I. El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana*). Cali-Colombia: *Microcuenca Plantón - Pacayas*, 2009, pp. 1-112.

Cano Lasso, P. A. *Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir del tomate de árbol, mortiño, y mora de castilla como alternativa colorante natural para alimentos [En línea]* (tesis).(Maestría) Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí. 2011.pp. 21-24. [Consulta: 26 marzo 2018]. Disponible en:
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4929>

Canter, P. & Ernst, E. "Anthocyanosides of *Vaccinium myrtillus* (bilberry) for night vision-a systematic review of placebo-controlled trials". *Survey of Ophthalmology*, n°50 (2004). pp. 38-50.

Castellar, M., Obón, J., Alacid, M. & Fern, J." Fermentation of *Opuntia stricta* (Haw.)". *Fruits for Betalains Concentration*, Volumen 56 (2008), (United State of America), p. 4253–4257.

Castro, A., Rodríguez, L. & Vargas E. "Secado de uchuva (*Physalis peruviana* L) por Aire caliente con pretratamiento de Osmodeshidratación". *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 2(2008.), (Medellin-Colombia) pp. 226-231.

Chiang, . H. C., Jaw, S. M. & Chen, C. F. Inhibitory effects of physalin B and physalin F on various human leukemia cells in vitro.. *Anticancer Res*, n°4(2015), (United States of America), p. 1155–1162.

Coba , P., Coronel, D., Verdugo, K. & Paredes, M. "Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional". *La Granja Rev. Ciencias la Vida*, Volumen 16 (2012), (Medellín-Colombia), pp. 5-13.

Cooperstone & Schwartz. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. United states: Thomas Bechtold and Rita Mussak, 2016, p. 25

Dean, J."Prolabo Application Book Organic Extraction". *Application Sheet*, (2000) pp. 300-301.

Delgado-Vargas , F., Jiménez , A. & Paredes-López , O., Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins, and Betalains — Characteristics, Biosynthesis, Processing, and Stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 40 n°3 (2012), pp. 173-289.

Delgado-Vargas, F. y otros. "Natural pigments". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (2004), pp. 173-289..

Dikshit, R. & Tallapragada, P. "Chapter 3 – Comparative Study of Natural and Artificial Flavoring Agents and Dyes".. *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes* Elsevier, ed., 2018 pp. 83-111.

El-Mostafa, K., El-Kharrassi, Y., Badreddine, A. & Kebbaj, M. "Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease". *Molecules*, Vol.19 n°9(2014), pp. 14879–14901.

Escobar, L., Alzate, G., Echeverry, A. & Toro, J. *Conozcamos y usemos el mortiño*. Medellín:., 3ra edición ed.2009, p. 72

Fellows, P. "23 – Freeze drying and freeze concentration". *Food Processing Technology*. s.l.:Fourth Edition, 2017, p. 929–945.

Fischer, G. & Miranda, D. *Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Bogotá: FISCHER, G. (Ed.), 2012, pp. 851-873..

Fisher, G. *Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)*. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia: Flórez, V.J.; Fischer, H.; Sora, A.D. (Ed.), 2000, p.9-26

Gallardo de la Puente, C. *El Mortiño la Perla de los Andes*. Quito: Miguel Burneo M, Carolina Pérez ed., 2015, p.9

Galvis, J. A., Fischer, G. & Gordillo, O. P. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)*. Colombia, Bogotá: Fischer, G.; Miranda, D.; Piedrahíta, W.; Romero, J. (Ed.), 2005.

Gustavsson J. "Global Food Losses and Food Waste– Extent, Causes and Prevention." *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* 2011, pp. 64-135.

He, J. A. & Giusti, M. M. "Anthocyanins: Natural Colorants with Health-Promoting". *Annual Review of Food Science and*, Volumen 1 (2010), pp. 163-187.

Juntamay, R, *Evaluación nutricional de la uvilla (*Physalis peruviana* L.) deshidratada a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas*, Riobamba-Ecuador: 2010, p.32

Luque de Castro, M. & Priego-Capote, F. "Soxhlet extraction. Past and present panacea." *Journal of Chromatography*, Vol. 1217(2010), p. 2383–2389.

Luteyn. "Preliminary analysis of the genetic diversity and population. *Biochemical". Systematics and Ecology.* 2002, p. 68.

Medina, I., Lobo, M., Castaño, A. & Cardona, L. "Análisis del desarrollo de plantas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swart.) bajo dos sistemas de propagación". clonal y sexual. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, Vol. 16 n° 1(, (2015), pp. 115-167.

Ndubisi , A., Lovelyn , N., Oluwakemi , E. & Joseph , C." Energy and exergy analyses of native cassava starch drying in a tray dryer". *Energy*, Volumen 73 (2014), pp. 809-817.

NOM-119-SSA1-1994, *Norma oficial mexicana bienes y servicios. Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes orgánicos naturales. Especificaciones sanitarias.*

Otálora , M., Carriazo , J., Iturriaga , L. & Nazareno, M. "Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents". *Food Chemistry*, Vol. 187 (2015), p. 174–181.

Petroviciu et al." Analysis of natural dyes from Romanian 19th–20thcentury ethnographical textiles by DAD-HPLC, Dyes Hist. Archaeol". *Dyes Hist. Archaeol.* (2002), pp. 57-62.

Ramesh , K. & Young-Soo , K. "Carotenoid extraction methods". A review of recent developments. *Food Chemistry*, Vol. 240 (2018), pp. 90-103.

Rashmi , D. & Padmavathi , T. "Chapter 3 – Comparative Study of Natural and Artificial Flavoring Agents and Dyes". *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes.* 2018, pp. 83-111.

Rouanet, J., Décordé, K., Del Rio, C. & Auger, C. "Berry juices, teas, antioxidants and the prevention of atherosclerosis in hamsters." *Food Chemistry*, Issue. Vol.118.(2010), pp. 266-271.

Saini, R., Shetty, N., Prakash, M. & Giridh. "Effect of dehydration methods on retention of carotenoids, tocopherols, ascorbic acid and antioxidant activity". *Journal of Food*, Vol.51, n° 9 (2017), p. 2176–2182.

Seifried , H., Anderson, D., Fisher, E. & Milner, J. "A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species". *Journal of Nutritional Biochemistry*, Vol. 18n n° 9 (2007), pp. 567-579.

Silva, . K. N. & Agra, M. F. "Comparative pharmacobotanical study on *Nicandra physalodes* and *Physalis angulata* (Solanaceae)." *Braz J. Pharmacogn.*, Vol. 15 n°4(2005), p. 344–351.

Tontul , I. & Topuz, A. "Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties". *Trends in Food Science & Technology*, Volumen 63(2017), pp. 91-102.

Treybal, R. E.. *Operaciones de transferencia de masa*. México: 2 ed.McGraw-Hil, 2011, p.181

Trujillo,. *El cultivo de Tuna” Opuntia ficus indica..* Perú: Gerencia Regional Agraria La Libertad.2014., pp. 1554-1888.

Vargas, J.. *Deshidratación de mortiño (vacciniumfloribundum) y su empleo en la elaboración de chocolate blanco y con leche en la empresa de confites “el salinerito” parroquia salinas, cantón guaranda, provincia bolívar, Guaranda-Ecuador: 2012, pp.14-15*

Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, . J. & Kamal-Eldin. "Chemical Composition and Phenolic Compound Profile of Mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth)". *J. Agric. Food Chem*, n° 57 (2009), pp. 8274-8281.

Verma, A. & Singh, S. "Spray drying of fruit and vegetable juicesda review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 55 (2015), pp. 701-719.

Wilkes, A. & Williams, D. "Measurement of humidity". *PHYSICS, n° 5* (2018), pp. 1-4.

Zakir, S., Noureddine, M. & Nahid, S. "Design of a laboratory experiment for the performance analysis of a retrofitted tray dryer unit". *Education for Chemical Engineers*, Vol. (2016), pp. 1-10.

ANEXOS

Anexo A Norma oficial mexicana NOM-119-SSA1-1994

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-119-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. MATERIAS PRIMAS PARA ALIMENTOS, PRODUCTOS DE PERFUMERÍA Y BELLEZA. COLORANTES ORGÁNICOS NATURALES. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Salud.

JOSÉ MELJEM MOCTEZUMA, Director General de Control Sanitario de Bienes y Servicios,
por

acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 38, fracción II, 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 194 fracción I de la Ley General de Salud; 2o. fracción III, 659, 1238, 1243 y demás aplicables del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios; 8o. fracción IV y 13 fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría de Salud.

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones sanitarias que deben cumplir los colorantes orgánicos naturales.

2. Referencias

Esta norma se complementa con lo siguiente:

NOM-038-SSA1-1993 Colorantes orgánicos sintéticos. Especificaciones sanitarias generales.

NOM-116-SSA1-1994 Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o Gasa.

NOM-117-SSA1-1994 Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

NOM-118-SSA1-1994 Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes inorgánicos. Especificaciones sanitarias.

Antocianinas

- Sinónimos: Anthocyanes; Anthocyan (antocianas)
- Clase: Sales de benzopirilo
- Número de Código: Schultz (1931) 1394
- Nombre Químico: Las antocianinas son glicósidos de sales de 2-fenilbenzopirilo, en su mayoría derivados de hidroxilados. Los aglucones de las antocianinas se denominan antocianidinas.
- Peso molecular:
 - Pelargonidina: 306,72
 - Cianidina: 322,72
 - Peonidina: 336,74
 - Delfinidina: 338,72
 - Petunidina: 352,74
 - Malvidina: 366,77
- Color: Rojo, violeta o azul
- Solubilidad: Todas las antocianidinas son solubles en agua.
- pH: 5,0
- Pureza
 - Arsénico (como As); no más de 1 mg/kg
 - Plomo (como Pb); no más de 10 mg/kg

b-Caroteno

- Sinónimos: CI Natural Yellow 26; CI Natural Brown 5;
- CI Food Orange 5; Natural b-Carotene; Mixed Carotenes
- Clase: Caroteno
- Números de Códigos: CI (1956) 75130
- CI (1975) 75130
- b-caroteno CI (1975) 40800
- Schultz 1403
- Peso molecular: 536,89
- Color: Amarillo a naranja rojizo
- Descripción:
 - Cristales rojos en estado puro

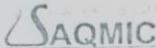
- Solubilidad: Los carotenos son insolubles en agua, ligeramente solubles en etanol y solubles hasta 1% en los aceites vegetales.
- Punto de fusión: a-caroteno: 187°C
b-caroteno: 176-182°C
G-caroteno: 178°C
- Pureza
Arsénico (como As); no más de 3 mg/kg
Plomo (como Pb); no más de 10 mg/kg

Betanina

- Sinónimos: Rouge de betteraves
- Clase: Betanina.
- Nombre Químico: Betanina 1-[2-(2,6dicarboxi-1,2,3,4-tetra-hidroxi-4-piridilideno)-etilideno]-5- b-D-glucopiranosil-oxi-6-hidroxindolium-2-carboxilato.
- Peso molecular: 550,48
- Descripción: Líquido, pasta o polvo color rojo o rojo pardo.
- Color: Rojo
- Solubilidad: Fácilmente soluble en agua, insoluble en alcohol absoluto.
- Pureza:
Nitrato; no más de 2 g de anión nitrato/g de color rojo
Arsénico (como As); no más de 1 mg/kg
Plomo (como Pb); no más de 10 mg/kg
Mercurio (como Hg); no más de 1 mg/kg
Metales pesados; no más de 40 mg/kg
Material volátil; no más de 4%
Cenizas insolubles en ácidos; no más de 0,5%
Contenido de color rojo expresado como betanina; no menos de 0,4

Anexo B Análisis en base a la Norma oficial mexicana NOM-119-SSA1-1994

a)


 Contáctanos: 0998580374 - 032924322
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 10 de mayo del 2018
 Análisis solicitado por: Sr. Walter Macas
 Tipo de muestras: Colorante vegetal de Mortiño
 Localidad: Riobamba

Determinaciones	Unidades	Resultados
Arsénico	mg/Kg	< 0.01
Piomo	mg/Kg	6.1
Zinc	mg/Kg	12.2
Sólidos Totales	%	27.64
Mohos y Levaduras	UFC/mL	Ausencia

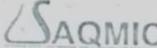
Observaciones:

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LABORATORIO
 Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.


 Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos
 Dra. Gina Álvarez
 Tel. 2 924 322 // Cel. 0998580374

b)


 Contáctanos: 0998580374 - 032924322
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 10 de mayo del 2018
 Análisis solicitado por: Sr. Walter Macas
 Tipo de muestras: Colorante vegetal de Uvilla
 Localidad: Riobamba

Determinaciones	Unidades	Resultados
Arsénico	mg/Kg	< 0.01
Piomo	mg/Kg	3.2
Zinc	mg/Kg	5.2
Sólidos Totales	%	22.02
Mohos y Levaduras	UFC/mL	Ausencia

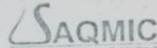
Observaciones:

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LABORATORIO
 Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.


 Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos
 Dra. Gina Álvarez
 Tel. 2 924 322 // Cel. 0998580374

c)


 Contáctanos: 0998580374 - 032924322
 Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 10 de mayo del 2018
 Análisis solicitado por: Sr. Walter Macas
 Tipo de muestras: Colorante vegetal de Tuna
 Localidad: Riobamba

Determinaciones	Unidades	Resultados
Arsénico	mg/Kg	< 0.01
Piomo	mg/Kg	2.3
Zinc	mg/Kg	3.6
Sólidos Totales	%	27.64
Mohos y Levaduras	UFC/mL	Ausencia

Observaciones:

Atentamente,


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LABORATORIO
 Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.


 Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos
 Dra. Gina Álvarez
 Tel. 2 924 322 // Cel. 0998580374

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”			
a) Análisis para el mortiño	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	CHIMBORAZO	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ESCALA	FECHA	LÁMIN
b) Análisis para la Uvilla	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS		1:1	12/06/2018	A
c) Análisis para la Tuna	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	REALIZADO POR:	Walter Julio Macas Rivera			
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR					
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR					

Anexo C Pesaje de las frutas

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) Pesaje del mortiño	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	DE CHIMBORAZO			
b) Pesaje de la uvilla	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS	ESCALA	FECHA	LÁMINA
c) Pesaje de la tuna	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	1:1	12/06/2018	2
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR:			
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Walter Julio Macas Rivera			

Anexo D Secado del Mortiño

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) S. Bandejas del mortiño	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	DE CHIMBORAZO			
b) S. Liofilizado del mortiño	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS	ESCALA	FECHA	LÁMINA
c) S. Atomización del mortiño	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	1:1	12/06/2018	3
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR:			
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Walter Julio Macas Rivera			

Anexo E Secado de la Uvilla

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
a) S. Bandejas de la Uvilla	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO				
b) S. Liofilizado de la Uvilla	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO				
c) S. Atomización de la Uvilla	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
			1:1	12/06/2018	4

Anexo F Secado de la Tuna

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) S. Bandejas de la Tuna	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	DE CHIMBORAZO			
b) S. Liofilizado de la Tuna	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS	ESCALA	FECHA	LÁMINA
c) S. Atomización de la Tuna	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	1:1	12/06/2018	5
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR:			
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Walter Julio Macas Rivera			

Anexo G Extracción Soxhlet

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA						
a) Molienda del mortiño		DE CHIMBORAZO	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”					
b) Tamizado del mortiño	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS						
c) Tamizado de la uvilla	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA						
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	REALIZADO POR:						
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	Walter Julio Macas Rivera						
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA			
			1:1	12/06/2018	6			

Anexo H Molienda y Tamizado

a)



b)



c)



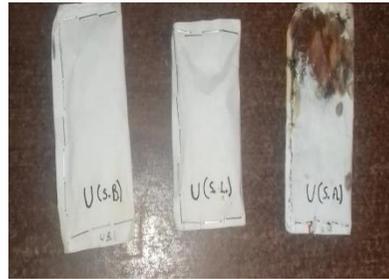
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) Extracción del mortiño	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	DE CHIMBORAZO			
b) Extracción de la uvilla	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS	ESCALA	FECHA	LÁMINA
c) Extracción de la Tuna	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	1:1	12/06/2018	7
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR:			
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Walter Julio Macas Rivera			

Anexo I Cartucho después de la extracción

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
a) Cartuchos del mortiño b) Cartuchos de la uvilla c) Cartuchos de la Tuna			1:1	12/07/2018	8

Anexo J Colorantes Naturales después de sus tres secados

a)



b)



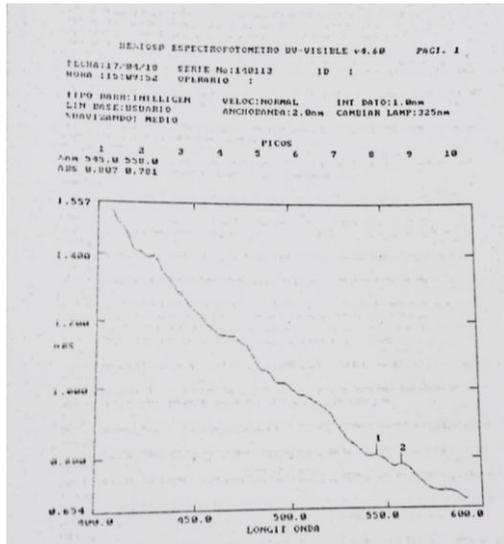
c)



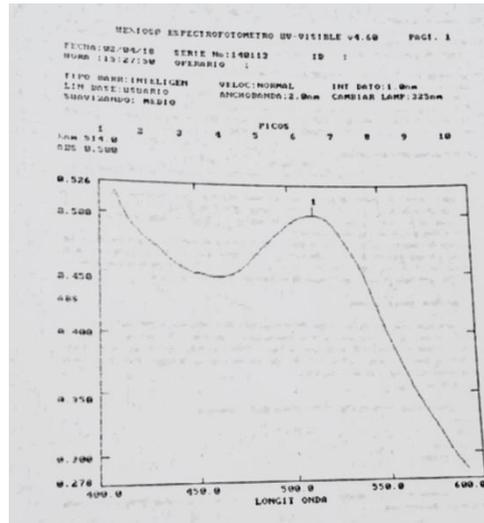
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) Colorantes naturales del mortiño b) Colorantes naturales de la uvilla c) Colorantes naturales de la Tuna	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	12/07/2018	9

Anexo K . Resultados del Espectrofotómetro Uv-Visible del Mortiño

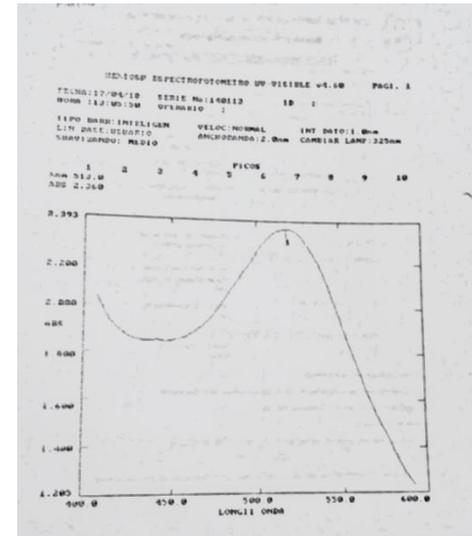
a)



b)



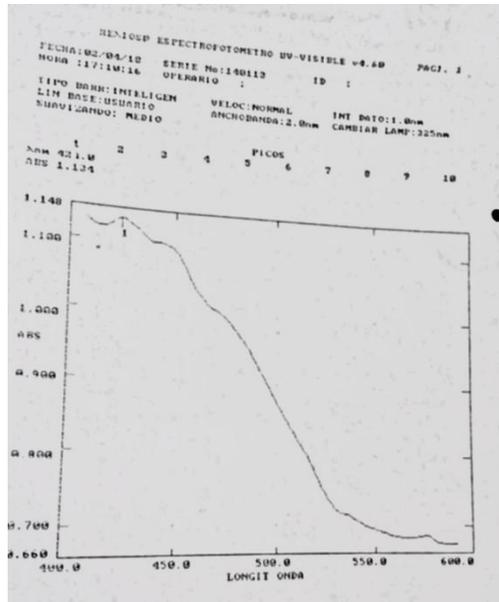
c)



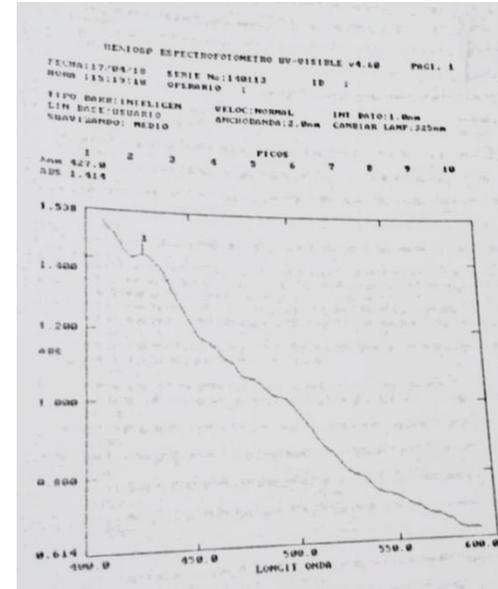
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
a) Espectrofotómetro Uv-Visible del Mortiño (S.B.)	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO		1:1	12/06/2018	10
b) Espectrofotómetro Uv-Visible del Mortiño (S.L.)	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO				
c) Espectrofotómetro Uv-Visible del Mortiño (S.A.)	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				

Anexo L Resultados del Espectrofotómetro Uv-Visible de la Uvilla

a)



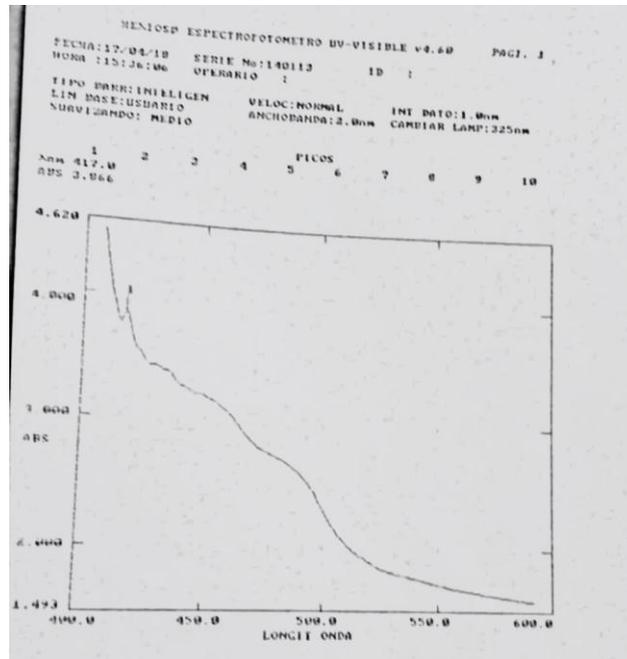
b)



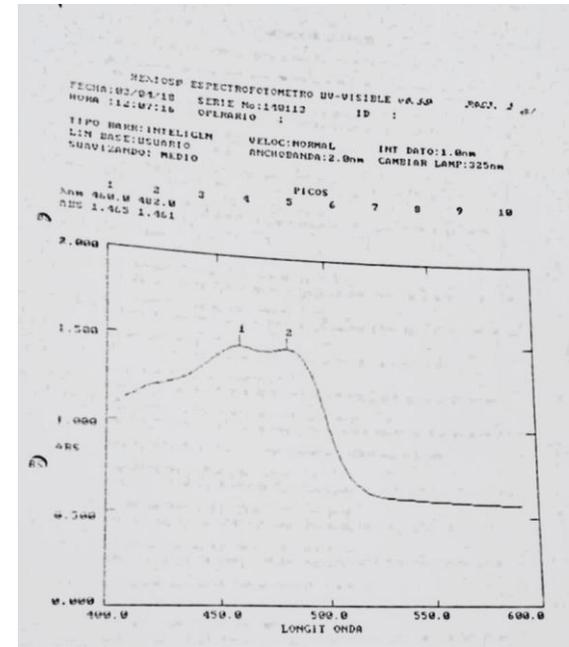
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) Espectrofotómetro Uv-Visible de la Uvilla (S.B.)	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera	ESCALA	FECHA	LÁMINA
b) Espectrofotómetro Uv-Visible de la Uvilla(S.L.)	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO		1:1	12/06/2018	11
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				

Anexo M . Resultados del Espectrofotómetro Uv-Visible de la Tuna

a)



b)



NOTAS a) Espectrofotómetro Uv-Visible de la Tuna (S.B.) b) Espectrofotómetro Uv-Visible de la Tuna (S.L.)	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
			ESCALA 1:1	FECHA 12/06/2018	LÁMINA 12

Anexo N Análisis Físico-químico

a)



b)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR		
a) Medición de pH	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	DE CHIMBORAZO	DE MORTIÑO (<i>Vaccinium mytillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis</i>		
b) Medición de °Brix	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	FACULTAD DE CIENCIAS	peruviana) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO		
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ALIMENTICIO”		
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR:	ESCALA	FECHA	LÁMINA
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Walter Julio Macas Rivera	1:1	12/06/2018	13

a)



b)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A		
a) Medición de la densidad	<input type="checkbox"/>	CHIMBORAZO	PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>), UVILLA		
b) Determinación de Sólidos totales	<input checked="" type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS	(<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA		
	<input type="checkbox"/>	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EL USO ALIMENTICIO”		
	<input type="checkbox"/>	REALIZADO POR:	ESCALA	FECHA	LÁMINA
	<input type="checkbox"/>	Walter Julio Macas Rivera	1:1	12/06/2018	14
	<input type="checkbox"/>				

Anexo O Aplicación del Colorante en el yogurt

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”		
a) C. Mortiño en el yogurt	DIAGRAMA	DE CHIMBORAZO			
b) C. Uvilla en el yogurt	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS	REALIZADO POR: Walter Julio Macas Rivera		
c) C. Tuna en el yogurt	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA			
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	12/06/2018	13

Anexo P Aplicación del Colorante en crema chantilly

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL	ESCUELA SUPERIOR						
a) C. Mortiño en crema chantilly	DIAGRAMA	POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	“OBTENCIÓN DE COLORANTES NATURALES A PARTIR DE MORTIÑO (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>), UVILLA (<i>Physalis peruviana</i>) Y TUNA (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA EL USO ALIMENTICIO”					
b) C. Uvilla en crema chantilly	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	FACULTAD DE CIENCIAS						
c) C. Tuna en crema chantilly	<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO	ESCUELA DE INGENIERÍA						
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	QUÍMICA						
	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	REALIZADO POR:						
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	Walter Julio Macas Rivera	ESCALA	FECHA	LÁMINA			
			1:1	12/06/2018	14			