



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE MEZCLAS DE  
JUGOS DE MORA-MORTIÑO Y MORA-REMOLACHA  
MICROENCAPSULADOS MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN

CONTRERAS DIOSES OSCAR DAVID  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA  
2019



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA  
SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE  
MEZCLAS DE JUGOS DE MORA-MORTIÑO Y MORA-  
REMOLACHA MICROENCAPSULADOS MEDIANTE SECADO  
POR ASPERSIÓN

CONTRERAS DIOSES OSCAR DAVID  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MACHALA  
2019



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA  
SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE MEZCLAS DE JUGOS DE  
MORA-MORTIÑO Y MORA-REMOLACHA MICROENCAPSULADOS MEDIANTE  
SECADO POR ASPERSIÓN

CONTRERAS DIOSES OSCAR DAVID  
INGENIERO EN ALIMENTOS

MATUTE CASTRO NUBIA LISBETH

MACHALA, 14 DE FEBRERO DE 2019

MACHALA  
2019

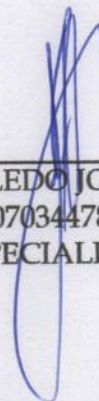
**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE MEZCLAS DE JUGOS DE MORA-MORTIÑO Y MORA-REMOLACHA MICROENCAPSULADOS MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

MATUTE CASTRO NUBIA LISBETH  
0703695478  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

SIGUENZA TOLEDO JOAQUIN DARWIN  
0703447854  
ESPECIALISTA 2



---

BRAVO BRAVO VERONICA PATRICIA  
0703690123  
ESPECIALISTA 3

Machala, 14 de febrero de 2019

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Titulación Contreras O..docx (D47428215)  
**Submitted:** 1/30/2019 11:48:00 PM  
**Submitted By:** ocontreras\_est@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 8 %

### Sources included in the report:

TESIS Katerine Burneo.docx (D31728314)  
Saavedra Baca & Tavera Guerrero.docx (D33758822)  
Tesis Johanna González.docx (D37969245)  
Celi Bonilla Xavier Eduardo urkund.docx (D24154280)  
BASTIDAS ANAHI -PROYECTO INTEGRADOR (1).docx (D43761825)  
T\_CAZORLA\_Rev1-1.pdf (D39041927)  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/9473/1/01107466.2013.pdf>  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16534/1/T-UCE-0005-CEC-070.pdf>  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28230/1/03%20T.AL.pdf>  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3332/1/110856.pdf>  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7753/1/T-UCE-0015-392.pdf>  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4551/Aza%C3%B1a%20-%20Vivanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1694/TESIS%20LLIMPE%20REZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<http://bdigital.unal.edu.co/52522/1/1106778773.2016.pdf?fbclid=IwAR1QHIfUIcV4y6ws2WtHXJARXZYbpb09p5lSr3gCyaNDS8kbML08sYnLiT8>  
<http://bdigital.unal.edu.co/47240/1/197569.2013.pdf>

### Instances where selected sources appear:

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CONTRERAS DIOSES OSCAR DAVID, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y NUTRICIONAL DE MEZCLAS DE JUGOS DE MORA-MORTIÑO Y MORA-REMOLACHA MICROENCAPSULADOS MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

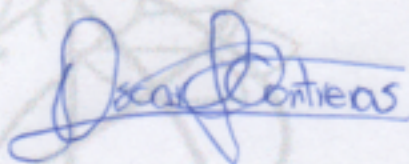
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de febrero de 2019



CONTRERAS DIOSES OSCAR DAVID  
0704662212



## *DEDICATORIA*

*Dedicado a Dios, por darme fuerza y guiarme en este proceso de vida.*

*A mis padres, por todo su amor y apoyo durante todos estos años,  
y a todas las personas que de alguna u otra manera aportaron con un granito de arena,  
compartiendo sus conocimientos y experiencias.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mis padres por permitirme ser parte de esta familia, inculcándome y enseñándome buenos valores que me permiten crecer como persona y gracias por darme la oportunidad de poder culminar mis estudios y seguir creciendo profesionalmente.

A mi tutora de tesis Ing. Nubia Lisbeth Matute Castro y a la Dra. Mercedes Campo Fernández por guiarme con sus recomendaciones para la realización del proyecto de titulación.

Agradecer a la Universidad Técnica de Machala y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en México en especial a las Facultades de Ciencias de la Salud por permitirme desarrollar mi trabajo de titulación especialmente la parte experimental.



## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar físico química y nutricionalmente la mezcla de jugos de mora-mortiño y mora-remolacha microencapsulados mediante secado por aspersión utilizando maltodextrina (MD) y goma arábica (GA) como agentes encapsulantes. El secado por aspersión es una técnica que nos permite conservar propiedades nutricionales de los alimentos, por medio de la formación de microcápsulas que protegen al compuesto activo de agentes externos que degeneran su tiempo de vida útil como la luz, humedad, calor, etc. En el desarrollo de esta investigación se seleccionó como materias primas de estudio a dos frutas (mora y mortiño) y una hortaliza (remolacha), las cuales se sometieron a un previo lavado y sanitizado. A las pulpas se le realizó la caracterización fisicoquímica, y luego se micro encapsularon por medio del equipo Spray dryer modelo B-290, BUCHI, usando los siguientes parámetros de trabajo: temperatura de entrada de 150° C, flujo de paso de aire pulverizado 536 l/h, 37.5 m<sup>3</sup>/h de aspiración (equivalente al 95%) y velocidad de bomba de 9 mL/min (equivalente al 30% del rendimiento de la bomba). Se trabajó con 4 muestras: T1 (50:50 mora-mortiño y 70:30 MD-GA), T2 (50:50 mora-mortiño y 50:50 MD-GA), T3 70:30 mora-remolacha y 70:30 MD-GA) y T4 (70:30 mora-remolacha y 50:50 MD-GA). A los polvos obtenidos se les realizó análisis fisicoquímico (contenido de humedad, evaluación del color, capacidad de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad en agua), análisis morfológico (microscopia de la cápsula por microscopía electrónica de barrido, SEM), y nutricionales (análisis de la actividad antioxidante usando diferentes métodos: FRAP, ABTS, DPPH; análisis de actividad quelante, contenido de antocianinas, betaninas, betaxantinas y fenoles totales). Como resultado del análisis físico químico arrojó que, de las 3 pulpas; la mora presenta mayor contenido de humedad y cenizas, lo que indica que esta fruta aporta con contenido de minerales en los polvos micro encapsulados, el mortiño presentó menor contenido de pH, y por ende mayor acidez; y la remolacha sobresalió por su alto contenido de solidos solubles. En los polvos microencapsulados la humedad no presentó diferencias significativas durante los 6 días de análisis, la muestra que presentó mayor capacidad de hinchamiento, índice de absorción de agua mayor solubilidad en agua fue la muestra T1, con valores de (4,15 g, 0,73 g, 96,86 % respectivamente). En la evaluación del color todas las muestras se mantienen en la zona de color rosa intenso. Mediante el análisis SEM, se observó variabilidad en las muestras, algunas presentaron

tamaños grandes y pequeños con forma ovaladas y de textura lisa, mientras que otras capsulas no presentaron forma alguna y eran de textura rugosa. En el análisis nutricional se determinó que todas las muestras presentan elevada actividad antioxidante, sin embargo, la muestras T1 y T2 presentan mayor contenido de antocianinas, ya que el mortiño es quien contribuye en su mayoría con este componente, y para el contenido de betaninas y betaxantinas la mezcla T3 y T4 presentaron mayor valor debido a que estos componentes están presentes en elevadas concentraciones en la remolacha. En conclusión, los polvos obtenidos podrían ser utilizados como matriz o insumo en la elaboración de bebidas funcionales debido a su alto contenido de antioxidantes.

**Palabras claves:** mora, mortiño, remolacha, microencapsulación, antioxidantes

## ABSTRACT

The aim of the present research work was to evaluate, in terms of nutritional and chemical aspects, blends of blackberry/Andean blueberry and blackberry/beet juices, spray-dried-microencapsulated using maltodextrin (MD) and gum Arabic (GA) as encapsulating agents. Spray-drying is a technique which allows to preserve nutritional properties in food through microcapsules formation which protect active compounds from external agents degenerating its viability such as light, humidity, heat, etc. two fruit types (blackberry and Andean blueberry) and one vegetable type (beet) were selected as raw materials; both were washed and sanitized. Physicochemical characterization was performed over pulps obtained, then micro-encapsulation was carried out with a spray-dryer BUCHI B-290. Inlet temperature was 150 ° C. Pulverized air-passing flow was 536 l/h. Aspiration was 37.5 m<sup>3</sup>/h (equivalent to 95%), and pump speed of 9 ml/min (equivalent to 30% pump performance). 4 samples were set as working subjects: T1 (50:50 blackberry-Andean blueberry, 70:30 MD-GA), T2 (50:50 blackberry-Andean blueberry, 50:50 MD-GA), T3 (70:30 blackberry-beet, 70:30 MD-GA), and T4 (70:30 blackberry-beet, 50:50 MD-GA). The following analysis were performed over obtained powders: moisture content, color evaluation, swelling capacity, water absorption, water solubility, capsule microscopy by SEM, antioxidant activity by FRAP, ABTS, DPPH, chelating activity, anthocyanin, betanin, betaxanthin, and total phenol contents. Results of physicochemical analysis shown blackberry pulp presented higher content of moisture and ash, indicating that the aforementioned might contribute with mineral content in micro-encapsulated powders. Andean blueberry presented lower pH content, therefore higher acidity; beet stood out for its high content of soluble solids. In micro-encapsulated powders, humidity presented any significant differences throughout 6 days of analysis. Sample 1 presented higher values concerning swelling capacity, water absorption index, and solubility in water with values of 4.15 g, 0.73 g, and 96.86%, respectively. Regarding color evaluation, the total number of samples remained in intense pink zone. Through SEM analysis, a degree of variability was observed in the samples; some had large and small sizes with oval shape and smooth texture whereas other capsules had any defined shape and had rough texture. Regarding nutritional analyses, high antioxidant activity was determined on each sample, albeit samples T1 and T2 shown higher anthocyanins content, due possibly to Andean blueberry contributing mostly with this component; concerning betanin and betaxanthins content, blends T3 and T4 presented higher values for these components occur in high

concentrations in beet. Therefore, the obtained powders might be used as matrix or input in functional beverages manufacturing due to their antioxidants high content.

**Keywords:** blackberry, Andean blueberry, beet, micro-encapsulation, antioxidants

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE ANEXOS.....	13
CAPÍTULO I .....	14
1. INTRODUCCIÓN .....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4. OBJETIVOS.....	17
1.4.1. Objetivo general .....	17
1.4.2. Objetivos específicos .....	17
1.5. HIPÓTESIS.....	18
1.5.1. Hipótesis nula .....	18
1.5.2. Hipótesis alternativa .....	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2. MATERIAS PRIMAS.....	19
2.1. MORA ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	19
2.1.1. Generalidades .....	19
2.1.2. Valor nutricional de la Mora ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	20
2.2. MORTIÑO ( <i>Vaccinium floribundum</i> ) .....	21
2.2.1. Generalidades .....	21
2.2.2. Valor nutricional de mortiño ( <i>Vaccinium floribundum</i> ).....	21
2.3. REMOLACHA ( <i>Beta vulgaris</i> ).....	22
2.3.1. Generalidades .....	22
2.3.2. Origen.....	23
2.3.3. Valor nutricional de la remolacha ( <i>Beta vulgaris</i> ) .....	23
2.4. MICROENCAPSULACIÓN.....	23
2.4.1. Generalidades .....	23
2.4.2. Métodos de microencapsulación.....	24
2.4.3. Microencapsulación por Secado por aspersión (Spray drying) .....	25

2.4.4.	Agentes utilizados en la Microencapsulación .....	27
2.5.	COMPONENTES BIOACTIVOS DE FRUTAS Y HORTALIZAS .....	28
2.5.1.	Antocianinas .....	28
2.5.2.	Fenoles totales .....	28
2.5.3.	Betalaínas .....	29
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS .....		30
3.1.	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS .....	30
a)	Humedad .....	30
b)	Cenizas .....	30
c)	Determinación de sólidos solubles.. .....	30
d)	Determinación de pH.....	30
e)	Determinación de acidez. ....	30
f)	Determinación del índice de madurez.....	31
3.2.	PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	31
3.2.1.	Extracción de los jugos .....	31
3.3.	OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE LOS MICROENCAPSULADOS .....	31
3.3.1.	Obtención de microencapsulados .....	31
3.3.2.	Caracterización del jugo microencapsulados .....	32
a)	Determinación del contenido de humedad.....	32
b)	Índice de solubilidad, Índice de absorción de agua y capacidad de hinchamiento de los polvos microencapsulados.....	32
c)	Evaluación de color .....	33
d)	Microscopia electrónica de barrido (SEM).....	34
3.4.	DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS NUTRICIONALES. ....	34
3.4.1.	Preparación de los extractos microencapsulados .....	34
3.4.2.	Antocianinas .....	34
3.4.3.	Determinación de Betaninas y Betaxantina .....	35
3.4.4.	Contenido Total de fenoles .....	35
3.4.5.	Análisis de la actividad antioxidante y quelante por métodos químicos .....	36
a)	Método DPPH .....	36
b)	Método ABTS .....	36
c)	Método FRAP .....	37
d)	Actividad quelante.....	37
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....	37
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		38

4.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	38
4.2. OBTENCIÓN DE LOS MICROENCAPSULADOS Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA. ....	39
4.2.1. Determinación de Humedad de los polvos microencapsulados al tiempo cero. ....	39
4.2.2. Determinación del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y capacidad de hinchamiento.....	40
4.2.3. Análisis de color de los polvos microencapsulados .....	41
4.2.4. Estudio preliminar de humedad. ....	42
4.3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POLVOS MICROENCAPSULADOS	43
4.4. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS NUTRICIONALES .....	45
4.4.1. Contenido de Antocianinas, Betaninas, Betaxantina y contenidos de fenoles totales	45
4.4.2. Contenido de actividad antioxidante y quelante por métodos químicos.....	46
CONCLUSIÓN .....	49
RECOMENDACIONES .....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS .....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valor nutricional de la mora ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	20
<b>Tabla 2.</b> Composición físico químicas del mortiño ( <i>Vaccinium Floribundum</i> ).....	22
<b>Tabla 3.</b> Composición físico químicas de la remolacha ( <i>Beta vulgaris</i> ).....	23
<b>Tabla 4.</b> Condiciones experimentales para el proceso de secado de los jugos Mora-Mortiño y Mora- Remolacha.....	32
<b>Tabla 5:</b> Composición físico química proximal de las materias primas.....	38
<b>Tabla 6.</b> Contenido de humedad de los polvos microencapsulados de Mora-Mortiño y Mora-Remolacha.....	39
<b>Tabla 7.</b> Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y capacidad de hinchamiento.....	39
<b>Tabla 8.</b> Características colorimétricas de las 4 muestras microencapsulados.....	41
<b>Tabla 9.</b> Comportamiento de la humedad de los polvos microencapsulados durante 6 días.....	42
<b>Tabla 10.</b> Contenido de Antocianinas, Betaninas, Betaxantina y contenidos de fenoles totales de Mora -Mortiño.....	45
<b>Tabla 11.</b> Contenido de Antocianinas, Betaninas, Betaxantina y contenidos de fenoles totales de Mora -Remolacha.....	46
<b>Tabla 12.</b> Actividad antioxidante y quelante por métodos químicos de Mora-Mortiño.....	47
<b>Tabla 13.</b> Actividad antioxidante y quelante por métodos químicos de Mora-Remolacha.....	47



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morfología de la planta de mora ( <i>Rubus glaucus</i> ).....	20
<b>Figura 2.</b> Mortiño ( <i>Vaccinium floribundum</i> ).....	21
<b>Figura 3:</b> Remolacha ( <i>Beta vulgaris</i> ).....	22
<b>Figura 4.</b> Ilustración esquemática de los diferentes métodos de microencapsulación...25	
<b>Figura 5.</b> Representación esquemática del spray drying.....	26
<b>Figura 6.</b> Secador por aspersión Spray dryer.....	31
<b>Figura 7.</b> Coordenadas L*a*b* representadas en el sistemas tridimensional .....	33
<b>Figura 8.</b> Cajas y bigotes de porcentaje de humedad.....	40
<b>Figura 9.</b> Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestra T1 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.....	43
<b>Figura 10.</b> Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestra T2 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.....	44
<b>Figura 11.</b> Fotografías de microscopia electrónica de barrido (SEM) de las muestra T3 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.....	44
<b>Figura 12.</b> Fotografías de microscopia electrónica de barrido (SEM) de las muestra T4 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Microencapsulación y análisis del contenido de humedad de los polvos.....	57
<b>Anexo 2.</b> Análisis fisicoquímicos de los polvos microencapsulados.....	57
<b>Anexo 3.</b> Evaluación de color y análisis morfológico de las microcápsulas.....	58
<b>Anexo 4.</b> Preparación de disoluciones para análisis de antioxidantes en las muestras.	58
<b>Anexo 5.</b> Análisis de compuestos antioxidantes en las muestras.....	59

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

A medida que pasan los años la industria evoluciona a pasos agigantados, su enfoque actual es el aporte nutricional y funcional de los alimentos que se diseñan, para lograr mantener inalterados los compuestos bioactivos de los alimentos, se han estudiado y aplicado diversos métodos, uno de los métodos más actuales, es el proceso de microencapsulación de compuestos bioactivos, mediante secado por aspersión, empleando como encapsulantes materiales como: maltodextrina, alginato de sodio, goma arábica, goma mezquite, gelatina, quitosano, almidones, etc (Acuña, García, Rosas, López, & Saínez, 2015). La técnica de microencapsulación se basa en formar una cápsula que protege al componente de interés de factores ambientales como la humedad y el calor que son los principales en afectar las propiedades funcionales del mismo. En la agroindustria la encapsulación es empleada mayoritariamente para el control de sabores, aromas y colorantes, así como la extracción y protección de activos funcionales y compuestos bioactivos. Materias primas como la remolacha (*Beta vulgaris*), mora (*Rubus glaucus*) y mortiño (*Vaccinium floribundum*) son fuentes ricas en compuestos activos, presentan cantidades relevantes de antioxidantes naturales como antocianinas y betaxantinas; los compuestos antioxidantes se caracterizan por ser sustancias que protegen al organismo de radicales libres, sin embargo son altamente sensibles a la temperatura, humedad y luz por lo cual es preciso emplear técnicas como la microencapsulación para protegerlos.

La demanda de estos compuestos bioactivos en la dieta de las personas ha inducido a la industria alimentaria a diseñar nuevos productos que incluyen estos compuestos funcionales. Esto genera beneficios a la tecnología alimentaria ya que se enfocan en el diseño, innovación y desarrollo de productos de alto valor agregado (Ortega, Jiménez, & López, 2011).

El presente trabajo consiste en evaluar físico química y nutricionalmente de mezcla de jugos de mora-mortiño y mora-remolacha microencapsulados mediante secado por aspersión utilizando maltodextrina y goma arábica como agentes encapsulantes.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Según la Organización Mundial de la Salud OMS, durante los últimos decenios, la obesidad, el sobrepeso y las enfermedades crónicas no transmisibles (ENT) han aumentado progresivamente en todos los grupos etarios y se han convertido en la causa principal de la muerte y la discapacidad en la Región de las Américas (55% de todas las causas en el 2012, según las estimaciones sanitarias mundiales de la OMS). El problema de las ENT está exacerbándose y coexiste con varias carencias nutricionales (como la ingesta baja de hierro, zinc, vitamina A, fósforo y otros micronutrientes) debida a la pobreza y a una alimentación monótona (no diversa) y sigue siendo importante en las subregiones andina, de Centroamérica y el Caribe (OMS, 2016).

Si bien es cierto, la industria alimentaria ha generado a través de los años productos innovadores, dando al consumidor múltiples opciones, sin embargo dichos alimentos no siempre mantienen las bondades nutricionales que sí tenían las materias primas a partir de las cuales fueron elaborados, por lo que podría decirse que en algunos casos, los procesos de fabricación afectan a la calidad y cantidad de nutrientes necesarios en la dieta diaria (Lastra & Vivanco, 2015).

La microencapsulación mediante secado por aspersion se ha convertido en una herramienta para proteger y conservar un sin número compuestos que forman parte de los alimentos. Según (Cazorla, 2018) la microencapsulación es capaz de secuestrar sólidos, líquidos y gases, protegiéndolos de la luz y el oxígeno y alargar su vida útil de los alimentos por su escaso contenido de agua.

Esta investigación procura generar bases científicas a través de las cuales se pueda fundamentar que los productos diseñados mantienen potencialidades nutricionales después de ser procesados bajo condiciones controladas en un sistema de secado por aspersion, con la finalidad de analizar si este método es una alternativa viable de aprovechamiento de frutas y hortalizas sin perjudicar completamente el contenido de nutriente y el valor biológico de los productos obtenidos a partir de estas materias primas.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Ecuador es un país con una gran biodiversidad, con especies y recursos enormes a la cual se le puede brindar valor agregado, para la comercialización a nivel nacional e internacional. El mercado durante estos últimos años ha tenido un incremento en el desarrollo industrial, desarrollando procesos que alarguen la vida útil del alimento y atributos sensoriales atractivos al consumidor. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de consumidores están rechazando estos productos debido su alto contenido de aditivos, por lo cual la industria alimentaria se encuentra en busca de alimentos más sanos, con alto valor nutricional, y lo más natural posible.

Actualmente ha surgido una técnica llamada microencapsulación mediante secado por aspersión, esta sirve para la transformación de concentrados de diferentes materias primas en concentrados en polvo, protegiendo su valor nutricional de factores que lo deterioran tales como el oxígeno, la luz, humedad y microorganismos alargando de esta manera su vida útil.

El secado por aspersión se caracteriza por ser una técnica económica y efectiva para la protección de jugos de frutas, dado que a menor humedad mayor es su vida de anaquel, se reduce sus costos y facilita su transporte y almacenamiento.

Las frutas y hortalizas son muy utilizadas en la industria alimentaria para algunas aplicaciones pero con algunas limitaciones. Este trabajo de investigación ofrece dar al consumidor una presentación que encapsule y a la vez resolver problemas que presenten las industrias

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar las propiedades físico químicas y nutricionales de las mezclas de jugos de mora-mortiño y mora-remolacha microencapsulados mediante secado por aspersión.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar propiedades física y composición química de las materias primas
2. Obtener los microencapsulados y evaluar las propiedades físicas y composición química y nutricional de los mismos
3. Analizar la influencia de diferentes mezclas de materiales de recubrimiento en el proceso de encapsulación de los jugos de Mora-Mortiño y Mora- Remolacha.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. Hipótesis nula**

**H<sub>0</sub>**= El uso de dos agentes encapsulantes no influyen significativamente sobre la calidad físico química y nutricional de los productos diseñados, con un nivel de confianza del 95%.

### **1.5.2. Hipótesis alternativa**

**H<sub>a</sub>**= El uso de dos agentes encapsulantes influyen significativamente sobre la calidad físico química y nutricional de los productos diseñados, con un nivel de confianza del 95%.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2. MATERIAS PRIMAS**

#### **2.1. MORA (*Rubus glaucus*).**

##### **2.1.1. Generalidades**

Originaria de las zonas tropicales de América como Ecuador, Colombia, Guatemala, México, Honduras y El Salvador (Villacrez j. , 2013). La mora, perteneciente a la familia Rubus, cuenta aproximadamente 250 especies. La planta de mora es perenne, forma un arbusto ramificado y sus tallos son rastreros con una longitud variable, pueden presentar o no espinas. Sus hojas presentan color verdoso en la parte superior y blanquecino en la parte inferior y sus bordes son aserrados. La floración se da en las puntas de sus ramas, casi siempre; estas son de color blanco y tienen un diámetro de 2 a 2,5 cm, su floración no es homogénea por lo cual sus frutos maduran de forma dispareja. Los frutos están formados por la unión de muchas drupas y cada una de ellas presentan una semilla, su tamaño es muy variado; cuando maduran, su color varía de color rojo a púrpura o rojo intenso (figura 1). Su mayor producción de fruto se da entre 5 y los 6 meses. Las óptimas condiciones para su cultivo son de rango de temperatura ambiental entre 11°C- 18°C, humedad relativa de 70%-80%, con alturas entre 1800 y 2400 msnm. El suelo ideal debe presentar textura franca, rica en materia orgánica y con una buena circulación de agua para evitar encharcamientos. Su reproducción se puede dar por semilla o por material vegetal (Franco & Giraldo). En Ecuador según el tercer Censo Nacional Agropecuario del Ecuador, se determinó el cultivo de 5300 hectáreas con una producción de 11500 ton anual de fruta (Viteri, Vásquez, Viera, Sotomayor, & Mejía, 2016). Los principales países importadores de mora ecuatoriana en el periodo 2004- 2008 son: Estados Unidos, España, Alemania y Holanda, siendo Estados Unidos el principal importador captando el 56%.





**Figura 1.** Morfología de la planta de mora (*Rubus glaucus*)

### 2.1.2. Valor nutricional de la Mora (*Rubus glaucus*)

En la tabla 1 se presente el valor nutritivo de la mora (*Rubus glaucus*) por 100g de muestra, existe variación dependiendo de la información de algunos autores o de diferentes partes del futo

**Tabla 1.** Valor nutricional de la mora (*Rubus glaucus*)

Componentes	Cantidad
Humedad (%)	84,2
Energía	58
Calcio (mg)	38
Glúcidos	13,20
Fibra (g)	5,30
Hierro (mg)	2,20
Proteína (g)	1,40
Grasa total	0,70
Vitamina A (mg)	3,33
Vitamina C (mg)	17

Fuente: (FUNIBER, 2017)

## 2.2. MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)

### 2.2.1. Generalidades

El mortiño (*Vaccinium floribundum*) perteneciente a la familia *Ericaceae* con más de 400 especies distribuidas en el Hemisferio Norte, montañas de las zonas tropicales de Asia, América Central, América del Sur y 92 especies en china. Estas especies son cultivadas por lo general en suelos acídicos, arenosos. Su planta puede alcanzar una altura de 2,5 metros, con un arbusto ramificado, hojas pequeña, con flores de color rosa. Fruto de color morado, cuyo diámetro aproximado está entre 5-8 mm, presentando semillas pequeñas que oscilan entre los 45 y 60. Es originaria del sudeste asiático con un aproximado de 40% de las especies (Cobo, 2014). En Ecuador existen 3 tipos de especies cultivadas en alturas que varía entre los 2800 y 4000 msnm, con temperaturas de 8 a 16° C entre ellos está *Vaccinium floribundum kunth* que ha sido patentada en nuestro país por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, especie cultivada en toda la Sierra Sur, las otras dos especies: *Vaccinium distichum* y *Vaccinium crenatum* cultivadas principalmente en la provincia de Azuay y Loja (Lalaleo, 2016). Lo frutos son comercializados para mercado local y es consumido principalmente para la preparación de colada morada una bebida típica Ecuatoriana para el día de los difuntos, en conservas, harinas, vinos o para ser usado en reposterías, por lo que son de fácil preparación y no necesita ser pelado (Trujillo, 2008).



**Figura 2.** Mortiño (*Vaccinium floribundum*)

### 2.2.2. Valor nutricional de mortiño (*Vaccinium floribundum*)

Los frutos poseen un alto contenido de compuestos medicinales y nutricionales debido a su alto contenido de compuestos fenólicos, antioxidantes y componentes como las vitaminas, antocianinas, celulosas entre otros como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Composición físico químicas del mortiño (*Vaccinium Floribundum*)

<b>Componentes</b>	<b>Cantidad</b>
Humedad (%)	80
Grasa (%)	1
Proteína (%)	0,7
Ceniza (%)	0,4
Carbohidratos totales (%)	18,1
Calorías (kcal/100g)	84
Vitaminas (mg/100g)	106,1
Contenidos fenólicos (mgAG/100g)	882

**Fuente:** (CORANTIOQUIA, 2003)

### **2.3. REMOLACHA (*Beta vulgaris*)**

#### **2.3.1. Generalidades**

La remolacha pertenece a la familia *Quenopodiaceae*, con un peso entre los 80 -200 gr con un color que varía de violáceo y anaranjado rojizo hasta el marrón. El color de la pulpa es rojo oscuro y se da por dos pigmentos en ellas está la Betacianina y la Betaxantina. Su raíz es gruesa y puede alcanzar un diámetro de entre 5-10 cm. La planta tiene un tiempo de vida corta, pudiendo alcanzar hasta 1 metro de altura, formando un tallo ramificado. La producción de remolacha en el ecuador es alta, de acuerdo al INEC (Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos) la provincia de Chimborazo ocupa el primer lugar en el cultivo, generando un promedio anual de 3736 toneladas métricas (INEC, 2016).



**Figura 3:** Remolacha (*Beta vulgaris*)

### 2.3.2. Origen

Su cultivo inició hace 4000 años en el norte de África. A inicios de esta época tuvo un crecimiento espontáneo y de forma silvestre. El consumo de la remolacha era solo las hojas.

### 2.3.3. Valor nutricional de la remolacha (*Beta vulgaris*)

En la siguiente tabla se detalla el valor nutricional de la remolacha por cada 100g de esta materia prima.

**Tabla 3.** Composición físico químicas de la remolacha (*Beta vulgaris*)

Componentes	Cantidad
Agua (%)	89,0
Hidrato de carbono (%)	6,40
Fibra (%)	3,10
Potasio (mg)	392,0
Sodio (mg)	73,0
Calcio (mg)	23,0
Fósforo (mg)	41,0
Vitamina C (mg)	10,0

**Fuente:** (Asimbaya, 2018)

## 2.4. MICROENCAPSULACIÓN

### 2.4.1. Generalidades

El proceso de microencapsulación se fundamenta en la incorporación de una matriz polimérica en una base, la cual tiene como finalidad proteger a los materiales encapsulados de factores externos como el calor y la humedad, permitiendo así mejorar su tiempo de vida útil, estabilidad y viabilidad, otra de su aplicación consiste en mantener el sabor y estabilidad de medicamentos y alimentos protegiéndolos como barrera de malos olores y sabores (Martín, Morales, Gallardo, & Ruíz, 2009). Esta técnica ha sido descrita como el proceso en que pequeñas partículas o gotas son rodeadas por un recubrimiento homogéneo o heterogéneo, para su posterior aplicación (Borgogna, Bellich, Zorzín, & Lapasin, 2010).

Otra definición de la Microencapsulación, describen a esta técnica como el proceso de obtención de una barrera que promueve el aumento de la vida útil retardando las reacciones químicas con el medio que lo rodea, la liberación del compuesto encapsulado a través del tiempo y la facilitación de su manipulación tras la conversión del material líquido o gaseoso a un forma sólida denominada microcápsula (Fang & Bhandari, 2010). El núcleo (ingrediente funcional o ingrediente activo) que puede ser gas, líquido o sólido es recubierto con un segundo material que es el encapsulantes o material de soporte, esta forma un recubrimiento que sirve para protección al núcleo, y lo aísla de su entorno hasta que sea liberado o reconstituido (Zuidam & Nedović, 2010).

Las principales aplicaciones de la técnica de la microencapsulación ocurren en las industrias farmacéuticas, alimenticias, agroindustrial, médica, textil entre algunas otras.

Dentro de la industria alimenticia, sus aplicaciones se basan en la protección de los materiales microencapsulados del calor y humedad, además que estas microcápsulas ayudan a los materiales empleados a resistir condiciones de procesamiento y empaçado ayudando a mejorar y mantener su sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de los productos (Montes, DePaula, & Ortega, 2007).

La técnica de microencapsulación permite a la industria alimenticia solucionar problemas de aplicación de ingredientes y aditivos alimentarios, ya que permite la extracción de saborizantes y colorantes naturales, así como también permite reducir la volatilidad, higroscopicidad y reactividad incrementando la estabilidad de productos bajo variadas condiciones ambientales (Favaro, Santana, Monterrey, & Trindade, 2010).

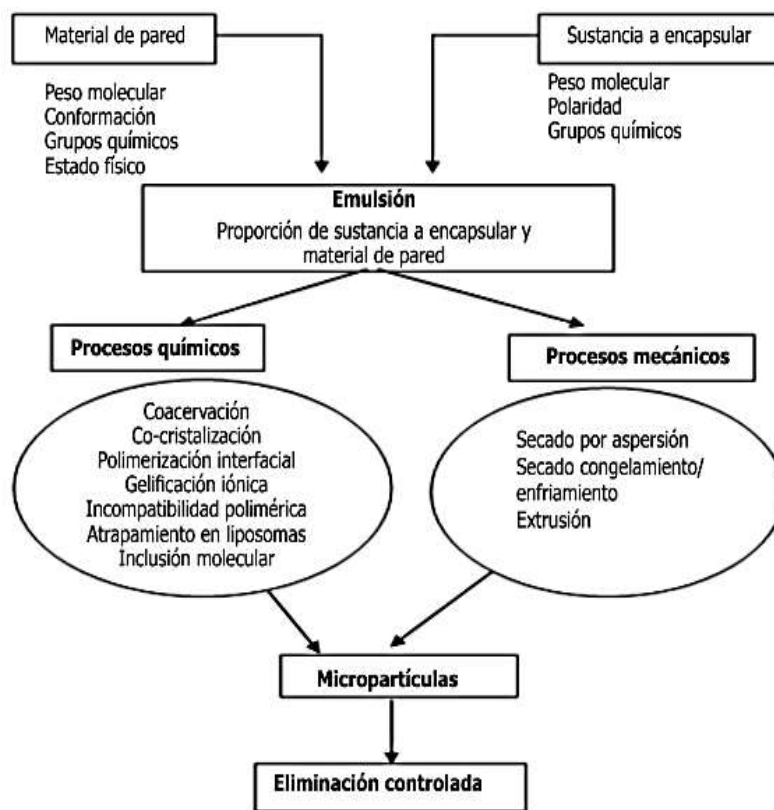
Al momento de seleccionar la técnica de microencapsulación se deben tomar en cuenta factores como: el tamaño de partícula, propiedades físicas del agente encapsulante, la sustancia a encapsular, las futuras aplicaciones del material encapsulado, mecanismo de liberación deseado y los costos del proceso (Martín, Morales, Gallardo, & Ruíz, 2009).

#### **2.4.2. Métodos de microencapsulación**

Este proceso se puede dividir en dos métodos (Madene, Scher, & Desobry, 2006):

- ❖ Procesos químicos: coacervación, co- cristalización, polimerización interfacial, gelificación iónica, incompatibilidad polimérica, atrapamiento por liposomas e inclusión molecular.

- ❖ Mecánicos: secado por aspersión, secado por congelamiento/ enfriamiento y extrusión.



**Figura 4.** Ilustración esquemática de los diferentes métodos de microencapsulación (Madene, Scher, & Desobry, 2006)

### 2.4.3. Microencapsulación por Secado por aspersión (Spray drying)

Este proceso consiste en la transformación de un fluido en estado líquido a un material en estado sólido, convirtiéndolo en pequeñas gotas tras ser sometidas a secado por aire caliente (Pedroza, 2002).

La técnica de spray drying es uno de los procesos más antiguos para encapsular compuestos activos, transforma una disolución, emulsión, suspensión o dispersión líquida en un producto seco y estable. En este proceso se diferencian tres etapas:

1. Se introduce el líquido o ingrediente activo, el vehículo y el material encapsulante en el equipo por medio de una bomba y se somete a atomización.
2. Este disolvente se va eliminando a medida que pasa una corriente de aire caliente lo que provoca que las partículas que están siendo atomizadas se sequen

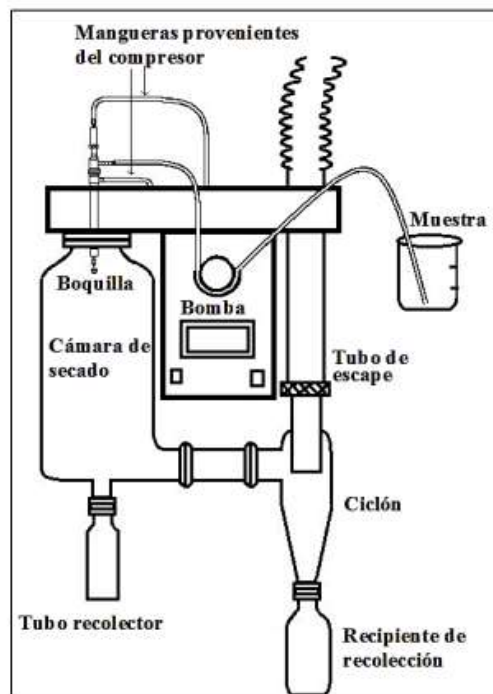
rápida y atrapan las moléculas del compuesto activo dentro de las gotas por medio de la corriente caliente,

- Finalmente, el producto final o polvo microencapsulado es recogido en un compartimiento de deposición (vaso cerrado) que posee el equipo para facilitar que sea recogido posteriormente.

Las variables que se deben tomar en cuenta al momento de seleccionar este método de encapsulamiento son (Villacrez J. , 2013):

- ❖ Caudal del líquido de entrada
- ❖ Caudal del aire de atomización suministrado por el compresor
- ❖ La temperatura y humedad del aire de entrada al cilindro de atomización del equipo

Estas variables si no son controladas debidamente afectarían a la humedad del producto final, el rendimiento del proceso, la temperatura de salida y el tamaño de partícula (Masters, 2002).



**Figura 5.** Representación esquemática del spray drying (Villacrez J. , 2013)

La ventaja en el uso de este método de encapsulamiento es su simplicidad, ya que es apropiado para materiales sensibles al calor ya que el tiempo de exposición con este es muy corto.

#### **2.4.4. Agentes utilizados en la Microencapsulación**

Al momento de elegir un material de soporte se deben evaluar propiedades como flexibilidad, resistencia, permeabilidad y ser de fácil aplicación. Generalmente esta superficie es muy delgada y debe presentar la característica de adherirse fácilmente al núcleo, las cápsulas formadas pueden tener forma esférica, ovalada o irregular (Villacrez J. , 2013).

##### **a) Almidón**

Almidones basados en ingredientes (almidones modificados, maltodextrinas, B-ciclodextrinas) son muy utilizados en la industria alimenticia (Madene, Scher, & Desobry, 2006) , los almidones mayormente utilizados para esta técnica son los de papa (*Solanum tuberosum*), maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*), yuca (*Manihot esculenta*) (Loksuwan, 2007).

##### **b) Maltodextrinas**

Es un polímero sacárido nutritivo, que consiste en unidades de D- glucosa unidas por cadenas a-1,4 (Hogan, McNamee, O'Riordan, & O'Sullivan, 2001) se elaboran por métodos de hidrólisis ácida o enzimática de almidones. Es muy utilizado como material de encapsulamiento por su buena solución entre costo y la efectividad, presenta baja viscosidad a alta proporción de sólidos (Arteaga & Arteaga, 2016), no provocan cambios sensoriales del producto ni enmascaran el sabor ya que son incoloras e inodoras (García, González, Ochoa, & Medrano, 2004).

##### **c) Gomas**

Estas son generalmente insípidas, aunque pueden afectar en el sabor del material encapsulado.

Entre las gomas mayormente empleadas en la microencapsulación está la goma arábiga, esta es un coloide vegetal extraído de la planta leguminosa *Acacia senega L.*, compuesta por ácido D- glucorónico, L- ramnosa, D- galactosa y L- arabinosa; contiene aproximadamente un 5 % de proteína, siendo esta la responsable de su capacidad emulsificante (Hogan, McNamee, O'Riordan, & O'Sullivan, 2001).



## **2.5. COMPONENTES BIOACTIVOS DE FRUTAS Y HORTALIZAS**

En la actualidad los hábitos de consumo y alimentación se basan en regímenes alimenticios que presenten componentes que ayudan a modular, y mejorar algunas funciones fisiológicas en el organismo y de esta manera favorecer al bienestar de la salud. En los alimentos existen compuestos bioactivos, estos se definen como aquel componente que aporta un beneficio al organismo más allá de los considerados como aportes básicos a la nutrición, generalmente estos aportes se encuentran en menor o mayor tamaño dependiendo de la fuente vegetal (Castillo & Hernández, 2017).

Los compuestos bioactivos que se encuentran presentes en frutas y hortalizas atraen la atención a la industria alimentaria y la comunidad científica, ya que se han encontrado evidencias de los beneficios de la ingesta de frutas y hortalizas en la prevención de algunas enfermedades de las personas (Machado & Schieber, 2010). Los compuestos que mayormente se encuentran en frutas y hortalizas son vitaminas, carotenoides, compuestos antioxidantes (antocianinas, betaninas, betaxantinas, etc), compuestos fenólicos, fibra dietética entre otros.

Actualmente los compuestos activos de frutas y hortalizas están siendo obtenidos y conservados mediante el uso de la microencapsulación.

### **2.5.1. Antocianinas**

Las antocianinas pertenecen al grupo de pigmentos hidrofílicos más importantes de las plantas, este componente tiene efectos antioxidantes, anticancerígenos e inmune modulares. Son extremadamente inestables cuando se encuentran fuera de su entorno natural (Frank, y otros, 2012), los factores que afectan a su degradación son: pH, temperatura, luz, presencia de otros pigmentos, enzimas, oxígeno, etc. Estos pigmentos-antioxidantes están compuestos por una aglicona o antocianidinas; la que cuando se encuentra en estado natural está glucosidasa por uno o más azúcares. Las antocianinas son los responsables de los tonos (rojizos- azulados) (Moldovan, David, Chisbora, & Cimpoi, 2012).

### **2.5.2. Fenoles totales**

Los compuestos fenólicos agrupan a un amplio grupo de moléculas que se caracterizan por poseer un anillo aromático con al menos un compuesto hidroxilo y una cadena lateral.

En su estructura poseen anillos aromáticos y dobles enlaces a partir de los cuales ejercen su poder antioxidante.

Dentro de la planta los fenoles, realizan funciones de defensa a invasiones microbianas, frente a enfermedades, dan lugar a características como el aroma, astringencia, coloración de flores y frutos (Warthesen, Vickers, WhitneyGWest, & Wolf, 1984) Sus propiedades antioxidantes, juegan un papel vital en la estabilidad de los productos alimenticios (Nijveldt & VanNood, 2001).

### **2.5.3. Betaláinas**

Son pigmentos vacuolares, nitrogenados e hidrosolubles provenientes de la tirosina. Se encuentran constituidas por dos grupos: las Betacianina o betaninas (color rojo violáceo) y las Betaxantina (color amarillo anaranjado) (Rodríguez-Amaya, 2016), se encuentren como pigmentos naturales en flores, frutos, raíces y tejidos vegetales, son estables a intervalos de pH entre 3 a 7, por lo cual son ideales para ser aplicados en alimentos que presenten bajo pH, aunque son muy susceptibles a degradarse frente a factores como elevadas temperaturas, cambios de pH, presencia de metales, etc (Stintzing & Carle, 2008).

Entre sus principales funciones está la fotosíntesis y la protección de la maquinaria fotosintética, y brindar protección (Chen, 2016). Debido a su alto poder antioxidante, son importantes para combatir la oxidación de las células causantes del stress oxidativo, enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedades crónicas (Azeredo, 2009).

Con la finalidad de conservar las betaláinas se ha incorporado el proceso de microencapsulación en el cual se utiliza materiales encapsulantes, las betaláinas (betaninas y betaxantinas), presentan una alta interacción con el polímero debido a las interacciones con los puentes de hidrógeno (Vergara, Saavedra, Sáenz, García, & Paz, 2014). Durante el almacenamiento de debe tener cuidado con la humedad y actividad de agua, ya que a medida que esta aumenta el pigmento se vuelve más inestable.

## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS

Se determinó el análisis proximal mediante los métodos propuestos por la Asociación de Análisis Químicos Oficiales (AOAC) 2005.

- a) **Humedad:** Se realizó mediante el método AOAC 925.10, calculándose la humedad de la materia prima después del secado por la estufa marca MEMMERT modelo VN 6400

$$\% \text{ humedad} = \frac{(P3-P1)}{P2} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

**Donde:**

**P1:** Peso del crisol (g).

**P2:** peso muestra (g).

**P3:** Peso después de la estufa (P.crisol+P.muestra seca) (g).

- b) **Cenizas:** se determinó por el método AOAC 923.03, calculándose como el peso permanente después de calcinar la muestra en la mufla a 550°C

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(P1-P0)}{Pm} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

**Donde:**

**P1:** Peso del crisol más las cenizas (g)

**P0:** peso del crisol (g)

**P:** Peso muestra (g)

- c) **Determinación de sólidos solubles:** se determinó por el método AOAC 932.14.
- d) **Determinación de pH:** se determinó por el método AOAC 947.05.
- e) **Determinación de acidez:** se lo realizó mediante el método AOAC (942.15) para acidez titulable, utilizando una solución NaOH al 0,1 N. Estas muestras cuyo color no permite identificada cambio de coloración, se lo realizó la titulación con la ayuda de un potenciómetro midiendo el cambio de pH hasta llegar a un valor de 7.0.

f) **Determinación del índice de madurez:** se determinó para la medición, la relación entre los sólidos solubles y su acidez titulable como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{sólidos solubles (°Brix)}}{\text{acidez titulable(\%)}} \quad \text{Ec. 3}$$

### 3.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

#### 3.2.1. Extracción de los jugos

La materia prima mora (*Rubus Glaucus*), mortiño (*Vaccinium meridionale*) y remolacha (*Beta vulgaris*), obtenidas de las provincias de Tungurahua, Cotopaxi y Pichincha ubicadas a 1500-3500 msnm con temperatura que oscilan entre los 11 y 18 °C. Se procedió a macerar con agua en una proporción de 1:1 w/w de modo individual, se agitó a una velocidad constante durante 7 min y se filtró el extracto utilizando una bomba de vacío, estos extractos fueron posteriormente secados por aspersion para lograr la microencapsulación.

### 3.3. OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE LOS MICROENCAPSULADOS

#### 3.3.1. Obtención de microencapsulados

El polvo microencapsulado se lo obtuvo mediante el equipo Mini spray Dryer (modelo B-290, BUCHI) como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 6.** Secador por aspersion Spray dryer

Para esta investigación las condiciones del equipo se mantuvieron constantes con una temperatura de entrada de 150° C, flujo de paso de aire pulverizado 536 l/h, 37.5 m<sup>3</sup>/h de aspiración (equivalente al 95%) y velocidad de bomba de 9 mL/min (equivalente al 30% del rendimiento de la bomba). Los agentes encapsulantes se adicionaron en una concentración total del 10% en base al volumen obtenido de la mezcla de jugos.

**Tabla 4.** Condiciones experimentales para el proceso de secado de los jugos Mora-Mortiño y Mora- Remolacha

Tratamientos	Concentración	Mora- Mortiño		Mora-Remolacha	
		T1	T2	T3	T4
Mezcla de jugo	100%	50 <sub>A</sub> -50 <sub>B</sub>	50 <sub>A</sub> -50 <sub>B</sub>	70 <sub>A</sub> -30 <sub>C</sub>	70 <sub>A</sub> -30 <sub>C</sub>
Maltodextrina	10% Total de la	70	50	70	50
Goma arábica	mezcla	30	50	30	50

A: Mora, B: Mortiño, C: Remolacha

### 3.3.2. Caracterización del jugo microencapsulados

#### a) Determinación del contenido de humedad

La determinación de humedad de los jugos microencapsulados fue realizado por triplicado en una analizador de humedad marca OHAUS MB45, para esto se tomó 0,5 g de muestra y se sometió a una temperatura de 105°C durante un tiempo de 3 min, dando como resultado el contenido de humedad expresado en porcentaje (López, Trujillo, & Penagos, 2010).

#### b) Índice de solubilidad, Índice de absorción de agua y capacidad de hinchamiento de los polvos microencapsulados

(Tontul & Topuz, 2017) para la medición del índice de solubilidad en agua y absorción de agua se usó la metodología descrita por Eastman y Moore con modificaciones (Zhu, Cao, Liu, & Gao, 2018), (Du, Ge, Zou, Zhang, & Li, 2014) se realizó una extracción acuosa al 1% p/p de las muestras, se agitó a 1000 rpm con un agitador rotatorio durante 30 min a temperatura de 25 y 40 °C, luego se agitó a 3000 rpm en una centrífuga marca BECKMAN COULTER durante 15 min. El sobrenadante se adicionó en una placa Petri previamente pesada y se secó a 105°C durante 4 h. la solubilidad se calculó mediante la ecuación.

$$\text{Indice de solubilidad} = \frac{\text{peso solidos sobrenadante seco}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

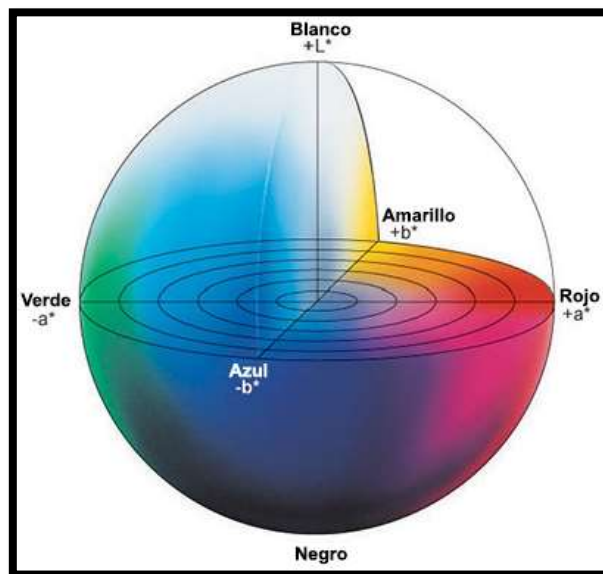
$$\text{indice de absorcion de agua} = \frac{\text{Peso sedimento desp. de centrifuga}}{\text{peso muestra}} \quad \text{Ec. 5}$$

La capacidad de hinchamiento fue calculado usando la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad hinchamiento} = \frac{P. \text{sedimento fresco}}{P. \text{muestra} - P. \text{solidos sobrenadante seco}} \quad \text{Ec. 6}$$

### c) Evaluación de color

Para la medición de color de las muestras encapsuladas se usó un colorímetro HunterLab MiniScan XE Plus, que arrojó valores de L\*, a\*y b\* donde L\* representa luminosidad de las muestras que varía desde negro a blanco), a\* la muestra tiende a rojo si es positivo y verde si es negativo; b\* cuando es positivo, la muestra presenta color amarillo y verde si la el valor b\* es negativo, de acuerdo a lo descrito por (Mendoza, Curi, Virginia, & Alvarado, 2016). En la siguiente figura se expresa los colores usando las coordenadas L\*a\*b\*.



**Figura 7.** Coordenadas L\*a\*b\* representadas en el sistemas tridimensional

Para la determinación de cromaticidad (C) y tonalidad (h) (López, Trujillo, & Penagos, 2010) se determinó utilizando las siguientes ecuaciones, establecidas por la commission internaionale de l'Eclairage

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad \text{Ec. 7}$$

$$h = \operatorname{arccotan} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{Ec. 8}$$

#### **d) Microscopia electrónica de barrido (SEM)**

La morfología se determinó mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido (Luna, López, Jiménez, & Luna, 2016) marca JOEL JSM- 3600 Scanning microscopio a condiciones de trabajo de alto vacío ( $1.4 \cdot 10^{-5}$  torr) con voltaje de aceleración de 30 kv, utilizando una cinta adhesiva de doble contacto en los talones del SEM para la unión de las muestras microencapsuladas, recubriéndolas con oro (Arrazola, Herazo, & Alvis, 2013).

### **3.4. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS NUTRICIONALES.**

#### **3.4.1. Preparación de los extractos microencapsulados**

Se tomó 250 mg de las mezclas mora- mortiño, mora-remolacha y se disolvió en 10 ml de solución de agua- metanol (50:50), se agitó en un agitador marca LABTECH a una velocidad de 300 rpm/ 30 min, luego se llevó a la centrífuga marca BECKMAN COULTER a una resolución de 3500 rpm durante 10-20 min. Se traspasó el sobrenadante a un matraz aforado de 25 mL, al sólido resultante en el tubo de centrífuga se le añade 10 ml de la mezcla de acetato- agua (70-30), y se sometió al mismo tratamiento anterior, el sobrenadante obtenido se colocó en el mismo matraz aforado y se aforó con la mezcla de metanol- agua y acetona- agua en relación 1:1. Se observó que la muestra obtenida en el matraz presentó turbidez, por lo cual se centrifugó a 1000 rpm/ 5 min (Moreno, Ortiz, & Restrepo, 2014).

#### **3.4.2. Antocianinas**

Se empleó el método descrito por (GORRITI, y otros, 2009) con modificaciones. Se tomó 500 uL de la muestra pre-tratada y se mezcló con 4,5 ml de soluciones buffer de cloruro de potasio 0,02 M pH 1.0 y Acetato de sodio 0,4 M pH 4,5 en tubos separados y se llevó a una temperatura de 25° C, en las soluciones obtenidas se determinó el contenido de antocianinas llevando las muestras a un lector de micro- placas, la lectura se realizó a 510 y 700 nm por triplicado (n=3) usando acetato de sodio y cloruro de potasio como blanco.

$$\text{Antocianinas} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A * M_W * DF * 1000}{E * T_c} \quad \text{Ec. 9}$$

## Donde

A: Absorbancia de la resta entre los valores de 510-700 nm para cloruro de potasio- la absorbancia de la resta de los valores de 510-700 nm para acetato de sodio; Mw: Peso molecular de Cyanidyn-3-glucósido (449,2 g/mol); DF: Factor de dilución; E: Absorción molar (26900 L/cm/mg); Tc: Tamaño de la cubeta de la micro-placa.

### 3.4.3. Determinación de Betaninas y Betaxantina

Se determinó el método descrito por (Díaz, Mendoza, & Vidaurre, 2015) con algunas modificaciones, donde se determinó el contenido de betaninas y betaxantinas midiendo a una absorbancia de 535 nm y 480 nm (Fernández-López, Roca, Angosto, & Obón, 2018), respectivamente. Empleando como blanco una solución de metanol al 80%. Luego de tener los resultados se utilizó la siguiente ecuación.

$$x \left( \frac{mg}{g} \right) = \frac{A * FD * PM * V}{e * I} \quad \text{Ec. 10}$$

## Donde:

X= contenido de Betaninas o Betaxantina, A= absorbancia a 535 nm para la Betaninas y 480 nm para la Betaxantina, FD= factor de dilución, PM= peso molecular para la Betaninas de 550 g/mol y para la Betaxantina 308 g/mol, V= Volumen del extracto, e= coeficiente de extinción molar 60,000 L/mol.cm para la betaninas y 48,000 L/mol para Betaxantina, I = volumen de celda 0,316.

### 3.4.4. Contenido Total de fenoles

El contenido total de fenoles de los extractos se lo realizó como describe (Berber, Zengin, Aktumsek, Aydin, & Uysal, 2013) y (Slinkard & Singleton, 1977) usando el método de Folin- Ciocalteu con algunas modificaciones. Se preparó 10 ml de Folin en 100 ml de agua, 7,5 g de carbonato de sodio en 100 ml de agua y 7,5 g de ácido gálico en 25 ml de agua. Para la curva de calibración se la determinó utilizando 100 uL de ácido gálico, 500 uL de Folin y 400 uL de carbonato de sodio, esta mezcla se agitó en un vórtex y se dejó en reposo durante 30 min, transcurrido el tiempo se vació en una micro placa 200 uL y se midió a una absorbancia de 765 nm con blanco de agua. Para la lectura de las muestra se usó el mismo procedimiento utilizando 100 uL de muestra, 500 uL de la solución Folin y 400 uL de carbonato de sodio.



### 3.4.5. Análisis de la actividad antioxidante y quelante por métodos químicos

#### a) Método DPPH

Se evaluó usando la método descrito por (Barragán, Aro, Huamaní, & Cartagena, 2018) usando el radical libre 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Para la determinación se realizó una curva de referencia utilizando con reactivo trolox (100 uL) actuando por 60 min en oscuridad con el radical DPPH (500 uL) reduciéndolo. La calibración fue hecha usando el solvente de etanol como blanco y se leyó su absorbancia a 520 nm de longitud de onda. Ajustado la solución patrón se determinó la capacidad antioxidante en los extractos acuosos de las muestras, se adiciono 100 uL del extracto acuoso estándar o diluido según sea el caso con 500 uL de DPPH luego se agitó y se dejó en reposo por 60 min a temperatura ambiente y en oscuridad total y luego se leyó la absorbancia de 520 nm usando como solvente etanol. Los resultados se los efectuó en la siguiente ecuación.

$$DPPH = \frac{Abs. muestra - A}{B} \times 100 \quad \text{Ec. 11}$$

**Donde:**

**A:** Intercepto de la ecuación

**B:** Pendiente de la ecuación

**100:** Factor de dilución

#### b) Método ABTS

Se evaluó usando el método descrito por (KUSKOSKI, A.G, TRONCOSO, MANCINI-FILHO, & FETT, 2005) con algunas modificaciones. Técnica que implica producir radical ABTS\* (ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolína6-sulfónico) se obtiene por la reacción de la mezcla de ABTS y K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> reposándolo por 16 horas en total oscuridad a temperatura de 25°C. formado el radical ABTS\* se realiza diluciones con agua con el objetivo de realizar un absorbancia comprendida en 0,7 (±1) a 754 nm. Se empleó trolox como antioxidante sintético de referencia y se mezcló con agua para la determinación de la curva estándar y se leyó a una absorbancia de 754 nm. Las extracciones acuosas de las muestras microencapsulados se diluyó con agua según sea el caso, tras añadir, se tomó una alícuota de 20 uL y se agregó 980 uL de la dilución del radical ABTS y luego se leyó a una absorbancia a 754 nm transcurrido 7 min de reposo (Surco-Laos, Valle, Loyola, Dueñas, & Santos, 2016).

### c) Método FRAP

El reactivo FRAP se lo obtuvo de una mezcla (31,233 mg TPTZ en 10 ml de HCL, 13,9 mg en 10 ml de HCL y 2,46 g de acetato tampón en 100 ml de agua pH 3,6). Para la curva de calibración se determinó utilizando 30 uL de la mezcla de FeSO<sub>4</sub> en agua, 900 uL del reactivo FRAP y 90 uL de agua destilada. La mezcla se agitó en un vórtex por 1min, se incubo en un baño de agua a 37 °C durante 10 min, transcurrido el tiempo se vació a una micro placa (T° ambiente) y se midió a una absorbancia de 593 nm con un blanco de agua. Obtenida la lectura se procede con las muestras de la misma forma adicionando 30 uL de la muestra, 900 uL del reactivo FRAP Y 90 uL de agua, incubando a 37 °C durante 10min y midiendo a 593 nm, realizado por triplicado (n=3) y se expresó en umol Eq fe(II)/100g (Moreno, Ortiz, & Restrepo, 2014)

### d) Actividad quelante

La actividad quelante de los iones metálicos se midió de acuerdo con lo descrito por (Xie, Huang, Xu, & Jin, 2008), (Serrano-Maldonado, Guerrero-Legarreta, Perez-Olvera, & Soriano-Santos, 2011) con modificaciones. Se mezcló 1 mL de muestra con 50 uL de cloruro férrico y 450 ml de metanol y se dejó reposar por 5 min, al término de este tiempo se agregó 400 uL de ferrozina y se dejó reposar por 10 min a temperatura ambiente. La absorbancia fue determinada por medio de un lector de microplacas a 562 nm usando como blanco agua destilada. La actividad quelante se calculó usando la siguiente ecuación.

$$\% \text{ actividad quelante} = \left( \frac{A. \text{ control} - A. \text{ muestra}}{A. \text{ control}} \right) \times 100 \quad \text{Ec. 12}$$

**Donde:**

**A. control**= absorbancia de la muestra control, **A. Muestra**: absorbancia de la muestra.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Las determinaciones se realizó por triplicado (n=3) tomando como resultado el promedio de los datos y su desviación estándar. Se aplicó un análisis estadístico de varianza ANOVA con un nivel de confianza del 95%, aplicando el programa de *Statgraphics Centurion XVI.I versión XVI 16.1.18*; las gráficas se la realizaron en el programa ORIGIN 50<sup>®</sup>

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS MATERIAS PRIMAS

Los valores obtenidos de los parámetros físicos y composición química de las materias primas (mora, mortiño y remolacha) utilizadas en la presente investigación, se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 5.** Parámetros físicos y composición química de las materias primas

Parámetros	Mora	Mortiño	Remolacha
<b>Humedad (%)</b>	82,2 1 ± 0,13	79,48 ± 0,12	80,53 ± 0,23
<b>Cenizas (%)</b>	14,02 ± 0,09	6,89 ± 0,05	5,5 ± 0,12
<b>Sólidos solubles (° Brix)</b>	9,79 ± 0,03	8,5 ± 0,04	12,5 ± 0,02
<b>pH</b>	3,2 ± 0,01	3,15 ± 0,02	6,35 ± 0,01
<b>Acidez (% ac. cítrico)</b>	1,90 ± 0,02	2,75 ± 0,01	0,12 ± 0,01
<b>Índice de maduración</b>	5,15	3,09	104,16

Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3)

Las frutas y la hortaliza presentaron valores elevados de humedad los que coinciden con lo reportado por (FUNIBER, 2017), (CORANTIOQUIA, 2003) y (Asimbaya, 2018) para mora, mortiño y remolacha respectivamente. La mora reportó mayor contenido de cenizas (14,02%), esto indica que posee elevada cantidad de minerales comparado con las otras materias primas, la remolacha presentó mayor contenido de sólidos solubles (12,5 °Brix), y un valor de pH casi neutro. De los datos obtenidos se puede inferir que el uso de materias primas de naturaleza ácida como mora y mortiño otorgaran la acidez necesaria no solo organolépticamente hablando sino también con fines de conservación. El índice de maduración de las muestra oscilan entre 3 y 5 para frutas y alrededor de 104 para hortalizas debido a su alto contenido de sólidos solubles y baja acidez.

Los valores obtenidos de la composición química de la mora y mortiño mostraron diferencias con los reportados por (Rodríguez, Lopez, & García, 2010) (Llimpe, 2017) respectivamente, pese a que se utilizó la misma variedad; esto pudo deberse a las condiciones climáticas, nutrientes y tipo del suelo utilizado para el cultivo. En el caso de los valores obtenidos de la remolacha, estos sí presentaron similitud con los reportados en el trabajo de (Moreno, y otros, 2007).

## 4.2. OBTENCIÓN DE LOS MICROENCAPSULADOS Y EVALUACIÓN DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Los tratamientos definidos para cada mezcla de pulpas, fueron microencapsulados a través de un sistema de secado por aspersión manteniendo las variables de operación del equipo constante en todos los casos, tal como se describe en el inciso 2.3.1.

### 4.2.1. Determinación de Humedad de los polvos microencapsulados al tiempo cero.

**Tabla 6.** Contenido de humedad de los polvos microencapsulados de Mora- Mortiño y Mora-Remolacha.

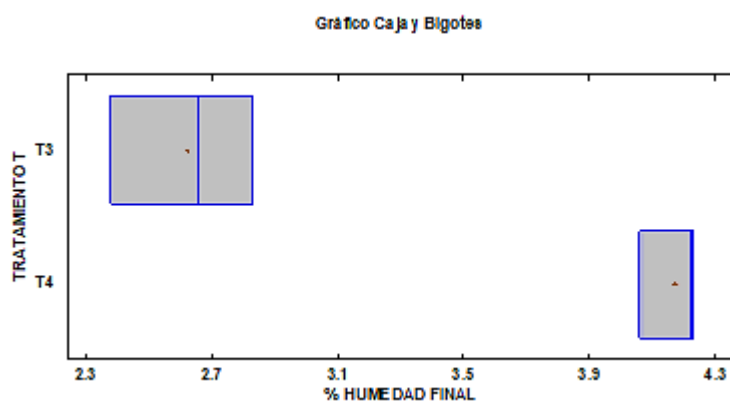
DIA 0	Mora-Mortiño		Mora-Remolacha	
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
	2,21 <sup>a</sup> ±0,22	2,20 <sup>a</sup> ±0,07	2,62 <sup>a</sup> ±0,23	4,17 <sup>b</sup> ±0,10

Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05).

En la muestra obtenidas del tratamiento 1 y 2 se identificaron valores bajos de humedad residual, las mismas que fueron comparadas a través de un análisis de varianza (ANOVA) simple, determinándose que las medias de dichos valores no son estadísticamente diferente entre ellas, 2,21 % ±0,22 % en T1 y 2,20 % ±0,07 % en T2, encontrándose además dentro del rango de humedad residual que la mayoría de los autores reportan para polvos microencapsulados. Según (García, González, Ochoa, & Medrano, 2004) esto se debe a la influencia de variables de control en la operación de secado, tales como; temperatura de entrada, flujo de alimentación, flujo de aire y agentes encapsulantes. (Huntington, 2004) Concuerda con lo antes mencionado, la temperatura de entrada afecta el contenido de humedad.

Así mismo, en el caso de los tratamientos T3 Y T4, en los que se trabajó con pulpas de mora y remolacha, se alcanzaron valores de humedad entre 2 y 4% y al compararlas mediante un ANOVA simple se determinó que existe diferencia significativa entre las medias de humedad de los dos tratamientos no obstante. Al analizar T3 y T4 a través de la gráfica de cajas y bigotes, se visualiza claramente que T3 presenta valores de humedad dispersos dentro de un rango cercano a 2%, siendo este el nivel de humedad más bajo entre estos dos tratamientos, por lo cual podría considerarse como el tratamiento más idóneo, para esta mezcla de pulpas en las mismas condiciones de trabajo, favoreciendo la

estabilidad y tiempo de vida útil de los polvos microencapsulados. Trabajar con esta combinación de gomas para esta mezcla de pulpas nos permite alcanzar valores de humedad bajos lo que favorece la estabilidad y vida útil de los polvos microencapsulados.



**Figura 8.** Cajas y bigotes de porcentaje de humedad

#### 4.2.2. Determinación del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y capacidad de hinchamiento.

**Tabla 7.** Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y capacidad de hinchamiento

Temperaturas	Muestras	IAA (g/ ges)	ISA (%)	CH (g/ ges)
25 °C	T1	0,73 ± (0,02)	96,86 ± (7,6)	4,15 ± (0,35)
	T2	0,69 ± (0,01)	88,53 ± (3)	3,12 ± (0,28)
	T3	0,71 ± (0,03)	95,32 ± (5,3)	3,87 ± (0,14)
	T4	0,67 ± (0,03)	87,92 ± (8,1)	3,07 ± (0,25)
40 °C	T1	0,76 ± (0,61)	98,12 ± (8)	4,63 ± (0,36)
	T2	0,72 ± (0,5)	90,04 ± (8,4)	3,67 ± (0,26)
	T3	0,74 ± (0,2)	96,78 ± (7,3)	4,01 ± (0,33)
	T4	0,71 ± (0,36)	88,47 ± (4,2)	3,38 ± (0,24)

Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3)

En cuanto a la solubilidad (ISA) de los polvos. Se identificaron valores altos 87,92 % - 96,86 % a temperatura de 25 °C y 88,47 %- 98,12 % a 40 °C; los polvos micro encapsulados que tenían mayor concentración de maltodextrina presentaron valores aparentemente más altos de solubilidad T1 y T3 con 96,86 % y 95,32 % respectivamente tanto a 25 °C como a 40 °C,

El porcentaje de humedad de las muestras fue otro factor que intervino en el índice de solubilidad, ya que mientras menor sea el contenido de humedad del polvo micro encapsulado mayor será su solubilidad, lo que se evidencia con T1 que presentó el menor contenido de humedad 2,18 % y fue quien obtuvo mayor valor ISA.

Los valores de índice de absorción de agua (IAA) se encontraron entre 0,67 g/ ges y 0,73 g/ ges, para la temperatura de 25 °C y de 0,71 g/ ges – 9,76 g/ ges para 40 °C, estos valores son similares a los reportados por (Ahmed, Akter, Lee, & Eun, 2010). Cuando los polvos micro encapsulados presentan altos valores de ISA y bajos valores IAA, son considerados polvos de buena calidad, ya que se mojan rápidamente y se disuelven sin formar grumos en la mezcla (Vidović, Vladić, Vaštag, Zeković, & Popović, 2014).

Los valores de índice de hinchamiento (CH) estuvieron entre 3,07 g/ ges – 4,15 g/ ges a 25°C y alrededor de 3,38 g/ ges – 4,63 g/ ges a temperaturas de 40 °C, estos valores se encontraron dentro del rango de 2,15 g/ ges y 4,85 g/ ges mencionado por (Sanchez, 2016).

#### 4.2.3. Análisis de color de los polvos microencapsulados

En la tabla 8 se presentan los datos obtenidos para el análisis de color de los polvos microencapsulados

**Tabla 8.** Características colorimétricas de las 4 muestras microencapsulados

Tratamiento	L*	a*	b*	Croma (saturación)	Hue (tonalidad)
T1	38,82 <sup>a</sup> ± 1,50	32,59 <sup>a</sup> ± 0,17	2,29 <sup>a</sup> ± 0,27	32,67 <sup>a</sup> ± 0,19	4,01 <sup>a</sup> ± 0,45
T2	37,84 <sup>b</sup> ± 0,03	30,42 <sup>b</sup> ± 0,10	2,15 <sup>b</sup> ± 0,14	30,49 <sup>b</sup> ± 0,09	4,03 <sup>b</sup> ± 0,26
T3	34,83 <sup>c</sup> ± 0,06	31,51 <sup>c</sup> ± 0,06	0,82 <sup>c</sup> ± 0,05	31,52 <sup>c</sup> ± 0,06	1,49 <sup>c</sup> ± 0,10
T4	32,47 <sup>d</sup> ± 0,11	31,24 <sup>d</sup> ± 0,07	0,89 <sup>d</sup> ± 0,12	31,25 <sup>d</sup> ± 0,07	1,63 <sup>d</sup> ± 0,22

L: Indica luminosidad, a\*: Rojo-Verde y b\*: Amarillo-Azul. Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05)

Los datos obtenidos de la medición de color y procesados a través de un análisis de varianza multifactorial, evidenciaron que el color rosa intenso de las muestras, presentó diferencias estadísticamente significativas entre los factores mezcla de frutas y mezcla de encapsulantes, las mezclas (mora – mortiño) T1 y T2 presentaron mayor valor luminosidad del color (L\*) 38,82 y 37,84 respectivamente, en comparación con las mezclas (mora- remolacha) T3 y T4 con valores de 34,83 y 32,37; esto puede deberse al

porcentaje de antocianinas normalmente presentes en las frutas que forman parte de las mezclas T1 y T2.

Con respecto a los encapsulantes las muestras que contenían mayor porcentaje de maltodextrina presentaron coloración más intensa, mientras que la adición de goma arábica indica la presencia de colores pálidos, esto se evidencia en T1 y T4 que fueron las muestras que contenían una relación de 70 % maltodextrina y 30% goma arábica. Autores como (Caparino, y otros, 2012) (Ahmed, Sorifa, Eun , 2010) indican que a mayor adición de maltodextrina, se obtiene mayor valor L\* y mayor valor a\*.

El parámetro a\* es aproximadamente 30,42 – 32,59, lo que indica que todos los polvos se mantienen en la zona de color rosa intenso, y según el valor b\* (0,82-2,29), las muestras se inclinan hacia la zona de color amarillo, los valores Hue fueron cercanos al color rojo y todas las muestras presentan casi la misma saturación del color. Estos datos de color presentaron similitud con los reportados en el estudio de (Salazar- González, Vergara-Balderas, & Guerrero- Beltrán, 2009).

#### 4.2.4. Estudio preliminar de humedad.

**Tabla 9.** Comportamiento de la humedad de los polvos microencapsulados durante 6 días

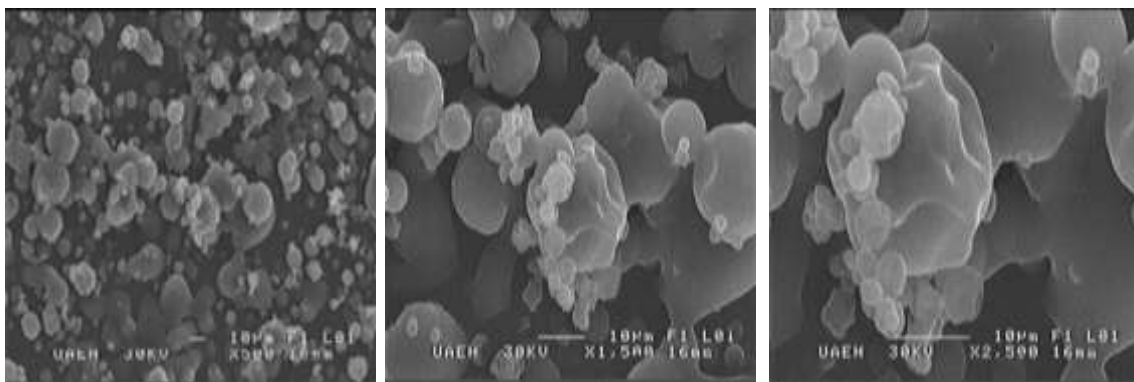
DÍAS	T1	T2	T3	T4
1	2,18 <sup>a</sup> ± 0,18	2,2 <sup>a</sup> ± 0,17	2,62 <sup>a</sup> ± 0,18	4,17 <sup>a</sup> ± 0,33
2	2,63 <sup>a</sup> ± 0,25	2,94 <sup>a</sup> ± 0,25	3,15 <sup>a</sup> ± 0,30	4,29 <sup>a</sup> ± 0,38
3	2,98 <sup>a</sup> ± 0,27	2,96 <sup>a</sup> ± 0,19	3,22 <sup>a</sup> ± 0,28	4,6 <sup>a</sup> ± 0,41
4	2,99 <sup>a</sup> ± 0,28	3,0 <sup>a</sup> ± 0,29	3,34 <sup>a</sup> ± 0,31	4,68 <sup>a</sup> ± 0,45
5	2,99 <sup>a</sup> ± 0,28	3,01 <sup>a</sup> ± 0,3	3,34 <sup>a</sup> ± 0,28	4,68 <sup>a</sup> ± 0,43
6	3,0 <sup>a</sup> ± 0,29	3,0 <sup>a</sup> ± 0,29	3,34 <sup>a</sup> ± 0,24	4,69 <sup>a</sup> ± 0,45

Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05).

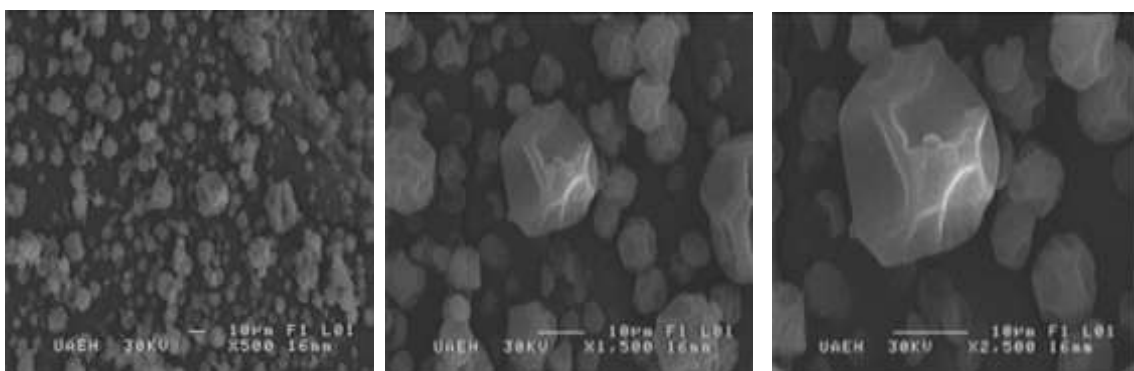
Del estudio preliminar de humedad, de los polvos microencapsulados, a lo largo de 6 días, se determinó que el valor-P es mayor o igual que 0,005 por tanto no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de humedad medidas durante los 6 primeros días después del secado, esto con un nivel de confianza del 95%, así mismo a través de la prueba de rangos múltiples pudo determinarse que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias.

#### 4.3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POLVOS MICROENCAPSULADOS

Mediante la observación de los polvos microencapsulados, figura 8, 9, 10, 11, de las mezclas por microscopía electrónica de barrido SEM se notó que, si existe formación de las microcápsulas sobre el extracto, sin embargo, no existe uniformidad entre ellas, ya que se observaron microcápsulas de tamaños grandes y pequeños, de formas redondas y amorfas, con superficies lisas e irregulares. Estas variaciones se deben a residuos de humedad, y son propios de micro encapsulados obtenidos por secado por aspersión con aire caliente (Spray dryer) (Janiszewska Turak, 2017).

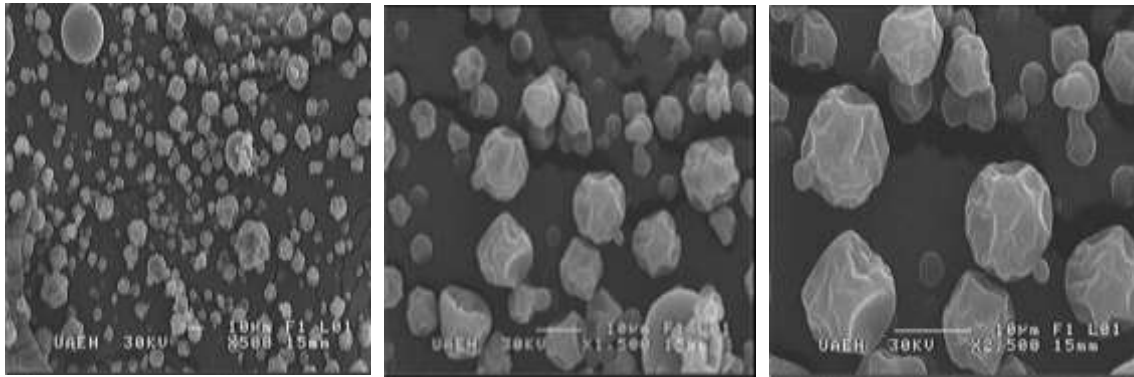


**Figura 9.** Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestra T1 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.

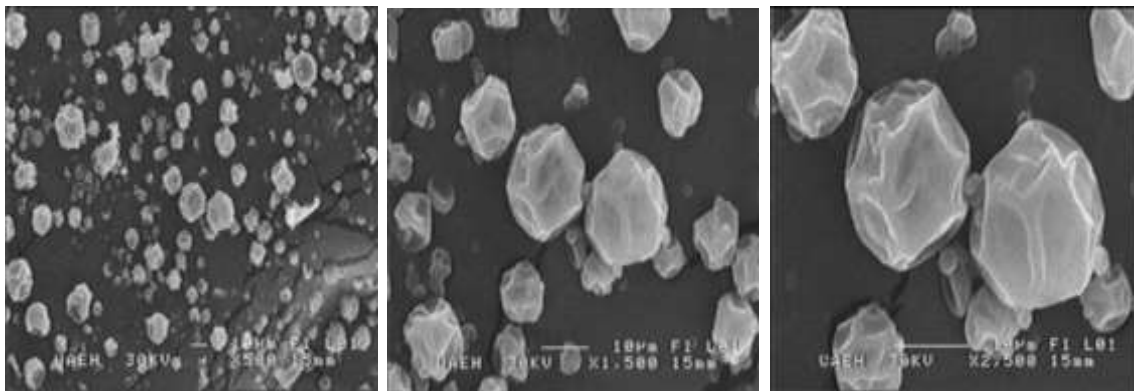


**Figura 10.** Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestra T2 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.





**Figura 11.** Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestra T3 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.



**Figura 12.** Fotografías de microscopía electrónica de barrido (SEM) de las muestra T4 microencapsulada. Magnificaciones de 500, 1500 y 2500x.

Las micropartículas que fueron obtenidas con maltodextrina presentaron, visualmente, mayores deformaciones en la superficie de las capsulas, similar a lo reportado por (Tonon, Brabet, & Hubinger, 2018). A temperaturas bajas de secado, como 150 °C como lo que se aplicó en este trabajo se ha determinado que la difusión del agua hacia el exterior es más lenta y requiere de un mayor tiempo de exposición al medio de calor, lo cual favorece a la deformación de las microcápsulas y por ende un mayor número de irregularidades en la superficie, por el contrario, altas temperaturas de secado generan una rápida evaporación y la formación de superficies lisas, suaves y definidas (Santiago-Adame, y otros, 2015). La formación de rugosidades o abolladuras se atribuye que son debido a la contracción de las partículas por su drástica pérdida de humedad durante el rápido proceso de secado y su posterior enfriamiento (Silva, Stringheta, Teófilo, & y Nolasco, 2013).

#### 4.4. DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS NUTRICIONALES

##### 4.4.1. Contenido de Antocianinas, Betaninas, Betaxantina y contenidos de fenoles totales

**Tabla 10.** Contenido de Antocianinas, Betaninas, Betaxantina y contenidos de fenoles totales de Mora- Mortiño

MUESTRAS	Mora- Mortiño			
	ANTOCIANINAS	BETANINAS	BETAXANTINAS	FENOLES TOTALES
	(mg /100 g)	(mg /100 g)	(mg /100 g)	(mg eq AG/ 100 g)
<b>T1</b>	2206,1 <sup>a</sup> ± 128,22	2320,68 <sup>a</sup> ± 76,75	1262,35 <sup>a</sup> ± 55,91	681,29 <sup>a</sup> ± 11,14
<b>T2</b>	2051,33 <sup>a</sup> ± 101,25	1585,79 <sup>b</sup> ± 83,74	1032,22 <sup>b</sup> ± 52,10	657,3 <sup>b</sup> ± 2,03

Eq= equivalente, AG: ácido gálico, Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05).

En lo que respecta a la cuantificación de antocianinas, betalainas, betaxantinas y contenido de fenoles totales, al comparar los resultados de las valoraciones realizadas en los microencapsulados de mora y mortiño (T1 y T2), a partir de un ANOVA, se determinó que existe diferencia significativa entre las medias de T1 Y T2 para todos estos compuestos excepto antocianinas, siendo mayor el contenido betalainas, betaxantinas y fenoles totales en el caso de la T1, lo que indicaría que en este caso, el uso de encapsulantes combinados, maltodextrina (70%) y goma arábica (30%) logró una mejor protección de los metabolitos analizados, lo que coincide con lo reportado por (Tonon & Brabet, 2010) quien menciona que a mayor concentración de maltodextrina mayor será la retención de estos metabolitos, debido a que este microencapsulante evita su oxidación y degradación por acción de la luz, manteniendo así la calidad del polvo microencapsulado.

**Tabla 11.** Contenido de Antocianinas, Betaninas, Betaxantina y contenidos de fenoles totales de Mora-Remolacha

MUESTRAS	Mora- Remolacha			
	ANTOCIANINAS	BETANINAS	BETAXANTINAS	FENOLES TOTALES
	(mg /100 g)	(mg /100 g)	(mg /100 g)	(mg eq AG/ 100 g)

<b>T3</b>	1652,37 <sup>a</sup> ± 68,64	9268,2 <sup>a</sup> ± 25,12	4920,8 <sup>a</sup> ± 93,78	676,02 <sup>a</sup> ± 2,68
<b>T4</b>	1531,7 <sup>a</sup> ± 327,27	10094,9 <sup>b</sup> ± 265,87	5502,9 <sup>b</sup> ± 40,61	547,37 <sup>b</sup> ± 3,04

Eq= equivalente, AG: ácido gálico, Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05).

Del análisis de varianza aplicado a los resultados de antocianinas, betalaínas, betaxantinas y fenoles totales cuantificados en los polvos microencapsulados de mora y remolacha, se determinó que existe diferencia significativa entre las medias de los valores reportados para betalaínas, betaxantina y fenoles totales al comparar T3 y T4.

Los valores con mayor contenido de betalainas y betaxantinas fueron de 10094,9 mg /100 g y 5502 mg /100 g respectivamente en la muestra T4 y en el caso del contenido de fenoles totales, se identificó mayor contenido en las muestras provenientes de T3.

Los valores de fenoles totales presentan similitud con los valores para acerola y mango reportados en el estudio de (KuskoskiI, AsueroI, Troncoso, & Mancini-FilhoIII, 2005), pero son mayores a los descritos por (Stintzing, Herbach, Moßhammer, R., & YI, 2005) para tuna roja 660 mg EAG/ g y menores a los mencionados por (Sáenz, S, Chavez, & Robert, 2009) 909,47 EAG/g.

(Saikia, Mahnot, & Mahanta, 2015) Manifiesta que utilizando únicamente maltodextrina como material encapsulante se han identificados valores más altos en el contenido en el polifenoles.

#### **4.4.2. Contenido de actividad antioxidante y quelante por métodos químicos.**

Los resultados obtenidos en la medición de la actividad antioxidante de los polvos encapsulados por el método DPPH (mide la capacidad que tienen las muestras para transferir átomos de hidrógeno fenólicos), determinó que la mayor capacidad antioxidante se presentó en la muestra T3 (2233,89 µmol eq Trolox/100 g), seguido por la muestra T1, T2 y T4 con valores de (1945; 1831,36; 1741,21 µmol eq Trolox/100 g) respectivamente. Con este método se obtuvieron valores elevados a los obtenidos por los otros métodos utilizados en la investigación.

**Tabla 12.** Actividad antioxidante y quelante determinada por métodos químicos de Mora-Mortiño.

MUESTRAS	Mora-Mortiño			
	FRAP	DDPH	ABTS	ACTVIDAD QUELANTE
	(μmol eq Fe (II)/100 g)		(μmol eq Trolox/100 g)	
<b>T1</b>	133,18 <sup>a</sup> ± 0,75	1945 <sup>a</sup> ± 4,55	147,77 <sup>a</sup> ± 0,72	31,08 <sup>a</sup> ± 0,64
<b>T2</b>	110,26 <sup>b</sup> ± 0,16	1831,36 <sup>b</sup> ± 13,82	223,39 <sup>b</sup> ± 1,63	54,61 <sup>b</sup> ± 0,26

Eq= equivalente, Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05)

El análisis de la actividad antioxidante en las muestras se realizó mediante método FRAP, en base a la capacidad que tienen los polvos micro encapsulados en reducir el ion Fe (II), ABTS y DPPH. El tratamiento en el que se identificó mayor capacidad antioxidante al trabajar con los métodos FRAP y DPPH fue T1, que reportó un valor de 133,18 (μmol eq Fe (II)/100 g) y 1945 .mol eq Fe)II/ 100 g respectivamente.

En el caso del método ABTS la mayor actividad antioxidante fue identificada en la muestra T2, 223,39 μmol eq Trolox/100 g respectivamente.

Se determinó que la diferencia en los resultados de mayor actividad antioxidante fueron DPPH, FRAP y ABTS, pudo deberse a la especificidad de los métodos.

**Tabla 13.** Contenido de actividad antioxidante y quelante por métodos químicos de Mora-Remolacha

MUESTRAS	Mora- Remolacha			
	FRAP	DDPH	ABTS	ACTVIDAD QUELANTE
	(μmol eq Fe (II)/100 g)		(μmol eq Trolox/100 g)	
<b>T3</b>	127,69 <sup>a</sup> ± 0,71	2233,89 <sup>a</sup> ± 16,81	172,14 <sup>a</sup> ± 3,03	32,53 <sup>a</sup> ± 0,39
<b>T4</b>	98, 05 <sup>b</sup> ± 0,99	1741,21 <sup>b</sup> ± 20,49	119,94 <sup>b</sup> ± 2,17	76,74 <sup>b</sup> ± 0,89

Eq= equivalente, Se muestran la media de los datos y su desviación estándar (n=3) \*letras distintas indican diferencia significativa (ANOVA, prueba de Tuckey, p<0,05)

Los resultados obtenidos en la medición de la actividad antioxidante de los polvos encapsulados por el método DPPH (mide la capacidad que tienen las muestras para

transferir átomos de hidrógeno fenólicos), determinó que la mayor capacidad antioxidante se presentó en la muestra T3 (2233,89  $\mu\text{mol eq Trolox}/100\text{ g}$ ).

En cuanto a la actividad quelante, el valor más elevado se obtuvo en la muestra T4 y T2 (76,74; 54,61  $\mu\text{mol eq Trolox}/100\text{ g}$ ), esto indica la presencia de metales de actividad redox como hierro, cobre, cromo, cobalto y otros materiales que tienen la capacidad de producir radicales libres. Una alta capacidad quelante indica propiedades benéficas del polvo encapsulado para reducir las generaciones de no producido por la cadena de reacciones bioquímicas del cuerpo.

Los resultados obtenidos en esta investigación nos indican que la maltodextrina utilizada como encapsulante retiene mayor contenido de antioxidantes. Para los tratamientos de mora- mortiño con mayor porcentaje de maltodextrina presentaron un valor más alto de antocianinas y en el tratamiento mora-remolacha con mayor contenido de maltodextrina se evidencio mayor contenido de betalainas y Betaxantina. La maltodextrina por ser un oligosacárido aumenta los sólidos solubles a las muestras presentando mayor aglomeración y menor contenido de humedad, humedeciéndose lentamente durante el tiempo de almacenamiento.

## CONCLUSIÓN

A partir del análisis físico químico de las materias primas evaluadas se determinó que en el caso de mortiño, la acidez esta alrededor de (2,75 %), sólidos solubles (8,5 °Brix), índice de madurez de 3,09, en cuanto a mora acidez (1,90 %), sólidos solubles (9,79 °Brix) e índice de madurez (5,15) valores que se aproximan a lo establecido por la NTE INEN 2427. En este sentido, al comparar los resultados de ambas mezclas de pulpas, se logró identificar que la remolacha alcanza el mayor contenido de solidos solubles 12,5 °Brix y menor contenido de acidez (0,12%), lo que podría influenciar la calidad físico química de los microencapsulados.

La composición físico química de los microencapsulados mostró que poseen bajo contenido de humedad inferior a lo establecido por la normativa INEN 2471, poseen color rosa intenso lo que los hace agradables a la vista y mediante microscopia electrónica de barrido fue posible observar una estructura morfológica muy variada presentando cápsulas de tamaños grandes y pequeños, con texturas lisas y arrugadas. La composición nutricional de los polvos microencapsulados mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamiento, la mezcla mora-mortiño posee mayor contenido de antocianinas y la mezcla mora- remolacha presenta mayor contenido de betalainas y betaxantinas.

El método de secado por aspersion resultó ser un proceso efectivo para la retención de los compuestos bioactivos, los materiales usados como encapsulantes mostraron diferencias, resultando que los tratamientos que contenían mayor concentración de maltodextrina arrojaron mejores resultados en solubilidad, absorción de agua, contenido de humedad bajos lo que favorece la estabilidad y vida útil de los polvos microencapsulados.

## **RECOMENDACIONES**

- Analizar el uso de diferentes concentraciones de los agentes microencapsulantes con el fin de obtener un producto con mayor contenido de antioxidantes y contenidos fenólicos.
- Evaluar la aplicación de diferentes parámetros de secado del equipo (temperatura, flujo de aire y velocidad de la bomba).
- Emplear diferentes técnicas para la obtención de polvos secos y evaluar si existe diferencia en el contenido de los compuestos antioxidantes.

## REFERENCIAS

- Acuña, M., García, C., Rosas, N., López, M., & Saínz, J. C. (2015). Formulación de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin con polímeros biodegradables y su virulencia contra *Heliothis virescens* (Fabricius). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 8.
- Ahmed, M., Akter, M. S., Lee, J., & Eun, J. (2010). Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties of bioactive components, physicochemical and morphological properties. *Food Science and Technology*, 1307-1312.
- Ahmed, Sorifa, Eun. (2010). Impact of  $\alpha$ -amylase and maltodextrin on physicochemical, functional and antioxidant capacity of spray-dried purple sweet potato flour. *Journal Science Food Agricultural*, 494–502.
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2013). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante. *Revista de informacion tecnologica*, 12.
- Arteaga, A., & Arteaga, H. (2016). Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. *Scientia Agropecuaria*, 10.
- Asimbaya, S. (24 de Julio de 2018). *Propuesta para la creación de la microempresa “korbán” dedicada a la producción y comercialización de yogurt elaborado de remolacha - mora, en la Parroquia de Alóag, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha*. Obtenido de Repositorio de la Universidad Central del Ecuador:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16534/1/T-UCE-0005-CEC-070.pdf>
- Azeredo, H. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability –a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 2365–2376. Obtenido de International Journal of Food Science and Technology 2009, 44, 2365–2376.
- Barragán, M., Aro, J., Huamaní, V., & Cartagena, R. (2018). Antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del mio – mio (*Coriaria ruscifolia* L.). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 10.
- Berber, A., Zengin, G., Aktumsek, A., Aydin, M., & Uysal, T. (2013). Antioxidant capacity and fatty acid composition of different parts of *Adenocarpus complicatus* (Fabaceae) from Turkey. *Revista de Biología Tropical*, 10.
- Borgogna, M., Bellich, B., Zorzin, L., & Lapasin, R. (2010). Food microencapsulation of bioactive compounds: rheological and thermal characterisation of non-conventional gelling system. *Food Chemistry*, 416- 423.
- Caparino, O., Tang, J., Nindo, C., Sablani, S., Powers, J., & Fellman, J. (2012). Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine Carabao var.) powder. *Journal of Food Engineering*, 135–148.



- Castillo, Y., & Hernández, M. (2017). Componentes Bioactivos del Asai (*Euterpe oleracea* Mart. y *Euterpe precatoria* Mart.) y su efecto sobre la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 10.
- Cazorla, J. (Junio de 2018). *Aplicación de la técnica de microencapsulación de betalainas extraídas a partir de la remolacha (Beta vulgaris)*. Obtenido de REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO:  
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28230/1/03%20T.AL.pdf>
- Chen, C. (2016). *Pigments in Fruits and Vegetables*. New York: Springer.
- Cobo, M. (Junio de 2014). *Estudio de Diversidad Genética de Mortiño (Vaccinium floribundum Kunth.) en tres Provincias de la Sierra Ecuatoriana: Imbabura, Pichincha y Cotopaxi*. Obtenido de REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO:  
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/3332/1/110856.pdf>
- CORANTIOQUIA. (2003). *Conozcamos y usemos el mortiño*. Medellín.
- Díaz, G., Mendoza, E., & Vidaurre, J. (2015). CINÉTICA DE LA DEGRADACIÓN DE BETALAINAS Y FENOLES TOTALES DURANTE LA COCCION DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*). *Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 11.
- Du, J., Ge, Z.-Z., Zou, B., Zhang, Y., & Li, M. (2014). Comparison of the Efficiency of Five Different Drying Carriers on the Spray Drying of Persimmon Pulp Powder. *Drying Technology: An International Journal*, 11.
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 510-523.
- Favaro, C., Santana, A., Monterrey, E., & Trindade, M. (2010). The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. *Food Hydrocolloids*, 336-340.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. . Acribia S.A. Zaragoza. España.
- Fernández-López, J., Roca, M., Angosto, J., & Obón, J. (2018). Betaxanthin-Rich Extract from Cactus Pear Fruits as Yellow Water-Soluble Colorant with Potential Application in Foods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 8.
- Franco, G., & Giraldo, M. (s.f.). *El cultivo de Mora*. Obtenido de Repositorio agrosavia:  
[https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12792/39929\\_24481.pdf?sequence=1](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12792/39929_24481.pdf?sequence=1)
- Frank, K., Walz, E., Gräf, V., Greiner, R., Köhler, K., & Schuchmann, H. (2012). Stability of anthocyanin-rich W/O/W emulsions designed for intestinal release in gastrointestinal environment. *J Food Sci*, 50-57.
- FUNIBER. (2017). *FUNDACION UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA*. Obtenido de Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos:  
<https://www.composicionnutricional.com/alimentos/MORA-DE-CASTILLA-5>
- García, G., González, M., Ochoa, M., & Medrano, H. (2004). Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersion. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 262-266.

- GORRITI, A., ARROYO, J., NEGRON, L., JURADO, B., PURIZACA, H., SANTIAGO, I., . . . QUISPE, F. (2009). Antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante de las corontas del maíz morado (*Zea mays L.*): Método de extracción. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 10.
- Hogan, S., McNamee, B., O'Riordan, E., & O'Sullivan, M. (2001). Microencapsulating Properties of sodium caseinate. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*.
- INEC. (2016). *Instituto nacional de estadísticas y censos*. Obtenido de Estadísticas Agropecuarias: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Janiszewska Turak, E. (2017). Carotenoids microencapsulation by spray drying method and supercritical fluid micronization. *Food Research International*.
- Janiszewska, E. (2014). Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. *Powder Technology*, 190-196.
- KUSKOSKI, E., A.G, A., TRONCOSO, A., MANCINI-FILHO, J., & FETT, R. (2005). APLICACIÓN DE DIVERSOS MÉTODOS QUÍMICOS PARA DETERMINAR ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN PULPA DE FRUTOS. *Food Science and Technology*, 25(4): 726-732.
- Kuskoski, M., Asuerol, A., Troncoso, A., & Mancini-Filho, J. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*
- Lalaleo, M. (26 de Septiembre de 2016). *EFFECTO INHIBITORIO DEL EXTRACTO ALCOHÓLICO DE MORTIÑO (VACCINIUM FLORIBUNDUM KUNTH) SOBRE EL STREPTOCOCCUS MUTANS*. Obtenido de REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7753/1/T-UCE-0015-392.pdf>
- Lastra, Y., & Vivanco, F. (2015). *PROPIEDADES DE REHIDRATACIÓN Y VITAMINA C DE UN PRODUCTO MICROENCAPSULADO A BASE DE ZUMO DE CARAMBOLA (Averroha Carambola L.)*. Obtenido de REPOSITORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4551/Aza%C3%B1a%20-%20Vivanco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Llimpe, P. (2017). *Estudio del contenido de antocianinas y capacidad antioxidante del fruto macha macha (Vaccinium Floribundum) durante la maduración*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Huancavelica: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1694/TESIS%20LLIMPE%20REZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Loksuwan. (2007). Characteristic of microencapsulated B- carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food hydrocolloids*, 928-935.
- López, Á., Trujillo, Y., & Penagos, L. (2010). Efecto de las condiciones de empacado y el tiempo de almacenamiento en el color del grano de frijol seco cargamento blanco (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Científica Guillermo de Ockham.*, 10.

- Luna, J., López, J., Jiménez, O., & Luna, L. (2016). Microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 11.
- Machado, S., & Schieber, A. (2010). Bioactive Compounds in Mango (*Mangifera Indica* L.). *Federal University of Vicosa, De-partment of Health and Nutrition, Vicosa, Minas Gerais State, Brazil*.
- Madene, A., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release- a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 1-21.
- Martín, M., Morales, M., Gallardo, V., & Ruíz, M. (2009). Técnicas de microencapsulación: una propuesta para microencapsular probióticos. *Ars Pharmaceutica*, 43-50.
- Masters, K. (2002). *Spray Drying in Practice*. Ed. *SprayDryConsult International ApS*. Obtenido de Ed. *SprayDryConsult International ApS*.
- Mendoza, E., Curi, C., Virginia, R., & Alvarado, J. (2016). ENCAPSULATION, CHARACTERIZATION AND THERMAL STABILITY OF ANTHOCYANINS FROM ZEA MAYS L. (PURPLE CORN). *Revista Boliviana de Química*, 7.
- Moldovan, B., David, L., Chisbora, C., & Cimpoi, C. (2012). Degradation kinetics of anthocyanins from european cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts. *Molecules*.
- Montes, E., DePaula, C., & Ortega, F. (2007). Determinacion de las condiciones optimas de encapsulamiento por co-cristalizacion de jugo de maracuya (*Passiflora edulis*). *Revista Temas Agrarios*, 5-12.
- Moreno, E., Ortiz, B., & Restrepo, L. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 8.
- Moreno, M., Betancourt, M., Pitre, A., Garcia, D., Douglas, B., & Medina, C. (2007). Evaluacion de la estabilidad de bebidas citricas acondicionadas con dos fuentes naturales de betalainas: tuna y remolacha. *Bioagro*.
- Nijveldt, R., & VanNood, E. (2001). Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential. *American Journal of Clinical Nutrition*.
- Ortega, R., Jimenez, A., & López, A. (2011). *Implicacion social de la industria alimentaria*. Obtenido de Ciencia, nutricion y salud : [http://www.fundacionalimentum.org/media/File/PDF\\_web\\_Implicacio](http://www.fundacionalimentum.org/media/File/PDF_web_Implicacio)
- Pedroza, I. (2002). Alimentos microencapsulados: particularidades de los procesos para la microencapsulación de Alimentos para larvas de especies acuícolas. *VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*.
- Rodríguez, L., Lopez, L., & García, M. (2010). DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN DISTINTOS ESTADOS DE MADUREZ DE FRUTAS DE CONSUMO HABITUAL EN COLOMBIA, MORA (*Rubus glaucus* B.), MARACUYÁ (*Passiflora edulis* S.), GUAYABA (*Psidium guajava* L.) Y PAPAYUELA (*Carica cundinam*). *Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 9.
- Rodriguez-Amaya, D. (2016). Natural food pigments and colorants. *Curr Opin Food Sci*.

- Saikia, S., Mahnot, N., & Mahanta, C. (2015). Optimisation of phenolic extraction from Averrhoa carambola pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, 9.
- Salazar- González, C., Vergara- Balderas, F., & Guerrero- Beltrán, J. (2009). Evaluación de agentes antioxidantes de un extracto de flor de jamaica microencapsulado. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 14-25.
- Sanchez, Z. (2016). *EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS, MORFOLÓGICAS Y SENSORIALES DE MICROENCAPSULADOS DE CACAO OBTENIDOS POR SPRAY DRYING*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <http://bdigital.unal.edu.co/52522/1/1106778773.2016.pdf?fbclid=IwAR1QHfUlcV4y6ws2WtHXJARXZYbp09p5lsr3gCyaNDS8kbML08sYnLiT8>
- Santiago-Adame, R., Medina-Torres, L., Gallegos-Infante, J. A., Calderas, F., González-Laredo, R., & Rocha-Guzmán, N. E.-B. (2015). Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (*Cinnamomum zeylanicum*) with maltodextrin. . *Food Science and Technology*, 571-577.
- Serrano-Maldonado, M., Guerrero-Legarreta, I., Perez-Olvera, C., & Soriano-Santos, J. (2011). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y EFECTO CITOTOXICO DE ´ Cladocolea Ioniceroides (van Tieghem) Kujit (Loranthaceae). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10.
- Silva, P., Stringheta, P., Teófilo, R., & y Nolasco, L. (2013). Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*.
- Slinkard, J., & Singleton, V. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *AMERICAN JOURNAL OF ENOLOGY AND VITICULTURE*, 7.
- Stintzing, F., & Carle, R. (2008). N-Heterocyclic Pigments: Betalains. En: Socaciu C. Ed. *Food Colorants: Chemical and Functional Properties*, Taylor & Francis/CRC Press.
- Surco-Laos, F., Valle, M., Loyola, E., Dueñas, M., & Santos, C. (2016). Actividad antioxidante de metabolitos de flavonoides originados por la microflora del intestino humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú* , 8.
- Tonon, R., & Brabet, C. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research Internacional*, 907-914.
- Tonon, R., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2018). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 411-418.
- Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in Food Science & Technology*, 12.
- Trujillo, D. (Mayo de 2008). *Cultivo in vitro del mortiño ( vaccinium floribundum kunth)*. Obtenido de Repositorio de la Universidad San Francisco de Quito : <http://192.188.53.14/bitstream/23000/794/1/91202.pdf>

- Vergara, C., Saavedra, J., Sáenz, C., García, P., & Paz, R. (2014). Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. *Food Chemistry*, 246-251.
- Vidović, S. S., Vladić, J. Z., Vaštag, Ž. G., Zeković, Z. P., & Popović, L. M. (2014). Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in *Satureja montana* dry powder extract obtained by spray drying technique. *Powder Technology*, 209-215.
- Villacrez, J. (Diciembre de 2013). *desarrollo de microencapsulados por SPRAY DRYING a partir de frutos de mora de castilla (Rubus glaucus Benth)*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <http://bdigital.unal.edu.co/47240/1/197569.2013.pdf>
- Villacrez, J. (Diciembre de 2013). *Desarrollo de microencapsulados por SPRAY DRYING a partir de frutos de mora de castilla (Rubus glaucus Benth)*. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <http://bdigital.unal.edu.co/47240/1/197569.2013.pdf>
- Viteri, P., Vásquez, W., Viera, W., Sotomayor, A., & Mejía, P. (Noviembre de 2016). *Cultivo de la mora en Ecuador*. Obtenido de repositorio INIAP: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4051>
- Warthesen, J., Vickers, Z., Whitney, G. West, S., & Wolf, D. (1984). Cookery methods for vegetables: influence of sensory quality, nutrient retentions, and energy consumption. *Home Economics Research Journal*, 61-79.
- Xie, Z., Huang, J., Xu, X., & Jin, Z. (2008). Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate. *Food Chemistry*, 7.
- Zhu, B., Cao, X., Liu, J., & Gao, W. (2018). Effects of different drying methods on physicochemical and sizing properties of granular cold water swelling starch. *Textile Research Journal*, 9.
- Zuidam, N., & Nedović, V. (2010). Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing. *Springer Science+Business Media New York, USA*, 3-8.

## ANEXOS



**Anexo1.** Microencapsulación y análisis del contenido de humedad de los polvos



**Anexo 2.** Análisis fisicoquímicos de los polvos microencapsulados



**Anexo 3.** Evaluación de color y análisis morfológico de las microcápsulas



**Anexo 4.** Preparación de disoluciones para análisis de antioxidantes en las muestras



**Anexo 5.** Análisis de compuestos antioxidantes en las muestras.