

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE**

**ALIMENTOS**



**“ENCAPSULACIÓN DE EXTRACTOS DE *MORINGA OLEIFERA* Y SU  
INCORPORACIÓN A UNA BEBIDA FERMENTADA COMO APORTE  
NUTRICIONAL”**

**POR**

**ELSA GUADALUPE REYES AMAYA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**SALTILLO, COAHUILA, MEXICO**

**MAYO 2024**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**“Encapsulación De Extractos De *Moringa Oleifera* Y Su Incorporación A Una  
Bebida Fermentada Como Aporte Nutricional”**

**POR:**

**ELSA GUADALUPE REYES AMAYA**

**TESIS**

Presentada Como Requisito Para Obtener El Título De

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

La cual fue revisada y aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón**  
Director

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Xóchitl Ruelas Chacón**  
Codirector

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**“Encapsulación De Extractos De *Moringa oleifera* Y Su Incorporación A Una Bebida Fermentada Como Aporte Nutricional”**

POR:

**ELSA GUADALUPE REYES AMAYA**

**TESIS**

Presentada Como Requisito Para Obtener El Título De

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

La cual fue revisada y aprobada por:

**COMITÉ ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón**

Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
**Q.F.B. María del Carmen Julia García**

Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Xóchitl Ruelas Chacón**

Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Alberto Antonio Neira Vielma**

Asesor externo

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. Pedro Carrillo López**

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2024



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**"Encapsulación De Extractos De Moringa *Oleifera* Y Su Incorporación A Una Bebida Fermentada Como Aporte Nutricional"**

POR:

**ELSA GUADALUPE REYES AMAYA**

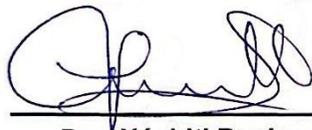
**TESIS**

Presentada Como Requisito Para Obtener El Título De

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

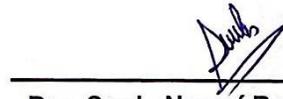
La cual fue revisada y aprobada por:

**JURADO EXAMINADOR**



**Dra. Xóchitl Ruelas Chacón**

Presidente



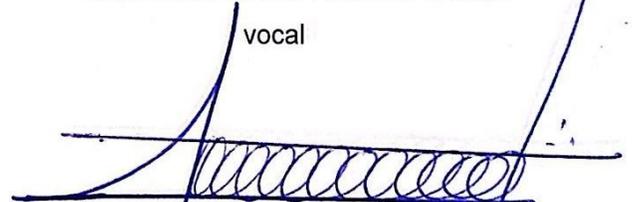
**Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón**

vocal



**M.C. Carlos Alberto García Agustince**

Vocal



**Dr. Alberto Antonio Neira Vielma**

Vocal

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2024

## DERECHO DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

**Atentamente**

**Alma Terra Mater**



\_\_\_\_\_  
Elsa Guadalupe Reyes Amaya



\_\_\_\_\_  
Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón

## AGRADECIMIENTOS

Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía. Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia. Si bien el resultado de esta tesis, ha requerido trabajo arduo, dedicación y esfuerzo por parte de la autora, no hubiese sido posible sin la participación de más personas, que han contribuido con mi desarrollo personal y profesional, logrando que las cosas sean más llevaderas, para obtener un final exitoso. Es por ello que me llena de una inmensa felicidad, el poderles expresar mi agradecimiento dedicado en estas líneas.

Primero y, antes que nada, a **Dios por** darme la fortaleza en los momentos que más lo requería, por iluminar mi mente siempre, por llenarme de voluntad día con día, por culminar tan satisfactoriamente lo que hoy, hace 4 años y medio atrás solo era parte de un sueño.

A la “**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**”, por abrirme sus puertas y ser mi segundo hogar, porque, así como yo, otros puedan concluir sus sueños.

A mi **Familia**, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes, porque con su amor, tiempo y dedicación, siempre me han impulsado en alcanzar mis sueños, porque me han dado las herramientas para enfrentar la vida y ser una persona de bien.

¡Los Amo!

A la Familia: **Mendoza Soria**, por abrirme las puertas de su hogar y hacerme un miembro más de su familia, porque con su cariño hicieron que mi estancia lejos de mi hogar fuera más llevadero, Sin duda alguna con su apoyo todo fue más fácil, ¡Gracias por su apoyo en todo momento!

Enseñar no es transferir conocimiento; Si no crear las posibilidades para su producción o su construcción. Quien enseña, aprende a enseñar y quien enseña, aprende a aprender, es especial mi reconocimiento y admiración a mi asesora de Tesis **Dra. Sonia Noemí Ramírez Barrón**, por el interés mostrado en mi trabajo, así como las sugerencias propuestas, por confiar en mí, por el apoyo brindado, por siempre tener disponibilidad, por tener paciencia, por compartirme su conocimiento, por la sonrisa que día con día me regalo, por compartirme y enseñarme su amor por la ciencia, por sus palabras de aliento que siempre me reconfortaron, es la mejor asesora, este logro también es de usted, porque sin duda alguna sin usted no hubiera sido posible.

¡Infinitas gracias!

Del mismo modo agradezco a la **M.C María Carmen Julia García**, por su importante participación en el desarrollo del trabajo, mostrándose siempre activa, con la mejor disponibilidad, por el apoyo brindado y sobre todo compartirme su conocimiento, gracias por siempre regalarme una sonrisa día con día, sin duda alguna su apoyo ha enriquecido este trabajo.

¡Muchísimas Gracias!

A la *Dra. Xóchitl Ruelas Chacón*, por su colaboración en esta tesis, gracias por brindarme su tiempo y dedicación, así como sugerencias y su apoyo incondicional, Infinitas Gracias.

Le agradezco al *Q.F.B Luis Carlos Olvera Ríos*, técnico académico del departamento de ciencias básicas, por la colaboración, por hacer que mi periodo de la tesis fuera más ameno, divertido, por compartirme de su conocimiento, sobre todo por todas las sonrisas brindadas y el apoyo brindado para la realización del análisis bromatológico de esta tesis. ¡Muchísimas gracias!

Al *Dr. Mario Alberto Cruz Hernández*, por su colaboración en esta tesis, ya que sin su apoyo esto no hubiera sido posible. ¡Gracias!

Quiero expresar tan bien mi más sentido agradecimiento, al *Ing. Gustavo Hernández Pérez*, por siempre tener una palabra de aliento, por seguir dándome ánimos, por compartirme de su conocimiento, por regalarme sonrisas día con día, por hacer que el periodo de la realización de la tesis fuera más a meno, por su entusiasta participación y apoyo en el Laboratorio del departamento de Ciencias Básicas. ¡Muchísimas Gracias!

La amistad es el ingrediente más importante en la receta de la vida, quiero expresar mi más grato agradecimiento a la familia foránea que forme, por tantas sonrisas regaladas, por todo el ánimo que me brindaron, por cada regaño, por cada anécdota e historia vivida, gracias por hacer que mi estancia lejos de mi hogar fuera más amena y divertida porque ellos, así como yo también se encuentran lejos de su hogar, *Emmanuel Mendoza, Rafael Amaya , Rafael Mtz, Jorge Rdz, San Juana Rdz, Jessica Morales, Tania Benítez, Fernando Quevedo, Enrique Presas, Marco Villegas, Mario López,* así como también es grato mi agradecimiento para aquellos amigos que encontré, como para aquellos que con su amistad a distancia, a lo largo de este tan hermoso trayecto, me impulsaron para ser una mejor persona, siempre he dicho que las personas llegan justo en el momento indicado y sin duda alguna ustedes no fueron la excepción, gracias infinitas por sus muestras de cariño, por sus palabras de aliento, sin duda alguna este logro no hubiera sido posible sin ustedes, *Homar Sánchez, Hingrid López, Diana Sánchez, Jaqueline Sánchez , Fernanda Martínez.*

## DEDICATORIAS

A mi Padre *Juan Antonio Reyes Ortiz*, estas líneas no me alcanzarían para expresarle mi infinito amor, gratitud, respeto y admiración que por usted siento, sin duda alguna este logro, está dedicado con todo mi amor hacia usted, que ha dedicado su vida a amarme incondicionalmente, que se ha encargado de guiarme por el camino de bien, que siempre tiene las palabras justas para motivarme, es mi mayor ejemplo de superación y de vida, sin duda alguna este logro es para usted, que día con día siempre encuentra la manera de hacerse presente, ha entendido mis silencios, siempre está para regalarme una sonrisa, me extendió su mano cuando sentía el final del camino, gracias por enseñarme que los errores no existen, que solo son pruebas para crecer, le amo con el corazón, sin duda alguna es el pilar más grande en este logro.

iEste logro es para usted i

A mi Madre *Leticia Amaya Galaviz*, que me ha amado incondicionalmente, sin duda alguna nunca terminaría de expresarle todo el amor, respeto y admiración que por usted siento, gracias por formar parte de mi vida, que se ha esforzado tanto por nosotros, porque siempre tiene una palabra de aliento en cada momento, porque sé que, sin duda alguna, mis logros son sus logros, y sé que mis lágrimas, siempre son suyas. Es mi mayor ejemplo como mujer, su sabiduría influyo en mi madurez, para poder enfrentar la vida, esta tesis es para usted en agradecimiento por todo su amor, gracias por confiar tanto en mí.

iLe amo con el corazón mami, esto es para usted i

A mis Hermanos **Juan Marcos, Erika Paola y Anthony**, siempre han sido mi apoyo en todo momento, gracias por tantas muestras de cariño, son mis mejores maestros, a pesar de la diferencia de edades, me han enseñado tanto, y son mi mayor ejemplo del amor puro e incondicional, gracias por siempre hacerme sonreír, porque definitivamente este logro no hubiese sido posible sin ustedes.

iLos amo inmensamente i

A mi amado Abuelo **Marcelino Amaya Martínez**, porque siempre que estamos juntos, son puras risas, las mejores lecciones de vida me las ha brindado usted, por su inigualable apoyo, no tengo palabras para agradecer, por tanto, gracias por siempre estar para mí, sin duda alguna este logro también es de usted.

iLo amo mucho Abuelito i

A mi Esposo *Jesús Alberto Hernández Villanueva*, eres la felicidad encajada en una sola persona, eres el ingrediente perfecto para poder alcanzar este sueño, tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos, siempre ayudándome y motivándome, soy privilegiada por tener conmigo a una persona que se preocupó por mí en cada momento y etapa de mi formación profesional y personal, te agradezco por tanto, por toda la paciencia que me brindaste, por tus grandes aportes no solo para mi desarrollo profesional, sino también para mi vida, eres mi inspiración y motivación, me ayudaste hasta donde te era posible, incluso más que eso.

Porque gracias a ti, hoy puedo con alegría presentar y disfrutar de esta tesis, este logro también es tuyo.

iMuchas gracias amor, Té Amo i



2.4.6.1. Tipos de microcápsulas.....	18
2.4.6.2. Sistema reservorio o capsular.....	18
2.4.6.3. Sistema matricial.....	18
2.4.6.4. Material de encapsulación o recubrimiento.....	18
2.4.7. Matrices empleadas en la encapsulación.....	19
2.4.8. Alginato.....	19
2.5. Alimentos funcionales.....	20
2.5.1. Uso de los alimentos funcionales para la salud.....	20
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>21</b>
<b>3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
3.1. Localización.....	21
3.2. Equipo, materiales Y reactivos.....	21
3.2.1. Obtención del polvo de Moringa.....	21
3.2.2. Preparación de Extractos acuosos de Moringa Oleífera.....	22
3.2.3. Determinación de Proteínas Totales.....	22
3.2.4. Determinación de Azucares Totales.....	23
3.2.5. Determinación de actividad antioxidante: ABTS.....	23
3.2.6. Determinación de actividad antioxidante: DPPH.....	23
3.2.7. Determinación de actividad antioxidante: FRAP.....	23
3.2.8. Microencapsulación de Extractos Acuoso de CaCl <sub>2</sub> .....	24
3.2.9. Encapsulación de Extractos Acuoso de Buffer Fosfato Salino (PBS)	24
3.2.10. Encapsulación de Extractos Acuoso de Etanol.....	25
3.2.11. Análisis Sensorial de encapsulación de extractos de moringa oleífera y su incorporación a una bebida fermentada.....	25
3.3. Metodología.....	26
3.3.1. Acondicionamiento del polvo de moringa oleífera.....	26
3.3.2. Preparación de extractos acuoso de Moringa oleífera.....	27
3.3.3. Determinación De Proteínas Totales.....	28
3.3.4. Determinación de azucares totales.....	29
3.3.5. Determinación de Actividad Antioxidante de Extractos.....	30
3.3.5.1. ABTS.....	30
3.3.5.2. DPPH.....	31
3.3.5.3. FRAP.....	31
3.4. Microencapsulación.....	32
3.4.1. Microestructura.....	32
3.4.2. Secado de microcápsulas.....	33
3.4.3. Incorporación de microcápsulas a yogurt.....	34
3.5. Evaluación sensorial.....	35
3.5.1. Preparación de la muestra y materiales.....	35
3.5.2. Evaluación Sensorial.....	35
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>36</b>

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Proteína cruda .....	37
4.2. Determinación de azúcares totales .....	38
4.3. Actividad antioxidante.....	40
4.4. Microencapsulación .....	41
4.5. Evaluación sensorial.....	43
4.5.1. Apariencia global.....	43
4.5.2. Color .....	44
4.5.3. Olor.....	45
4.5.4. Viscosidad .....	46
4.5.5. Sabor .....	47
4.5.6. Aceptación global .....	48
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>50</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>51</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPITULO VII.....</b>	<b>64</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1</b> Composición Nutricional De Las Partes De Moringa. Tomado De Gopalakrishnan, 2016. ....	7
<b>Cuadro 2.2</b> Alimentos Con Adición De <i>Moringa</i> . Tomado De Doménech Asensi, 2017. ....	9
<b>Cuadro 2.3</b> Polisacáridos Empleados En La Encapsulación. ....	19
<b>Cuadro 3.1</b> Materiales Y Reactivos Para Preparación De Polvo De <i>Moringa</i> . ....	21
<b>Cuadro 3.2</b> Materiales Y Reactivos Para Preparación De Extractos Acuosa. ....	22
<b>Cuadro 3.3</b> Materiales Y Reactivos Para Determinación De Proteínas Totales. ....	22
<b>Cuadro 3.4</b> Materiales Y Reactivos Para Determinación De Azúcares Totales. ....	23
<b>Cuadro 3.5</b> Materiales Y Reactivos Para Determinación De Actividad Antioxidante Por: Abts. ....	23
<b>Cuadro 3.6</b> Materiales Y Reactivos Para Determinación De Actividad Antioxidante Por: Dpph. ....	23
<b>Cuadro 3.7</b> Materiales Y Reactivos Para Determinación De Actividad Antioxidante Por: Frap. ....	23
<b>Cuadro 3.8</b> Materiales Y Reactivos Para Microencapsulación De Extractos Acuosa De CaCl <sub>2</sub> . ....	24
<b>Cuadro 3.9</b> Materiales Y Reactivos Para Microencapsulación De Extractos Acuosa De Pbs. ....	24
<b>Cuadro 3.10</b> Materiales Y Reactivos Para Microencapsulación De Extractos Acuosa Etanol. ....	25
<b>Cuadro 3.11</b> Materiales Y Reactivos Para El Análisis Sensorial. ....	25
<b>Cuadro 3.12</b> Tiempo De Reacción, De Los Extractos. ....	27
<b>Cuadro 4.1</b> Identificación De Tratamientos. ....	36
<b>Cuadro 4.3</b> Tratamientos Sensoriales Con Muestras De Yogurt. ....	43

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1</b> Contenido De Proteína Cruda.....	38
<b>Figura 4.2</b> Contenido De Azucares Totales.....	39
<b>Figura 4.3</b> Contenido De Actividad Antioxidante.....	40
<b>Figura 4.4</b> Microcápsulas Vistas Desde El Microscopio.....	42
<b>Figura 4.5</b> Diametro De Microcapsulas. ....	42
<b>Figura 4.6</b> Apariencia Global De Yogurt En Diferentes Tratamientos. ....	44
<b>Figura 4.7</b> Color En Diferentes Tratamientos. ....	45
<b>Figura 4.8</b> Olor En Diferentes Tratamientos. ....	46
<b>Figura 4.9</b> Viscosidad En Diferentes Tratamientos .....	47
<b>Figura 4.10</b> Sabor En Diferentes Tratamientos.....	48
<b>Figura 4.11</b> Aceptación Global En Diferentes Tratamientos. ....	49

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó la encapsulación de extractos de moringa *oleifera* y su incorporación a una bebida fermentada como aporte nutricional. Se utilizaron 3 métodos para extracción de proteína de la hoja de moringa, posteriormente fueron analizados por los siguientes métodos determinación de proteínas totales por digestión Kjeldahl, para la determinación de azúcares totales la técnica fenol-ácido sulfúrico, así como para la determinación de la actividad antioxidante fueron analizados por los métodos ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico), DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) y FRAP (capacidad de reducción de hierro). Como consiguiente, se determinó que extracto contenía mayor cantidad de proteínas; posteriormente el extracto se microencapsuló, en una matriz de alginato de calcio, estas mismas se secaron a través de 2 métodos, secado por estufa y secado al ambiente, optando por conservar aquellas con menor diámetro.

Para la evaluación sensorial, se aplicó una prueba hedónica con una escala de cinco puntos; con jueces del panel de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar.

El yogurt con capsulas de extracto de *Moringa oleifera* contiene altos niveles de proteína, capacidad antioxidante, así como azúcares totales. Por lo tanto; los resultados indican que la *moringa oleifera* aporta beneficios a la salud.

**PALABRAS CLAVE:** Moringa oleifera, microencapsulación, alimento funcional, yogurt, análisis sensorial.

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCION

Los seres humanos han evolucionado constantemente y con ello han transformado su estilo de vida, y por ende sus hábitos alimentarios, creando nuevas necesidades. Actualmente no solo se busca satisfacer la necesidad de hambre y proporcionar los nutrientes necesarios, sino también prevenir enfermedades relacionadas con la desnutrición, mejorar el bienestar físico y mental.

Los alimentos denominados funcionales constituyen un mercado en alza, siendo uno de los segmentos con mayor crecimiento en los últimos años (Falguera, 2012). La *Moringa oleífera* es una planta que puede ser considerada como alimento funcional. Esta planta ha sido estudiada, encontrando una gran variedad de compuestos benéficos para la salud, lo que hace a la *Moringa*, un material extraordinario para la extracción de compuestos activos y su posterior aplicación como alimento funcional. Entre las propiedades que se le otorgan están: combatir las infecciones de piel, el asma y la bronquitis, prevenir la anemia y diabetes, etc. (Mahmood, 2010).

Los productos lácteos son alimentos con proteínas de alto valor biológico que contienen todos los aminoácidos esenciales para el organismo, adicionalmente son ricos en calcio, el yogur es un alimento que ha crecido con popularidad, a través de los años, ya que los probióticos que este posee; los cuales, consumidos en cantidades suficientes, ejercen efectos benéficos en la población microbiana del tracto gastrointestinal (Holzapfel, 2001). Las bacterias que se encuentran en este producto son principalmente miembros del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Ghaderi, 2010). El yogur es considerado como

Preparaciones en alimentos o suplementos diarios para mejorar la salud de los humanos (Holzapfel, 2001).

El desarrollo de ingredientes multifuncionales que pueda dar lugar a distintos efectos fisiológicos beneficiosos para el ser humano, representa un reto importante para dar respuesta a necesidades de consumidores con necesidades específicas.

En el presente trabajo se propone desarrollar un sistema de encapsulación para los extractos de *Moringa oleífera*; en una matriz de alginato de calcio, con el fin de preservar sus propiedades antioxidantes y proteicas.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Encapsular extractos de *Moringa oleífera* e incorporarlos a una bebida fermentada para mejorar su aporte nutrimental.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Obtener extractos de la hoja de *Moringa oleífera*, con alto contenido proteico y antioxidante.
- Caracterizar los extractos de *Moringa oleífera*, cuantificando proteínas, lípidos, carbohidratos, etc.
- Encapsular los extractos de *Moringa oleífera*, usando matrices naturales como el alginato de calcio.
- Caracterizar las cápsulas que contienen extractos de *Moringa oleífera* a través de técnicas microscópicas.
- Incorporar las cápsulas a un alimento líquido fermentado.
- Evaluar las propiedades nutricionales y sensoriales del alimento preparado.

## **1.2. Hipótesis**

La incorporación de microcápsulas con extracto de moringa al yogurt incrementará en contenido de proteína y capacidad antioxidante, sin alterar sus propiedades sensoriales.

## **1.3. Justificación**

La innovación y creación de alimentos funcionales, representa un reto importante en nuestro país. El fácil deterioro de la salud, de los mexicanos, se ha convertido en un gran problema social; las causas están relacionadas estrechamente con la inadecuada nutrición a la que nos estamos acostumbrando por diferentes factores, sean estos por carencia de tiempo, recursos económicos, preferencia por comida con pobres índices nutricionales (comida chatarra) o por el estilo de vida frenético que se sostiene en la actualidad. Como estudiante de Ingeniería En Ciencia Y Tecnología De Alimentos, se propone desarrollar un sistema de encapsulación para los extractos de *Moringa oleifera*; en una matriz de alginato de calcio con alto contenido nutricional, con la finalidad de dar repuesta a necesidades alimenticias de los consumidores.

## CAPITULO II

### 2. REVISION DE LITERATURA

#### 2.1. Generalidades de la *Moringa oleífera*

##### 2.1.1. La Moringa

La moringa (*Moringa oleífera*) es una planta que puede ser considerada como alimento funcional. Durante siglos, ha sido utilizada por varias culturas alrededor del mundo como herramienta de la medicina tradicional, hay pruebas históricas que indican que las hojas y frutos de *moringa* eran parte de la dieta de los reyes y reinas con el fin de mantener la mente alerta y tener una piel sana. Entre las propiedades que se le otorgaba están: combatir las infecciones de piel, el asma y la bronquitis, prevenir la anemia y diabetes, etc. (Mahmood y Mugal, 2010).

##### 2.1.2. Origen y Distribución Geográfica

El árbol de *moringa* es originario del sur de los Himalayas y el noroeste de la India (Guzmán, 2015). Desde 1920 se ha ido introduciendo y naturalizando en otros países de Asia, África, en América Latina y Centroamérica, donde sus principales usos eran como árbol ornamental y servía como cerca viva y cortinas rompe vientos (Cabrera, 2014). El nombre científico de la moringa es *Moringa Oleífera* Lam (Alfaro y Martínez, 2008).

##### 2.1.3. Taxonomía y Características Botánicas

Según su clasificación taxonómica, pertenece a la familia de las Moringáceas, orden de los Capparidales clase magnoleopsida. Es la más conocida del género *Moringa* que cuenta con 13 especies (Liñán, 2010).

Esta planta crece bien a alturas por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar (msnm), pero puede adaptarse a condiciones sobre los 1500 msnm siempre y cuando

no haya heladas (Fahey y Olson, 2011), en cuanto a las condiciones de suelo, la planta se adapta a suelos duros o pesados, con poca capacidad de retención de agua y con poca actividad biológica, lo importante es que haya un buen drenaje porque no sobrevive en lugares con acumulación de agua (Alfaro y Martínez, 2008).

En general, la planta de *moringa* (Figura 1) consiste en un arbusto grande, o se le podría considerar también como un árbol pequeño y frondoso de una altura promedio máxima de 10 metros. La corteza es blanquecina, la forma y tamaño del tronco irregular y la corona pequeña y densa. Las hojas tienen 20 cm de largo, con hojuelas delgadas, oblongas u ovaladas de 1 a 2 cm de largo y son de color verde claro (Alfaro y Martínez, 2008).

Las flores de la *moringa* son de color crema y muy fragantes, miden de 1 a 1.5 cm, el fruto consiste en vainas de 20 a 45 cm de largo y de 1 a 2 cm de grosor, de color pardo, de tres lados, lineares (Rosero, 2015).

Las semillas son carnosas, tienen a su alrededor una cáscara fina de color café con tres alas o semillas aladas de 2.5 a 3 mm de largo. Cuando se retira la cáscara, se encuentra el endospermo o almendra que es blanquecina y muy oleaginoso. En cuanto a la raíz, es en forma de rábano, mide varios metros y es carnosa, es pivotante y globosa, lo que le da a la planta resistencia a la sequía en periodos prolongados (Alfaro y Martínez, 2008). Se conoce que la *Moringa* es una buena fuente de nutrientes, aminoácidos y antioxidantes, es usada contra el envejecimiento y tiene propiedades antiinflamatorias (Mahmood, 2010).

En la figura 2.1 (Olson y Fahey, 2011), se especifican las partes de la planta de *moringa*, la forma de sus frutos y semilla, con el fin de identificar más fácil su forma.

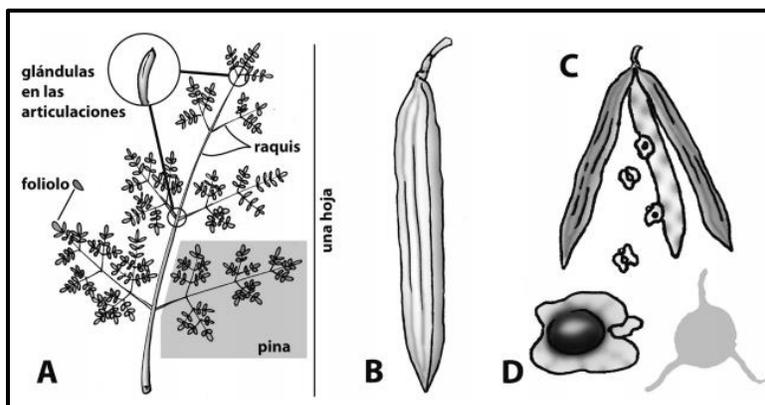


Figura 2.1 Representación gráfica de la planta de *moringa oleífera* A. Corresponde a toda la planta B. Fruto cerrado C. Fruto abierto D. Semilla. Tomado de Olson y Fahey, 2011.

La *moringa* tolera casi todo tipo de suelos. El pH varía entre 4.5 y 8. Se puede plantar en zonas marginales y puede llegar a crecer en suelos ligeramente salinos, sueltos, arenosos y cerca de cauces de agua, no resiste los suelos arcillosos (López García, 2016).

## 2.2. Aporte Nutricional

La calidad nutricional de la *moringa* dentro de la literatura se encuentra que contiene 7 veces más cantidad de vitamina C que las naranjas, 10 veces más vitamina A que las zanahorias, 17 veces más calcio que la leche, 9 veces más cantidad de proteína que la de un yogur, 15 veces más potasio que los bananos y 25 veces más hierro que las espinacas (Gopalakrishnan, 2016).

La planta es muy versátil pudiéndose aprovechar todas sus partes, sin embargo, la hoja ha sido la más utilizada tanto para consumo humano como animal por su gran contenido de proteínas, vitaminas y minerales (Guzmán, 2015).

Las hojas, son la parte más usada de la planta (*Moringa oleífera*) las cuales son ricas en vitaminas, carotenoides, polifenoles, ácidos fenólicos, flavonoides, alcaloides, taninos y saponinas (Vergara, 2017).

Las hojas tienen cualidades nutritivas sobresalientes, que están entre las mejores de todos los vegetales perennes. El contenido de proteína es del 27%; además tienen cantidades significativas de calcio, hierro y fósforo, así como vitamina A y C. Este valor nutricional es particularmente importante en áreas donde la seguridad alimentaria se puede ver amenazada por períodos de sequía, pues las hojas de *Moringa* pueden cosecharse durante las épocas secas, cuando no hay otros vegetales frescos disponibles (Munevar, 2019).

A continuación, se presenta la tabla 2.1 (Gopalakrishnan, 2016), con la composición nutrimental de cada una de las partes de *la Moringa (Moringa Oleífera)*, tomando como base 100 gramos de materia vegetal.

**Cuadro 2.1** Composición Nutricional De Las Partes De Moringa. Tomado de Gopalakrishnan, 2016.

Nutrientes	Hojas frescas	Hojas secas	Polvo de hojas	Vainas
Calorías (Cal)	9.2	329	205	26
Proteínas (g)	6.7	29.4	27.1	2.5
Grasa (g)	1.7	5.2	2.3	0.1
Carbohidratos (g)	12.5	41.2	38.2	3.7
Fibra (g)	0.9	12.5	19.2	4.8
Vitamina B1 (mg)	0.006	2.02	2.64	0.05
Vitamina B2 (mg)	0.05	21.3	20.5	0.07
Vitamina B3 (mg)	0.8	7.6	8.2	0.2
Vitamina C (mg)	220	15.8	17.3	120
Vitamina E (mg)	448	10.8	113	-
Calcio (mg)	440	2185	2003	30
Magnesio (mg)	42	448	368	24
Fosforo (mg)	70	252	204	110

Potasio (mg)	259	1236	1324	259
Cobre (mg)	0.07	0.49	0.57	3.1
Hierro (mg)	0.85	25.6	28.2	5.3
Azufre (mg)	-	-	870	137

### 2.3. Aplicaciones

El uso de la *Moringa* en alimentos se ha implementado principalmente en panes, galletas y productos cárnicos. En el primer caso, se emplea con el fin de aumentar el valor nutritivo del alimento, en el caso de la carne se utiliza como antioxidante natural (Doménech Asensi, 2017).

Los estudios en alimentos se centran valorar el incremento de las propiedades nutritivas y la aceptación por parte del consumidor. En otros casos se valora el efecto tecnológico, principal mente como antioxidante natural, comparado con aditivos químicos como el Butilhidroxitolueno (BHT), con marcado carácter tóxico (Doménech Asensi, 2017).

En los últimos años y en varias partes del mundo se ha aumentado el uso de la *Moringa*, con el fin de incrementar el valor nutricional de alimentos básicos dentro de los cuales podemos encontrar: hamburguesas, harina de maíz, pan, mortadela de pollo, snacks, cereales, galletas, quesos, yogurt, sopas, entre otros (Oyeyinka y Oyeyinka, 2018).

A continuación, en la tabla 2.2 (Doménech Asensi, 2017), muestra los alimentos en los que se ha experimentado la adición de *Moringa (Moringa oleífera)*, El uso de *moringa* en alimentos queda reducido casi exclusivamente a panes, galletas y productos cárnicos.

**Cuadro 2.2** Alimentos con adición de *Moringa*. Tomado de Doménech Asensi, 2017.

Alimento	Parte del árbol	Efecto deseado	Dosis (%)
Snack	Hoja en polvo	Nutritivo	0,6-1,2
Pan	Hoja en polvo	Nutritivo	1-5
Pan	Harina de semilla	Nutritivo	5-15
Galletas	Harina de semilla	Nutritivo	10-30
Galletas	Hoja en polvo	Nutritivo	10-20
Hamburguesa de búfalo	Extracto de hoja (líquido)	Antioxidante/conservante	1-2
Hamburguesa de cabra	Extracto de hoja (en polvo)	Antioxidante conservante	0,1
Hamburguesa de ternera	Harina de semilla	Antioxidante/conservante/aglomerante	2-6
Salchicha de pollo	Hoja en polvo	Antioxidante/conservante	0,25-1

#### **2.4. Microencapsulación**

La microencapsulación se puede definir como una técnica por la cual gotas líquidas, partículas sólidas o gaseosas, son cubiertas con una película polimérica porosa conteniendo una sustancia activa (Araneda, 2009), esta membrana, barrera o película está generalmente hecha de componentes con cadenas para crear una red con propiedades hidrofóbicas y/o hidrofílicas (Fuchs, 2006). Se utiliza de igual manera el término de microencapsulación en la industria alimentaria, cuando se encapsulan sustancias de bajo peso molecular o en pequeñas cantidades, aunque los dos términos, encapsulación y microencapsulación, se emplean indistintamente (Yañez, 2002).

Respecto al área de alimentos, las aplicaciones de esta técnica se han ido incrementando debido a la protección de los materiales encapsulados de factores como calor y humedad, permitiendo mantener su estabilidad y viabilidad. Las microcápsulas, ayudan a que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de

procesamiento y empaçado mejorando sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos (Yañez, 2002).

Una aplicación especialmente importante en alimentos es la nanoencapsulación que involucra la incorporación, absorción o dispersión, de componentes bioactivos en pequeñas vesículas con diámetro nano (o submicrón) (Bouwmeester, 2009), estas nanopartículas encapsuladas en la interface de gotas de emulsión pueden mejorar la estabilidad y controlar las gotas (Prestidge, 2006); y ser utilizadas como transportadores comestibles para componentes de sabor-aroma o para encapsulación o nutraceuticos, así como para mejorar la elasticidad de plásticos y paquetes de alimentos bioactivos (Sozer, 2009)

La técnica de microencapsulación ha permitido solucionar algunos problemas limitando las aplicaciones de ingredientes y aditivos alimenticios, puesto que puede controlar la eliminación de saborizantes, así como reducir volatilidad, higroscopicidad y reactividad incrementando la estabilidad de productos bajo condiciones ambientales adversas (Favaro, 2010).

Los procesos de encapsulación se pueden dividir en dos: procesos químicos y procesos mecánicos. Los procesos químicos se dividen en las técnicas de coacervación, co-cristalización, polimerización interfacial, gelificación iónica, incompatibilidad polimérica, atrapamiento por liposomas e inclusión molecular; dentro de los procesos mecánicos están las técnicas de secado por aspersion, secado por congelamiento/enfriamiento y extrusión (Madene, 2006).

#### **2.4.1. Sustancias que se encapsulan**

Hoy en día muchas sustancias pueden ser encapsuladas en partículas en polvo sólidas o ellas pueden ser microencapsuladas en emulsiones estructuradas (Palzer, 2009).

La microencapsulación ha sido exitosamente utilizada para mejorar la sobrevivencia de microorganismos en los productos lácteos protegiendo componentes sensibles en los alimentos (Adhikari, 2000).

Otro ejemplo relacionado con los productos lácteos es el yogurt, en el cual se microencapsulan bifidobacterias para incrementar la viabilidad en esta bebida fermentada (Adhikari, 2000).

#### **2.4.2. Métodos de encapsulación**

Para la preparación de las microcápsulas existen numerosos métodos y la selección del mismo para encapsular depende de los costos, el tamaño de la cápsula, las propiedades físicas y químicas de los materiales, la aplicación y el mecanismo de liberación deseado. La encapsulación ha sido aplicada a diversos campos (medicina, industria alimentaria, industria farmacéutica, agricultura, cosmética, etc.).

#### **2.4.3. Clasificación de métodos de encapsulación**

Los métodos de mayor aplicación en la industria de alimentos corresponden y se clasifican en:

##### **2.4.3.1. Métodos físicos**

Secado por aspersion, enfriamiento por aspersion, liofilización, recubrimiento por lecho fluidizado, extrusión, co-extrusión, extrusiónfusión, cocrystalización.

El secado por aspersion es el proceso más utilizado para microencapsular ingredientes activos, especialmente en la industria alimenticia; debido en gran medida a su bajo costo, buena estabilidad del producto final y eficacia de encapsulación relativamente alta (Favaro et al., 2010). Este método consiste en asperjar el material líquido y formar gotas

en las que el solvente se evapora al entrar en contacto con una corriente de gas caliente y formar una fina película del recubrimiento utilizado (Gharsallaoui et al., 2007).

En la técnica de extrusión, la emulsión del material activo y el de recubrimiento forman gotas al pasar por un dispositivo extrusor a alta presión. El alginato de calcio es comúnmente utilizado como material de recubrimiento (Lupo Pasin et al., 2012). Esta técnica ha sido utilizada para encapsular microorganismos, enzimas, ácidos grasos y prebióticos y genera microcápsulas menos porosas que el secado por aspersion (Serfert et al., 2009), aunque duplica su costo y el empleo de extrusores de tornillo a alta presión genera grandes fuerzas de cizallamiento que son perjudiciales para la estabilidad de materiales sensibles del núcleo, como el aceite omega-3 (Gouin, 2004). La coextrusión o extrusión centrífuga es un tipo de tecnología de extrusión, en la cual una solución acuosa de polímero caliente fluye a través del tubo exterior, la sustancia a encapsular pasa por el tubo interior y ambos fluidos son descargados finalmente en una corriente del fluido transportador. Esta técnica es comúnmente utilizada para encapsular aceites y microorganismos (Shinde et al., 2014).

#### **2.4.3.2. Métodos físico-químicos**

Coalescencia, inclusión molecular, encapsulación por liposomas. (Nag, 2011).

La inclusión molecular es definida como una nueva asociación supramolecular de un ligando (material encapsulado) dentro de un sustrato con una cavidad (agente encapsulante) por enlaces de hidrógeno y/o fuerzas de van der Waals. La ciclodextrina es uno de los materiales encapsulantes más utilizados, sobre todo para proteger

saborizantes y otros ingredientes termolábiles en los alimentos, vitaminas y aceites (Nunes y Mercadante, 2007; Hill et al., 2013).

Los liposomas están constituidos por fosfolípidos dispersos en un medio acuoso, lo que los hace selectivamente permeables a los iones y les confiere, entre otras cosas, características biológicas especiales que les permite interactuar con membranas biológicas y células. Dichas propiedades permiten aplicarlos como liberadores de drogas contra el cáncer y otras enfermedades, así como para proteger sustancias activas en productos cosméticos (Foco et al., 2005). De igual forma, se han aplicado para inmovilizar enzimas micolíticas como quitinasa y laminarina en la generación de biofungicidas (Balvantín García et al., 2011).

#### **2.4.3.3. Método de extrusión o goteo**

Este método consiste en producir pequeñas gotas de material encapsulado forzando el paso de una solución a través de una aguja de jeringa o de una boquilla en los dispositivos generadores de goteo (De vos, 2010).

De esta manera, los microorganismos son adicionados a una solución hidrocoloide, cuya suspensión se hace gotear sobre una solución de endurecimiento, la cual va a variar en dependencia del material empleado. El tamaño de las cápsulas obtenidas va a depender del diámetro de salida de la solución porque mientras menor sea el diámetro de la aguja/boquilla menor será el tamaño de las cápsulas. (Motlagh, 2006).

#### **2.4.3.4. Método de emulsión o sistemas de dos fases**

El método de emulsión posee una fase continua y una dispersa para formar la emulsión, seguida de una etapa de separación donde la fase dispersa encapsula la bacteria probiótica como material activo (De vos, 2010). Esta metodología es aplicada a los

microorganismos probióticos al realizar una fase dispersa que consiste en un volumen pequeño de una solución polimérica con células microbianas en suspensión, el cual se añade a un volumen mayor de aceite vegetal (aceite de soja, girasol o maíz) para formar la fase continua y esta mezcla es homogeneizada hasta desarrollar una emulsión de agua en aceite. El polímero hidrosoluble en esta emulsión se hace insoluble producto del entrecruzamiento que se produce para formar las cápsulas dentro de la fase oleosa (Krasaekoopt, 2003), cuyo agente de entrecruzamiento a utilizar depende del tipo de polímero. Al respecto, se ha publicado el empleo de una solución de cloruro cálcico cuando el polímero es alginato (McMaster, 2005) y para el polímero *κ*-carrageno el entrecruzante cloruro potásico (Krasaekoopt, 2006). Finalmente, las cápsulas se colectan mediante filtración o centrifugación. Este método presenta como ventajas la formación de cápsulas mucho más pequeñas que las obtenidas por el método de extrusión que es una característica deseable, es un proceso fácil de escalar a nivel industrial y la distribución del tamaño de partícula puede ser controlada por parámetros como la velocidad de agitación y homogenización. Por otra parte, presenta algunas desventajas en su aplicación en la industria alimentaria, debido a que el aceite residual presente en las cápsulas perjudica la textura y propiedades organolépticas del alimento y, además, el aceite residual, los emulsionantes y surfactantes utilizados, pueden ser tóxicos para determinadas células (Jiménez, 2010). También se requieren más costos por la necesidad de usar aceites vegetales y de añadir un paso más al proceso para eliminar estos residuos.

#### **2.4.3.5. Método de secado por atomización o desecación por atomización**

La atomización o aspersión es un método que comúnmente se utiliza en la industria alimenticia y consiste en atomizar aire caliente en una suspensión o emulsión homogenizada en la matriz del material encapsulante, para lograr una rápida evaporación del solvente (agua) y obtener los encapsulados en forma de partículas de polvo (De vos, 2010).

El proceso de atomización es controlado mediante la alimentación del producto, el flujo de aire y la temperatura. Se emplea una variedad de materiales para la encapsulación, aunque normalmente se utilizan polisacáridos (Rokka, 2010).

Este método permite la posibilidad de establecer esta tecnología como un proceso continuo, su facilidad de manejo y su bajo costo son características idóneas y de gran ventaja para su aplicación en procesos industriales. Por otro lado, existen inconvenientes relacionados con las altas temperaturas empleadas en el proceso para la evaporación del solvente, las cuales pueden afectar la supervivencia de determinadas cepas (Jiménez, 2010).

#### **2.4.3.6. Técnica de gelificación iónica**

Esta técnica consiste en agregar un volumen de solución, por cada cuatro volúmenes de material encapsulante y mezclar a temperatura ambiente. Una vez realizado ese paso, la solución se coloca en una jeringa dejando caer el concentrado en una solución de cloruro de calcio en agitación continua para evitar que las cápsulas se junten entre ellas. Las cápsulas se mantendrán durante 30 minutos en la solución a temperatura ambiente, luego se colecta por filtración, lavándose con agua destilada para remover el exceso de calcio en la superficie de la cápsula. Las cápsulas se secan durante 24 horas a 28 °C. (Lupo, 2012).

#### **2.4.4. Ventajas de la encapsulación de aditivos en la industria de alimentos**

- Disminuir la velocidad de evaporación o de transferencia del material central hacia el medio ambiente externo.
- Controlar la liberación del material central a condiciones predeterminadas, como el cambio de pH o humedad, la aplicación de calor o los estímulos físicos.
- Reducir la interacción entre el material central y el ambiente externo: algunos ingredientes son sensibles al calor, la luz y la humedad y otros son altamente reactivos y tienden a oxidarse y volatilizarse.
- Facilitar la manipulación del material central: la encapsulación convierte un líquido a estado sólido, además previene la agregación, favorece el proceso de mezclado y asegura que el material central se encuentre uniforme en la mezcla.
- Enmascarar el sabor del material central. (Sandoval, 2004).

#### **2.4.5. Matrices para encapsulación**

Los procesos de transformación que se aplican a alimentos de consumo humano o animal pueden modificar su composición nutricional, por lo que se requiere desarrollar y/o implementar técnicas que mitiguen esta problemática y permitan ofrecer productos de calidad y con alto valor agregado. En este contexto, una forma de hacerlo, podría ser incorporando nuevamente dichos componentes en las matrices alimentarias ya procesadas; sin embargo, tales componentes requieren de una adecuación que involucra métodos que promueven el mejoramiento tanto de su estabilidad como de su biodisponibilidad. (Olagnero, 2007).

Una matriz o sistema pared constituida por compuestos poliméricos con el objetivo de impedir su pérdida, protegiéndola del ambiente, de la reacción con otros constituyentes alimentarios o para impedir que sufra reacciones de oxidación debido a la luz o al

oxígeno, por lo anterior, la encapsulación es una herramienta útil para mejorar la entrega de alimentos con moléculas bioactivas tales como antioxidantes, minerales, vitaminas, fitoesteroles, luteína, ácidos grasos y el licopeno, al igual que con células vivas como los probióticos y enzimas; de esta manera, se obtienen cápsulas que liberan su contenido a velocidades controladas durante períodos prolongados y en condiciones específicas. (Gil, A, Ruiz y M.D, 2010).

Pueden mencionarse algunas propiedades que debería tener un material ideal, destinado a ser usado como recubrimiento en un proceso de microencapsulación en alimentos (Angelica Sandoval, 2004):

- Baja viscosidad a altas concentraciones.
- Baja capacidad de absorción de la humedad atmosférica a fin de evitar su aglomeración y facilitar su manipulación.
- Capacidad de estabilizar en una emulsión el material central.
- No reaccionar con el material central y ser insoluble en él.
- Ser soluble en la matriz alimenticia donde se adicionará finalmente.
- Proporcionar máxima protección a la sustancia o principio activo que encierra.
- Permitir la liberación completa de solventes u otros materiales usados durante el proceso de encapsulación.
- No poseer sabor.

#### **2.4.6. Estructura de las microcápsulas**

Las microcápsulas formadas en el proceso de microencapsulación son pequeñas partículas que contienen un agente activo rodeado por una cubierta o material pared. La misma está constituida por una membrana fuerte, delgada, esférica y semipermeable

que envuelve a un núcleo sólido o líquido con un diámetro desde unas pocas micras a varios milímetros. (Rokka, 2010).

El tamaño y la forma de estas microcápsulas, dependen de los materiales y métodos usados para prepararlas.

#### **2.4.6.1. Tipos de microcápsulas**

Elas son producidas también en forma de gel suave (cápsulas de gel) o en forma de polvo seco. Existen diferentes tipos de microcápsulas, las cuales según su estructura las podemos clasificar como:

#### **2.4.6.2. Sistema reservorio o capsular**

El material activo se encuentra incluido en una especie de reservorio, que puede ser de naturaleza líquida o sólida, el cual se haya envuelto por una fina película del material de recubrimiento.

#### **2.4.6.3. Sistema matricial**

El material activo se encuentra altamente disperso en la matriz polimérica. (Kailasapathy, 2002).

#### **2.4.6.4. Material de encapsulación o recubrimiento**

La elección del material de recubrimiento apropiado es el paso de partida en la encapsulación. Aunque se considera que el método de encapsulación puede afectar el mecanismo de liberación del material activo, también la formulación del recubrimiento constituye un factor definitorio. (Dewettinck, 1999).

El material protector debe reunir ciertas propiedades que dependen de las características químicas del material encapsulado, la aplicación, las condiciones de almacenamiento y del proceso al cual será expuesto. Las características de un recubrimiento ideal para

encapsular son: baja viscosidad a altas concentraciones, baja higroscopicidad para facilitar su manipulación y evitar la aglomeración, capacidad de emulsificar y estabilizar el material central, insoluble y no reactivo con el material central, el recubrimiento es soluble en los solventes alimenticios comunes o en el producto alimenticio final, máxima protección al material central contra condiciones adversas (luz, pH, oxígeno, humedad y otros ingredientes reactivos), liberación completa de solventes y otros materiales usados durante el proceso de encapsulación, sabor insípido y bajo costo. (Nag, 2011).

Normalmente se emplean como material de encapsulación diferentes tipos de cobertura, con un fin en específico. (Tabla 2.3).

#### 2.4.7. Matrices empleadas en la encapsulación

Cuadro 2.3 Sustancias más utilizadas como recubrimiento en la microencapsulación. (Martin Vilena , 2009).

Tipos de cobertura	Cobertura específica
Gomas	Agar, alginatos, carragenina, goma arábica
Carbohidratos	Almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz
Celulosa	Etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa, nitrocelulosa, carboximetil-celulosa
Lípidos	Ceras, parafinas, digliceridos, monogliceridos, aceites, grasas, acido esteáricos, trisetearina
Proteínas	Gluten, caseína, albúmina
Materiales Inorgánicos	Sulfato de calcio, solícatos

#### 2.4.8. Alginato

El alginato es un material encapsulante no tóxico utilizado en la encapsulación de sustancias debido a su capacidad de formar geles, esferas, micro y nanopartículas, sus beneficios en caso de ingestión como fibra diaria para la reducción de los niveles de azúcar y colesterol en sangre y la capacidad para prolongar la vida útil en productos. (Lupo, 2012).

Es un polisacárido aniónico, formado por residuos de los ácidos  $\beta$ -Dmanurónico y  $\alpha$ -L-gulurónico. En la encapsulación de probióticos se usa en concentraciones en el rango de 0,5-4 %. (Chan, 2000).

Las cápsulas de alginato tienen la ventaja de formar fácilmente matrices de gel alrededor de las células de probiótico, son seguras y biocompatibles con el organismo, baratas y las condiciones del proceso son simples y de fácil manejo. (Truelstrup, 2002).

## **2.5. Alimentos funcionales**

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes biológicamente activos que ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades. (al-sheraji, 2013)

El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos de uso específico de salud" (Foods for Specified Health Use" o FOSHU) y que se refiere a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutricional. (Alvídrez, 2002).

### **2.5.1. Uso de los alimentos funcionales para la salud**

El mantenimiento de una salud óptima en la dieta diaria debe contener proporciones adecuados de nutrientes esenciales, esto ha cambiado en los últimos años, puesto que los alimentos contienen sustancias fisiológicamente activas que cumplen de la misma manera que los nutrientes esenciales el cual contribuye a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas. (Vasconcellos, 2015).

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

#### 3.1. Localización

El presente trabajo experimental, la preparación de extractos, el análisis de determinación de proteínas y azúcares totales de los extractos obtenidos, fueron elaborados en el laboratorio de Bioquímica, perteneciente al Departamento de Ciencias Básicas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) campus Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Posteriormente los análisis realizados de actividad antioxidante por los métodos: ABTS, DPPH y FRAP, de los extractos acuosos de *Moringa Oleífera*, se realizaron dentro del Laboratorio de Fisiología y Bioquímica de Semillas del departamento de Fitomejoramiento en la UAAAN.

Finalmente, la corrida del análisis sensorial, por el método hedónico de los diferentes extractos acuosos de *Moringa oleífera*, ya incorporado a la bebida fermentada se realizó dentro del laboratorio de Análisis Sensorial perteneciente al departamento de Ciencia Y Tecnología De Alimentos en la UAAAN.

#### 3.2. Equipo, materiales Y reactivos

##### 3.2.1. Obtención del polvo de *Moringa*

**Cuadro 3.1** Materiales y reactivos para preparación de polvo de *moringa*.

Material	Reactivos	Equipos
Licuadaora	Hojas secas de <i>Moringa Oleífera</i>	Tamizador (Diámetro promedio entre 0.6 y 0.45 mm)
Bolsas Ziploc		

### 3.2.2. Preparación de Extractos acuosos de *Moringa Oleífera*

**Cuadro 3.2** Materiales y reactivos para preparación de extractos acuosos.

Material	Reactivos	Equipos
Matraz bola de dos bocas 500 ml	Polvo de <i>Moringa oleífera</i>	Bomba de recirculación de agua marca MC Millan Modelo PG650 1/140 hp 3000 rpm 220 V.
Condensador	Alcohol etílico (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	Parrilla de agitación y calentamiento marca IKA, modelo C-MAG H57
Agitador magnético	Cloruro de calcio (CaCl <sub>2</sub> )	Balanza Analítica Marca AND HR -200 Max= 210g d=01 mg
Termómetro	Solución salina tamponada con fosfato (PBS)	
Embudo analítico de polipropileno		
Papel Filtro Whatman 42, 123 mm		
Anillo y soporte universal		
Pinzas de laboratorio		
Tapón		
Vaso de precipitados 100ml, 150 ml		

### 3.2.3. Determinación de Proteínas Totales

**Cuadro 3.3** Materiales y reactivos para determinación de proteínas totales.

Etapa	Material	Reactivos	Equipos
Digestión	Matraz Kjeldahl de 800 ml	Extractos acuosos de <i>Moringa Oleífera</i>	Extractor Kjeldahl
	Piedras de Ebullición	Mezcla digestora de Selenio	
	Perlas de vidrio 5mm	Ácido Sulfúrico concentrado (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	
Destilación	Matraz Kjeldahl con muestra digerida previamente	Agua Destilada (H <sub>2</sub> O)	
		Hidróxido de Sodio (NaOH)	
		Zinc de granalla (Zn)	
		Ácido Bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	
		Indicador Mixto	
Titulación	Matraz Erlenmeyer con muestra Destilada	Ácido Sulfúrico 0.1 N (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	
	Pinza para bureta		
	Bureta		
	Soporte Universal		

### 3.2.4. Determinación de Azúcares Totales

**Cuadro 3.4** Materiales y reactivos para determinación de azúcares totales.

Material	Reactivos	Equipos
Tubos de ensaye de 10 ml	Extractos acuosos de <i>Moringa Oleífera</i>	Espectrofotómetro
Micropipeta	Aguas Destilada (H <sub>2</sub> O)	
Gradilla	Fenol al 5 % (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O)	
	Ácido Sulfúrico concentrado (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	

### 3.2.5. Determinación de actividad antioxidante: ABTS

**Cuadro 3.5** Materiales y reactivos para determinación de actividad antioxidante por: ABTS.

Material	Reactivos	Equipos
Tubos Falcon	Extractos acuosos de <i>Moringa Oleífera</i>	Balanza Analítica Marca AND HR -200 Max= 210g d=01 mg
Vaso de precipitados de 100 ml	Reactivo DPPH (C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> N <sub>5</sub> O <sub>6</sub> )	Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic, Modelo: BioMate 3
Tubos Eppendorf	Persulfato de potasio (K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	
Micropipeta	Metanol al 80 % (CH <sub>3</sub> OH)	
	Agua Destilada (H <sub>2</sub> O)	

### 3.2.6. Determinación de actividad antioxidante: DPPH

**Cuadro 3.6** Materiales y reactivos para determinación de actividad antioxidante por: DPPH.

Material	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitados de 100 ml	Extractos acuosos de <i>Moringa Oleífera</i>	Balanza Analítica Marca AND HR - 200 Max= 210g d=01 mg
Tubos Eppendorf	Reactivo DPPH (C <sub>18</sub> H <sub>12</sub> N <sub>5</sub> O <sub>6</sub> )	Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic, Modelo: BioMate 3
Micropipeta	Metanol al 80% (CH <sub>3</sub> OH)	
	Agua Destilada (H <sub>2</sub> O)	

### 3.2.7. Determinación de actividad antioxidante: FRAP

**Cuadro 3.7** Materiales y reactivos para determinación de actividad antioxidante por: FRAP.

Material	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitados de 100 ml	Extractos Acuoso de <i>Moringa Oleífera</i>	Balanza Analítica Marca AND HR - 200 Max= 210g d=01 mg
Vaso de precipitados de 200 ml	Acetato de sodio trihidratado (NaC <sub>2</sub> H <sub>3</sub> O <sub>2</sub> )	Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic, Modelo: BioMate 3
Matraz de aforación de 100 ml	Ácido acético (CH <sub>3</sub> COOH)	Incubadora

Micropipeta	Reactivo TPTZ 10 mM	
Tubos Eppendorf	Ácido clorhídrico 40 Mm (HCl)	
	Cloruro de hierro deshidratado (FeCl <sub>3</sub> )	
	Agua destilada (H <sub>2</sub> O)	

### 3.2.8. Microencapsulación de Extractos Acuosa de CaCl<sub>2</sub>

**Cuadro 3.8** Materiales y reactivos para microencapsulación de extractos acuosa de CaCl<sub>2</sub>.

Material	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitados 250 ml	Extractos acuosa de <i>Moringa oleífera</i> (CaCl <sub>2</sub> )	Parrilla de agitación y calentamiento marca IKA, modelo C-MAG H57
Jeringas ultra finas 31G x 6mm	Alginato de Calcio al 3%	Balanza Analítica Marca AND HR -200 Max= 210g d=01 mg
Embudo analítico de polipropileno	CaCl <sub>2</sub> al 0.2 m	Estufa de Secado
Charolas de aluminio 57x14 mm		
Agitador magnético		
Frascos pequeños de vidrio		
Guantes de látex		
Papel filtro		
Soporte universal		
Pinza doble para bureta		
Vaso de precipitados 100ml		

### 3.2.9. Encapsulación de Extractos Acuosa de Buffer Fosfato Salino (PBS)

**Cuadro 3.9** Materiales y reactivos para microencapsulación de extractos acuosa de PBS.

Material	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitados 250 ml	Extractos acuosa de <i>Moringa oleífera</i> (PBS)	Parrilla de agitación y calentamiento marca IKA, modelo C-MAG H57
Jeringas ultra finas 31G x 6mm	Alginato de Calcio al 3%	Balanza Analítica Marca AND HR -200 Max= 210g d=01 mg
Embudo analítico de polipropileno	CaCl <sub>2</sub> al 0.2 m	Estufa de Secado
Charolas de aluminio 57x14 mm		
Agitador magnético		
Frascos pequeños de vidrio		
Guantes de látex		
Papel filtro		
Soporte universal		
Pinza doble para bureta		

Vaso de precipitados 100ml		
-------------------------------	--	--

### 3.2.10. Encapsulación de Extractos Acuosa de Etanol

**Cuadro 3.10** Materiales y reactivos para microencapsulación de extractos acuosa.

Material	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitados 250 ml	Extractos acuosa de <i>Moringa oleífera</i> (etanol)	Parrilla de agitación y calentamiento marca IKA, modelo C-MAG H57
Jeringas ultra finas 31G x 6mm	Alginato de Calcio al 3%	Balanza Analítica Marca AND HR -200 Max= 210g d=01 mg
Embudo analítico de polipropileno	CaCl <sub>2</sub> al 0.2 m	Estufa de Secado
Charolas de aluminio 57x14 mm		
Agitador magnético		
Frascos pequeños de vidrio		
Guantes de látex		
Papel filtro		
Soporte universal		
Pinza doble para bureta		
Vaso de precipitados 100ml		

### 3.2.11. Análisis Sensorial de encapsulación de extractos de *moringa oleífera* y su incorporación a una bebida fermentada

**Cuadro 3.11** Materiales y reactivos para el análisis sensorial.

Material	Reactivos	Equipos
Vasos Biodegradables No. 10	Capsulas CaCl <sub>2</sub> incorporadas al yogurt	Laboratorio de análisis sensorial UAAAN
Charolas de unicel	Capsulas PBS incorporadas al yogurt	
Vasos transparentes 145 ml	Capsulas etanol incorporadas al yogurt	
Tapas transparentes para vaso 5 oz		
Popotes Biodegradables		
Servilletas Ecológicas		
Cucharas Biodegradables		

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Acondicionamiento del polvo de *moringa oleífera***

Las hojas de *moringa* fueron obtenidas de Parras de la Fuente, Coahuila, las cuales posteriormente fueron secadas a temperatura ambiente durante 5 días y fueron sometidas a molienda. La siguiente etapa de la investigación fue efectuada en el laboratorio de Bioquímica UAAAN, en el cual, el polvo obtenido de la molienda fue tamizado empleando una serie de tamices que incluye los tamaños de partícula (Diámetro promedio entre 0.6 y 0.45 mm).

El tamizado consiste en dar un movimiento de vaivén al tamiz, procurando que la totalidad de la muestra circule por toda la superficie del tamiz, y acompañando este movimiento con algún golpe seco, con la finalidad de facilitar el paso a través de la malla de aquellas partículas que por su tamaño hubieran quedado retenidas. (Nuñez, 2008)

Una vez obtenido un polvo fino de la muestra (tamiz no. 60), se resguardó en una bolsa ziploc, manteniéndose en un lugar fresco y seco, para ser utilizado en pruebas posteriores.

### 3.3.2. Preparación de extractos acuosos de *Moringa oleífera*

Se prepararon diferentes tipos de extractos acuosos (Etanol, PBS, CaCl<sub>2</sub>). Para la preparación de los extractos ya mencionados se utilizó para cada uno, 2 g del polvo previamente obtenido de la molienda de *Moringa*, posteriormente se pasó a colocarse cada uno, en un matraz bola de dos bocas, provisto de un agitador magnético, un termómetro y acompañado de un refrigerante conectado a una bomba de recirculación. Posteriormente, se le añadieron 100 ml de medio (etanol, PBS o CaCl<sub>2</sub>), posteriormente se llevó a una temperatura constante de 60 ° C, a reflujo constante. Al llegar al tiempo establecido, se pasó a filtrar, con ayuda de un papel filtro y un embudo, se recolecto el extracto en un vaso de precipitado de 250 ml. Al concluir el filtrado posteriormente se colocaron los extractos en un recipiente de plástico, se etiquetaron y se mantuvieron en refrigeración a 4°C, para ser utilizados en pruebas posteriores. Previamente se realizaron 2 repeticiones por cada tratamiento, como se muestra en la tabla 3.12.

**Cuadro 3.12** Tiempo de reacción, de los extractos.

Extracto	Tiempo de reacción (h)
Etanol	2
PBS	2
CaCl <sub>2</sub>	2

### **3.3.3. Determinación De Proteínas Totales**

Fundamento: El método Kjeldahl se basa en la determinación del nitrógeno.

El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizando, tal y como explicaremos más adelante. Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón. Ello condicionará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados, en la etapa de digestión, un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ión amonio, según la ecuación, posteriormente en la etapa de destilación, se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoniaco. El amoniaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico, finalmente en la etapa de valoración, La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ión borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilados. (García y Fernández, 2012).

Se analizó cada tratamiento para determinar el contenido de proteína, por el método Kjeldahl, siguiendo respectivamente la metodología reportada por García y Fernández (2012). Se comenzó por añadirse 1 ml de extracto acuoso con su respectivo tratamiento,

así como también se agregó 1 g de muestra pura de *moringa oleífera*, para evaluar las diferencias entre líquidos y la muestra pura. Para la etapa de la digestión, se utilizó un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de una mezcla digestora de selenio como agente catalizador. La muestra se colocó en el digestor en un tiempo aproximado entre 40 a 45 min, hasta obtener una mezcla de un color verde cristalino, apreciable a la vista, se le tapó la boquilla y se dejó enfriar. Posteriormente para la etapa de destilación, se alcalinizó la muestra con hidróxido de sodio y se colocó a destilar aproximadamente durante 1h con 20 min, recolectando el amoníaco sobre una disolución de ácido bórico con un indicador. Como acto final, se tituló la muestra con ácido sulfúrico concentrado, hasta obtener un viraje en un tono de color azul tenue a un color rosa claro.

#### **3.3.4. Determinación de azúcares totales**

Fundamento: La técnica fenol-ácido sulfúrico para la determinación de azúcares totales, la adición de algunos ácidos minerales a las soluciones acuosas de carbohidratos, como el ácido sulfúrico, provoca la deshidratación de los carbohidratos con la eliminación de tres moles de agua. Con esta reacción se forman derivados del furfural y el 5-hidroxiacetilfurfural (HMF). La presencia del fenol y su interacción con el HMF facilita la formación de complejos que permiten la coloración de la solución y en consecuencia facilitan la cuantificación de los carbohidratos a través de la espectrofotometría (López, 2017).

Posteriormente para poder determinar la cantidad de azúcares totales presentes en los extractos, se prosiguió a realizar la técnica Fenol-Ácido Sulfúrico, bajo la metodología reportada por Rao y Pattabiraman (1989), con una modificación, que se describe a continuación: no se permitió que la reacción se enfriara hasta los 15 °C, se dejó reposar

durante 1 h para que bajara su temperatura de forma gradual. Como siguiente paso, se midió la absorbancia de cada muestra en Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo BioMate, a 490 nm de longitud de onda, utilizando celdilla de cuarzo.

### **3.3.5. Determinación de Actividad Antioxidante de Extractos**

#### **3.3.5.1. ABTS**

Fundamento: Se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS<sup>+</sup>, debido a la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones, es un ensayo colorimétrico en el que el radical ABTS<sup>+</sup> decolora en la presencia de antioxidantes. El radical catiónico ABTS<sup>+</sup> es un cromóforo que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etil benzotiazolin-6- sulfonato de amonio) con persulfato de potasio, las mediciones se realizan a una longitud de onda de 734 nm.

El reactivo se preparó según *López Contreras et al., (2015)*, realizando una mezcla de 1 ml de reactivo ABTS con 1 ml de Persulfato Potásico, aforando hasta 10 ml con agua destilada, dejando la reacción durante 12 horas en oscuridad antes de realizar la lectura. La reacción resultante se llevó a una absorbancia de 1 con metanol al 80%. Se agregó 1.5 ml de la mezcla resultante a 50 µl de extracto diluido a analizar, se dejaron las muestras con el reactivo en completa oscuridad durante 30 minutos y finalmente se midió su absorbancia a 734 nm en Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic modelo BioMate3.

### **3.3.5.2. DPPH**

Fundamento: Para cuantificar la capacidad captadora de radicales libres de los extractos se determina el grado de decoloración que provocan sus componentes a una solución metanólica de DPPH. La técnica DPPH (2,2 - difenil-1-picrilhidracilo) se basa en la premisa de que un hidrógeno donante es un antioxidante. Este ensayo colorimétrico utiliza el DPPH radical, que cambia de púrpura a amarillo en presencia de antioxidantes. El ensayo se realizó siguiendo la metodología reportada por *López Contreras (2015)*, el reactivo DPPH estandarizado se llevó a una absorbancia de 1 con metanol al 80%. A 10  $\mu$ l de muestra de extracto diluido en agua destilada, se le añadieron 990  $\mu$ l de reactivo, se agitó y se mantuvieron las muestras en oscuridad durante 30 minutos. Para finalizar, se midieron las muestras en Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic modelo BioMate3 a una longitud de onda de 517 nm. Los resultados fueron expresados en micromolTE/100 g, utilizando Trolox como reactivo estándar.

### **3.3.5.3. FRAP**

Fundamento: Este método evalúa la capacidad antioxidante de una muestra de acuerdo a su capacidad para reducir el hierro férrico ( $Fe^{+3}$ ) presente en un complejo con la 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) hasta la forma ferrosa ( $Fe^{+2}$ ), que presenta un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590-595 nm (Mesa et al., 2015).

La preparación del reactivo se realizó mezclando 3 reactivos: Solución de acetatos 300 mM, Reactivo TPTZ 10 mM y Cloruro de Hierro Deshidratado 20 mM. Cada uno de los reactivos se mantuvo en incubadora durante 20 minutos a una temperatura de 37°C, pasado el tiempo, se mezclaron obteniendo una coloración café claro de la reacción. Se

añadió 1.5 ml del reactivo FRAP a 50 µl de cada extracto diluido previamente en agua destilada. Se dejaron reposar las muestras en incubadora durante 30 minutos a 37°C, y se midieron en Espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic modelo BioMate3 a una longitud de onda de 593 nm.

### **3.4. Microencapsulación**

La microencapsulación con extractos de *moringa*, se obtuvo por el método de goteo.

El proceso utilizado para fabricar las partículas de alginato implica dos pasos básicos: la dispersión en gotitas del alginato en una solución que contiene iones de calcio, y la gelificación para solidificar estas gotitas.

J-Y Leong, (2016) explican que, para la encapsulación por goteo, generalmente es la dispersión de una solución de alginato en gotitas de líquido en la fase de aire usando un sistema de boquilla, cuando el flujo volumétrico es bajo, la gota pendiente de alginato va creciendo en la punta de la boquilla hasta que la fuerza de la gravedad excede las fuerzas de tensión superficial, con lo que la gota se desprende y cae.

Dentro de los métodos de dispersión líquido–aire, el método por goteo (dropping) ha sido ampliamente utilizado debido, en esencia, a la simplicidad de la técnica utilizada: las gotas de alginato se obtienen por extrusión a través de una boquilla y se dejan caer (a través del aire) en el baño de gelificación que contiene la solución adecuada para aportar los cationes divalentes.

#### **3.4.1. Microestructura**

Zhao, (2008) explican que, La microestructura de una microcápsula influye en las características físicas y funcionalidad, dispersabilidad y capacidad de flujo libre.

Microcápsulas redondas u ovaladas tienen buena dispersabilidad y pueden ser más fácilmente distribuidas en el producto final.

El tamaño de partícula deseado oscila entre 15-100  $\mu\text{m}$ , las microcápsulas mayores a 100  $\mu\text{m}$  son detectables en la boca y las inferiores a 15  $\mu\text{m}$  no dan la suficiente protección frente a los agentes externos.

El material protector debe reunir ciertas propiedades que dependen de las características químicas del material encapsulado, la aplicación, las condiciones de almacenamiento y del proceso al cual será expuesto.

Nag A (2011), explica que, las características de un recubrimiento ideal para encapsular son: baja viscosidad a altas concentraciones, baja higroscopicidad para facilitar su manipulación y evitar la aglomeración, capacidad de emulsificar y estabilizar el material central, insoluble y no reactivo con el material central, el recubrimiento es soluble en los solventes alimenticios comunes o en el producto alimenticio final, máxima protección al material central contra condiciones adversas (luz, pH, oxígeno, humedad y otros ingredientes reactivos), liberación completa de solventes y otros materiales usados durante el proceso de encapsulación, sabor insípido y bajo costo.

#### **3.4.2. Secado de microcápsulas**

El secado de las microcápsulas se obtuvo por el método de evaporación de agua a temperatura ambiente y secado por estufa. Esquivel-González, explica que (2015), Al momento en que ocurre el contacto de las gotas de líquido con el aire caliente, se establece el balance de temperatura y presión parcial de vapor entre las fases líquido y gas. Por lo tanto, la transferencia de calor se lleva a cabo del aire hacia el producto como resultado de la diferencia de temperatura mientras que la transferencia de agua se lleva

a cabo en sentido opuesto debido a la diferencia de la presión de vapor. Finalmente, cuando el contenido de agua de la gota alcanza un valor crítico, se forma una corteza seca en la superficie de la gota y la velocidad de secado disminuye rápidamente y se vuelve dependiente de la velocidad de difusión de agua a través de la corteza. El secado se termina teóricamente cuando la temperatura de la partícula es igual que la del aire. La migración rápida del agua de la superficie de la gota mantiene una velocidad de evaporación constante.

#### **3.4.3. Incorporación de microcápsulas a yogurt**

Se prepararon 2 muestras diferentes una corresponde a las cápsulas sin extracto y otra al yogurt con las capsulas con el extracto, se integraron al yogurt en forma de cascada, las muestras llevaron diferentes pesos de 0.5g las cuales fueron utilizadas como fuente para el posterior método.

### **3.5. Evaluación sensorial**

#### **3.5.1. Preparación de la muestra y materiales**

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrada un producto. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana. Se diferencian de las pruebas de aceptabilidad en que miden el grado en que agrada o desagrada un producto (generalmente se utiliza una escala hedónica de 9 puntos), no solamente si es aceptable o no.

#### **3.5.2. Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial se realizó con 30 jueces, hombres y mujeres al azar, de un rango de edad de entre los 20 a 65 años (consumidores, jueces semientrenados y entrenados). Los atributos sensoriales del yogurt evaluados fueron los siguientes: apariencia global, color, olor, textura, sabor y aceptación global. La prueba se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. La prueba que se aplicó fue una prueba hedónica con una escala de cinco puntos.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la etapa experimental se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Fisher en donde se mostró si existe o no diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), se analizaron los siguientes parámetros: variables químicas (proteína cruda, azúcares totales, actividad antioxidante), también el análisis sensorial de 3 muestras de yogurt.

Se realizaron tres tratamientos (Cuadro 4.1) con tres repeticiones cada uno:  $\text{CaCl}_2$ , etanol y PBS.

El paquete en el que se realizó para el análisis fue un INFOSTAT versión 2020.

En el siguiente cuadro se muestra la identificación de los tratamientos de extractos para los análisis correspondientes a realizar, cabe mencionar que a cada una de las muestras para el análisis sensorial se les agregó yogurt, así como también solamente se encapsuló la muestra de  $\text{CaCl}_2$  y la muestra 0 solamente se utilizó para la evaluación sensorial.

**Cuadro 4.1** Identificación de tratamientos.

Identificación	Tratamiento
Yogurt Natural	0
Etanol	1
PBS	2
$\text{CaCl}_2$	3

#### 4.1. Proteína cruda

En el resultado que mostro cada extracto de proteína cruda, se observa diferencias significativas entre los extractos, ( $p > 0.05$ ). La muestra elaborada con extracto de  $\text{CaCl}_2$ , presenta el porcentaje más alto. Por otra parte, la muestra con extracto con etanol, obtuvo el porcentaje más bajo (Figura 4.1).

Orduro (2008), y Fuglie (2001) reportaron que el porcentaje de 27% de proteína en extractos secos de hojas de *moringa* en base seca. Sin embargo, Olson y Fahey (2011) reportaron valores del 30% de proteína en extractos deshidratados de *moringa*.

**Cuadro 4.1** Porcentaje de Nitrógeno y Proteínas totales ende los extractos acuosos de *Moringa*.

Extracto	%Nitrógeno	% Proteína
Etanol	0.120792	0.75495
PBS	0.090594	0.56621
$\text{CaCl}_2$	0.188737	1.17960
Hoja de moringa	3.940839	24.6302

Los resultados muestran un mayor contenido de proteínas en la muestra de polvo de *Moringa oleífera* (Cuadro 4.1), comparando los extractos, se obtiene una mayor cantidad de proteína en el extracto de nombre  $\text{CaCl}_2$ , donde el tiempo de reacción fue de 2 h.

**Figura 4.1** Contenido de proteína cruda.

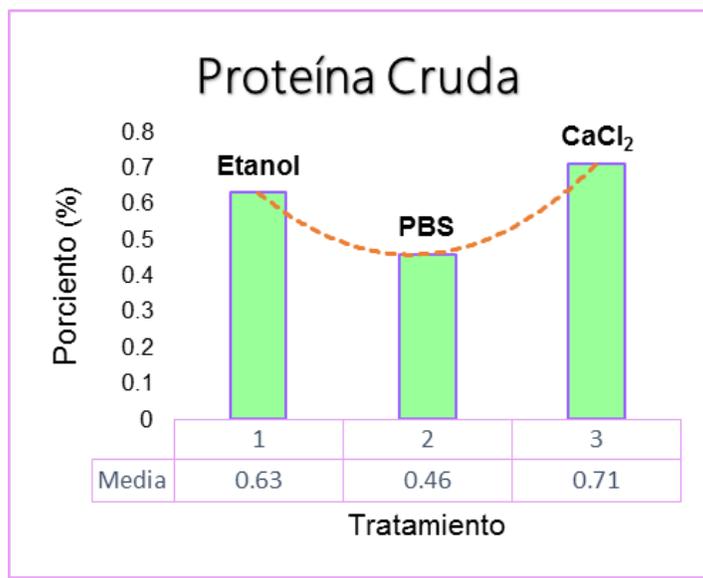


Figura 4.1 Representa Contenido de proteína cruda. Extracción de proteína con 1. Etanol. 2. PBS. 3. CaCl<sub>2</sub>.

#### **4.2. Determinación de azúcares totales**

Se determinó la absorbancia en espectrofotómetro a 490 nm de cada extracto realizando 3 repeticiones de CaCl<sub>2</sub>, etanol Y PBS, realizando de todos los extractos diluciones 1:10 con agua destilada, durante un tiempo determinado de 2 horas para cada repetición.

Según la curva de calibración de azúcares (Figura 4.2), se obtuvieron los siguientes resultados para cada muestra.

**Figura 4.2** Contenido de azúcares totales.

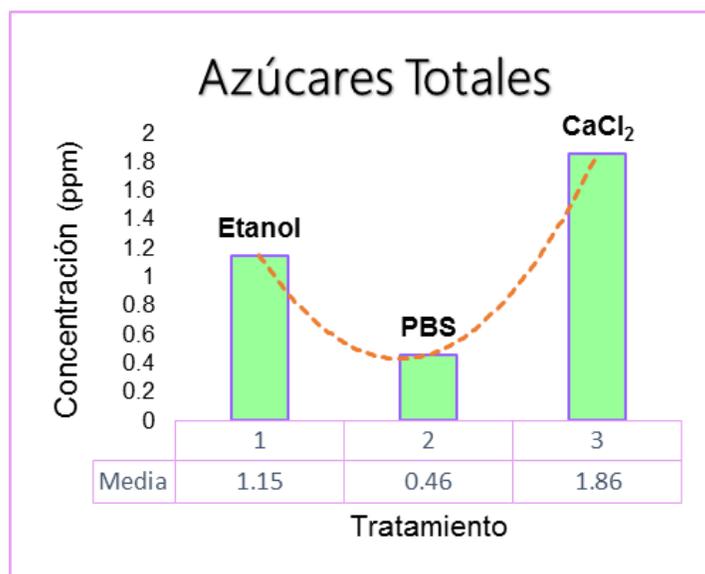


Figura 4.2 Representa Contenido de azúcares totales.1. Etanol. 2. PBS. 3. CaCl<sub>2</sub>.

Comparando los extractos; (Figura 4.2), los resultados muestran mayor contenido de azúcares totales en la muestra de CaCl<sub>2</sub>, donde el tiempo de reacción fue de 2 h; Es posible que la exposición a una constante de temperatura de 80°C, resulte en el aumento de azúcares.

### 4.3. Actividad antioxidante

En el resultado que mostro cada extracto de capacidad actividad antioxidante, se realizó por tres métodos diferentes. Se observa diferencias significativas entre los extractos, ( $p > 0.05$ ). Se presenta el porcentaje más alto, en el método de FRAP, lo cual nos indica presencia de antioxidantes. Por otra parte, el método ABTS, obtuvo el porcentaje más bajo (Figura 4.3).

Valdés Hernández (2015), reporto que las hojas de moringa seca desde 25,36 mg ET/g m.seca (20,56 mmol Fe<sup>2+</sup>/100 g m.seca) hasta 53,72 mg ET/g m.seca (42,92 mmol Fe<sup>2+</sup>/100 g m.seca). La actividad antioxidante de las hojas de moringa solo es comparable con la reportada para la mejorana dulce (55,8 mmol Fe<sup>2+</sup>/100 g m.seca) y es superior a la de la actividad antioxidante de la manzanilla (17,7 mmol Fe<sup>2+</sup>/ 100 g m.seca).

Figura 4.3 Contenido de actividad antioxidante.

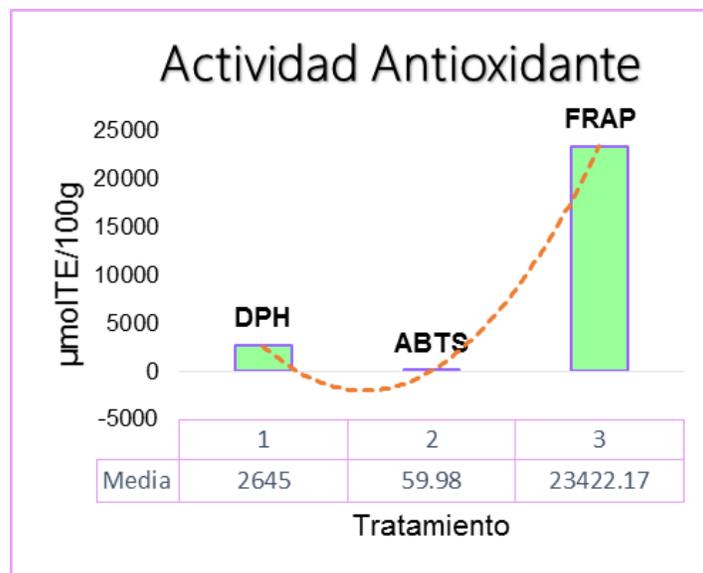


Figura 4.3 Representa contenido de actividad antioxidante por diferentes métodos. 1. DPH. 2.ABTS. 3.FRAP.

#### **4.4. Microencapsulación**

Los resultados obtenidos en la etapa de la microencapsulación, se observan diferencias significativas entre las muestras. Rafael E (2015), dice que controlar el diámetro de las microcápsulas es un parámetro crucial en el éxito de su incorporación en aplicaciones alimentarias. La muestra secada en la estufa presenta el porcentaje más alto en tamaño de diámetro, por otra parte, la muestra secada al ambiente obtiene el porcentaje más bajo en tamaño de diámetro (Figura 4.5), cabe resaltar que los porcentajes para dichas muestras son en base a los tamaños observados y medidos en el microscopio (Figura 4.5). Cabe hacer mención, que fueron integradas a una bebida fermentada. Bryshila y Carmen (2012), reportaron que el alginato ha sido uno de los polímeros más empleado en la encapsulación, ya que forma una matriz altamente versátil, biocompatible y no tóxica.

Para medir las microcápsulas, se utilizó un microscopio, las capsulas vistas desde el microscopio (Figura 4.4).

**Figura 4.4** Microcápsulas vistas desde el microscopio.

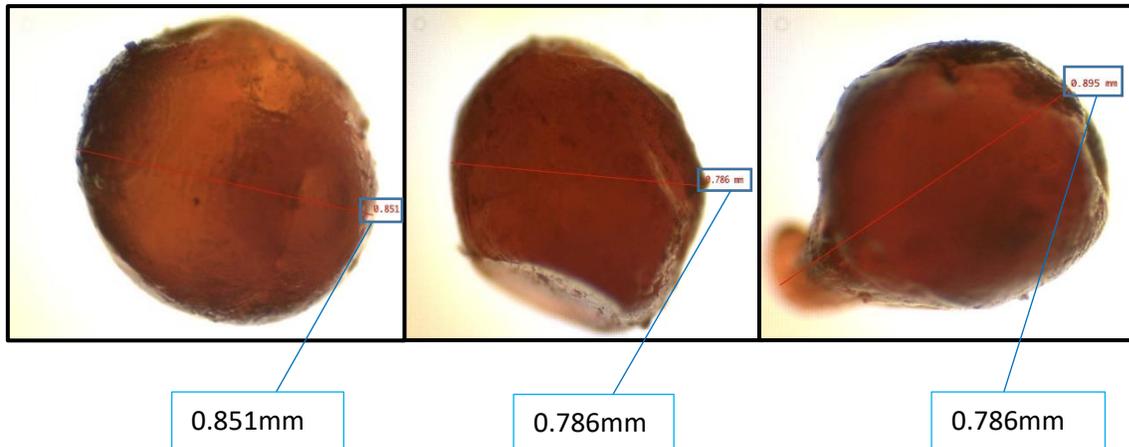


Figura 4.4 Representa las capsulas cargadas con extracto de  $\text{CaCl}_2$ , vistas desde el microscopio.

**Figura 4.5** Diametro de Microcapsulas.

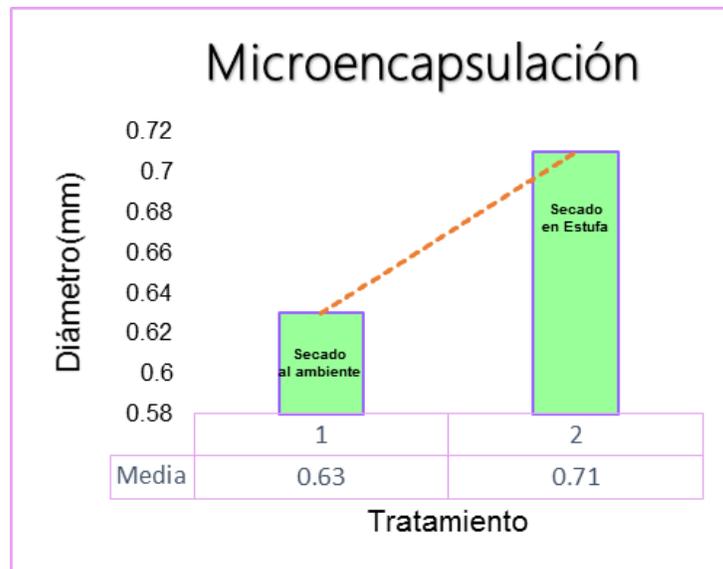


Figura 4.5 Representa el diámetro de microcápsulas en diferentes secados.1. Secado al ambiente.2. Secado en la estufa.

#### 4.5. Evaluación sensorial

Para los resultados obtenidos de la prueba hedónica realizada en el análisis sensorial. Se determinaron las diferencias estadísticamente comparación de Kruskal Wallis a un nivel de significancia de  $P=0.05$  con el programa INFOSTAT versión 2018.

Donde se evaluó apariencia global, color, olor, textura, sabor y aceptación global, de acuerdo a la respuesta de los consumidores (30 jueces).

El siguiente cuadro 4.3 se muestra la identificación de cada yogurt, con los diferentes tratamientos:

**Cuadro 4.3** Tratamientos sensoriales con muestras de yogurt.

N°	Muestra	Tratamiento
1	YN	Yogurt Natural
2	YC	Yogurt con alginato de $\text{CaCl}_2$
3	YCM	Yogurt con extracto de <i>Moringa oleífera</i>

##### 4.5.1. Apariencia global

En la figura 4.6, observamos la comparación de medias, la muestras YC y YN el ANOVA arroja que son iguales para la aceptación en apariencia global del consumidor que corresponden a Yogurt con capsulas de alginato de calcio y a Yogurt Natural. El nivel de agrado de los consumidores para el Yogurt con capsulas de extracto de *moringa oleífera* fue una media de 3.00 (ligeramente agradable).

**Figura 4.6** Apariencia global de yogurt en diferentes tratamientos.

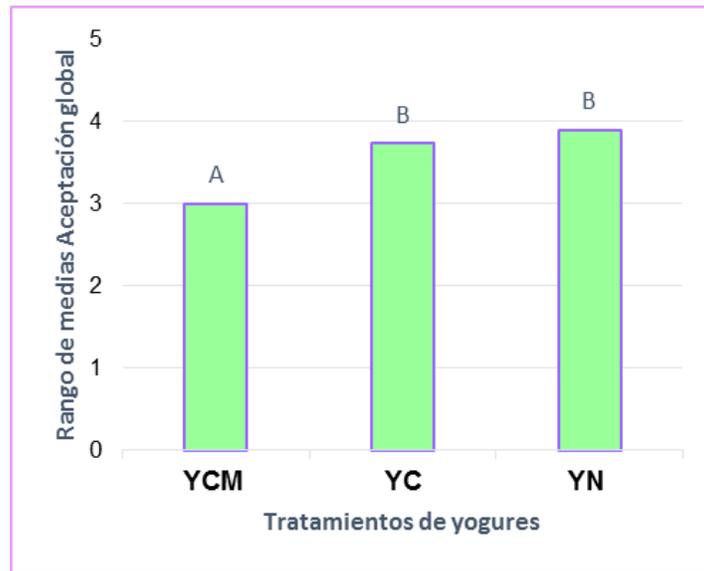


Figura 4.6 Representa la apariencia global del yogurt en diferentes tratamientos. YN. Yogurt natural. YC. Yogurt con capsulas de  $\text{CaCl}_2$  blanco. YCM. Yogurt con capsulas cargadas con extracto  $\text{CaCl}_2$ .

#### 4.5.2. Color

El color es un factor importante que afecta la aceptación del producto de yogurt. En general, los consumidores prefieren el color rosa (Chandi 2004). Con base al ANOVA indica que los consumidores tienen mayor agrado por las muestras YC y YN que corresponden a Yogurt con capsulas de alginato de calcio y Yogurt natural. La muestra YCM fue la que obtuvo menor nivel de agrado en color que corresponde a Yogurt con capsulas de extracto de *moringa oleífera* (Figura 4.7).

**Figura 4.7** Color en diferentes tratamientos.

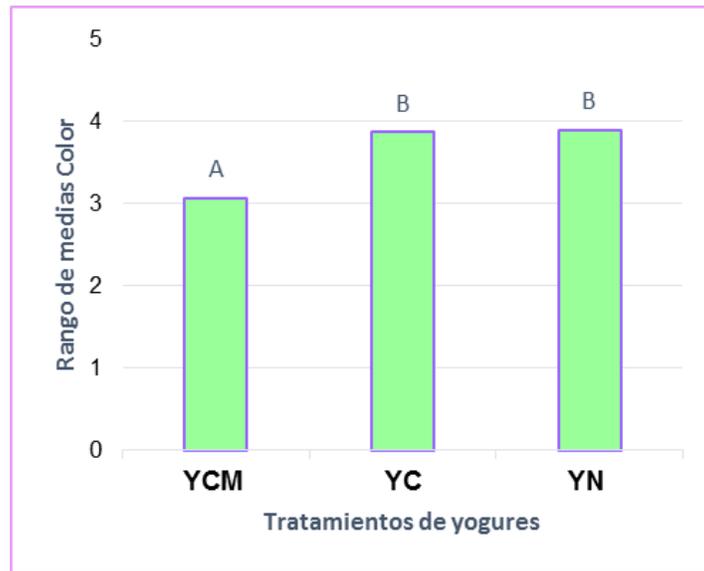


Figura 4.7 Representa el color en diferentes tratamientos. YC. Yogurt con capsulas de  $\text{CaCl}_2$  blanco. YCM. Yogurt con capsulas cargadas de extracto. YN. Yogurt natural.

#### 4.5.3. Olor

Synnott (2003), menciona que el olor representa muchas cosas, marca límites, es un símbolo de estatus, algo que mantiene distancias, una técnica para dejar una buena impresión y una señal de peligro. Los olores avivan recuerdos y despiertan el apetito. Con base en el ANOVA, indica que los consumidores tienen mayor agrado por las muestras YC y YN, que corresponden a Yogurt con capsulas de alginato de calcio y Yogurt natural. La muestra que obtuvo menor nivel de agrado en olor corresponde a YCM, (Figura 4.8), Yogurt con capsulas de extracto de *moringa oleífera*.

**Figura 4.8** Olor en diferentes tratamientos.

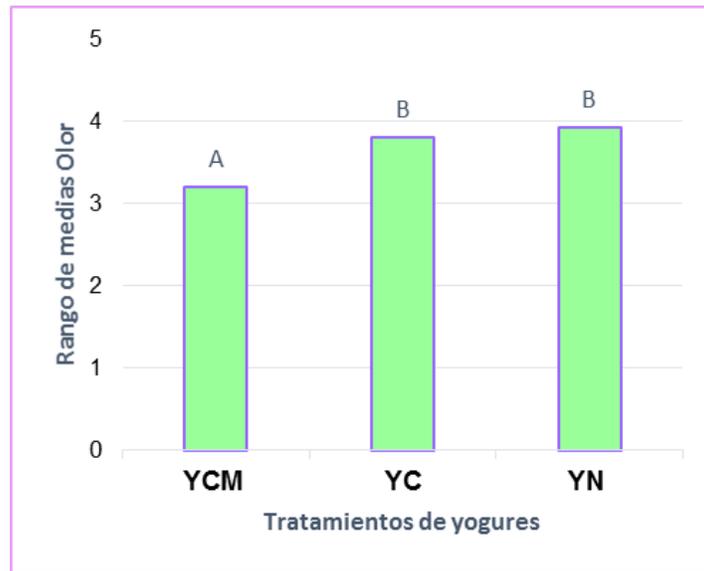


Figura 4.8 Representa olor en diferentes tratamientos. YC. Yogurt con capsulas de  $\text{CaCl}_2$  blanco. YCM. Yogurt con capsulas cargadas de extracto. YN. Yogurt natural.

#### 4.5.4. Viscosidad

Con base al ANOVA, indica que no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas ( $p > 0.05$ ), para el atributo de viscosidad. Sin embargo, se observó que el Yogurt natural, tiene el menor nivel de agrado para el consumidor (Figura 4.9).

**Figura 4.9** Viscosidad en diferentes tratamientos.

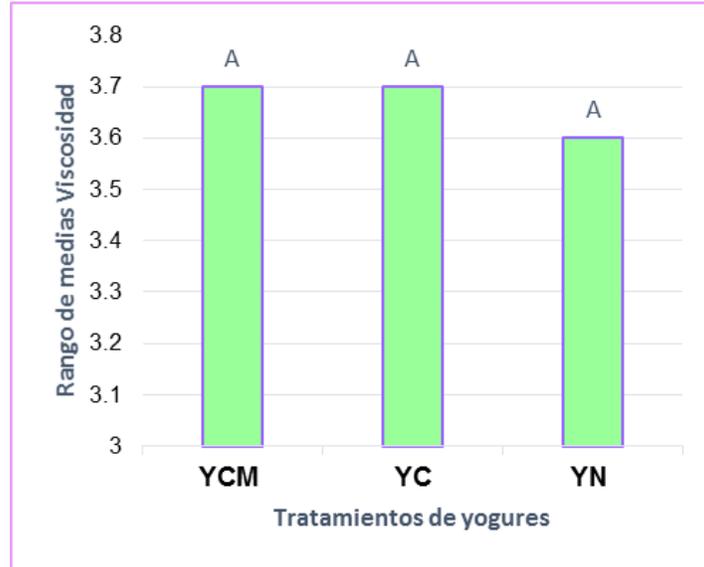


Figura 4.9 Representa la viscosidad en diferentes tratamientos. YC. Yogurt con capsulas de  $\text{CaCl}_2$  blanco. YCM. Yogurt con capsulas cargadas de extracto. YN. Yogurt natural.

#### 4.5.5. Sabor

Con base al ANOVA, indica que no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas ( $p > 0.05$ ), para el atributo de sabor. Sin embargo, cabe resaltar, que los jueces redactaron que es un sabor nuevo, en sus paladares, pero que el sabor es bueno, cabe destacar que también redactaron que entre mayor temperatura tiene la muestra YCM, correspondiente a Yogurt con capsulas de extracto de *moringa oleífera*, es un sabor más exquisito, el antes mencionado (Figura 4.10).

**Figura 4.10** Sabor en diferentes tratamientos.

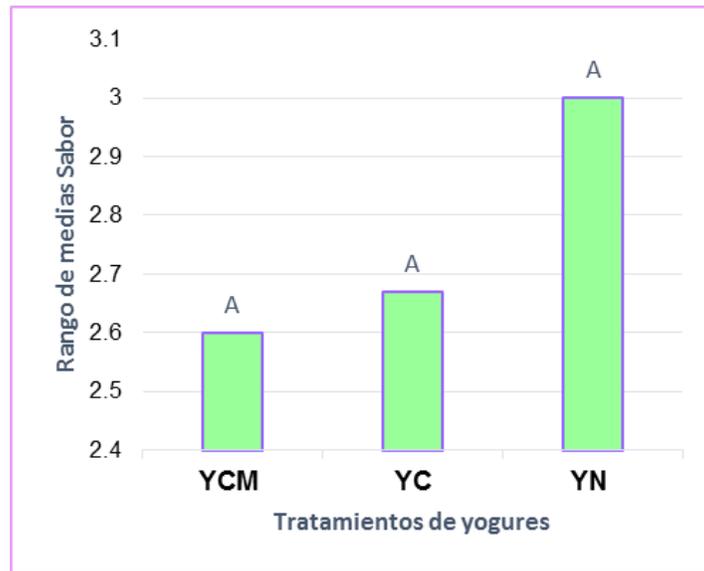


Figura 4.10 Representa el sabor en diferentes tratamientos. YC. Yogurt con capsulas de  $\text{CaCl}_2$  blanco. YCM. Yogurt con capsulas cargadas de extracto. YN. Yogurt natural.

#### 4.5.6. Aceptación global

De acuerdo con los resultados del ANOVA para el parámetro de aceptación global se observaron diferencias entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Al realizar la prueba de comparación de medias, se obtuvieron dos bloques con diferencia estadística significativa, la muestra YN es la que más agrada al consumidor que corresponde al Yogurt natural (Figura 4.11). Los consumidores mencionan que todas las muestras tienen buen sabor y apariencia.

**Figura 4.11** Aceptación global en diferentes tratamientos.

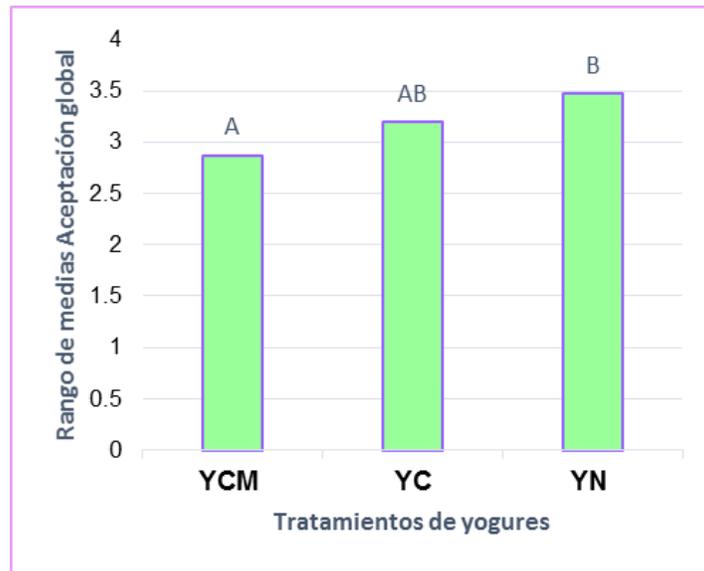


Figura 4.11 Representa la aceptación global en diferentes tratamientos. YC. Yogurt con capsulas de  $\text{CaCl}_2$  blanco. YCM. Yogurt con capsulas cargadas de extracto. YN. Yogurt natural.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que las sales son el mejor medio de extracción de proteínas, probablemente debido a la unión de los cationes positivos de las sales a las cadenas con carga negativa del dominio hidrofílico de las proteínas.

Además, se comprobó que este extracto presenta actividad antioxidante, lo cual indica que puede ser aprovechado como fuente para la creación de un alimento funcional, así mismo, el extracto acuoso con la adición de  $\text{CaCl}_2$ , nos indica que, a una constante temperatura de  $80^\circ\text{C}$ , aumenta gradualmente los azúcares totales contenidos en él.

El yogurt con capsulas de extracto de *Moringa oleífera* contiene altos niveles de proteína, capacidad antioxidante, así como azúcares totales. Por lo tanto; los resultados indican que la *moringa oleífera* aporta beneficios a la salud.

En la evaluación sensorial, de acuerdo con los resultados de la prueba, hubo diferencia significativa a una  $p > 0.05$  en los atributos de aceptación global, color, olor, y apariencia global, el yogurt con capsulas de extracto de *moringa oleífera*, no fue la más aceptada por los jueces, en los atributos de viscosidad y sabor global no hubo una diferencia significativa, por lo cual sería de gran ayuda añadirle un endulzante y mantenerlo en refrigeración, para crear un contraste, en cuanto al color, los consumidores redactaron que no estaban acostumbrados a un color diferente, al que existe en el mercado.

## CAPITULO VI

### 6. BIBLIOGRAFÍA

(2004) Encapsulación De Aditivos Para La Industria De Alimentos. Angélica Sandoval Aldana, Eduardo Rodriguez Sandoval, Alfredo Ayala Aponte. Colombia

Adhikari, K., A. Mustapha, L. Grun And L. Fernando. 2000. Viability Of Microencapsulated Bifidobacteria In Set Yogurt During Refrigerated Storage. Journal Of Dairy Science 83(9): 1946-1951.

Alfaro, N., & Martínez, W. (2008). Uso Potencial De La *Moringa* (*Moringa Oleifera* Lam) Para La Producción De Alimentos Nutricionalmente Mejorados. Consejo Nacional De Ciencia Y Tecnología.

Al-Sheraji, S.A, Ismail, A., Manap, M.Y., Mustafa, S., Yusof, R.M. And Hassan, F.A. Prebiotics As Functional Foods: A Review. Journal Of Functional Foods, 5(4), 2013, P. 1542–1553.

Alvídrez-Morales, A., González-Martínez, B.E. Y Jiménez-Salas, Z. Tendencias En La Producción De Alimentos: Alimentos Funcionales. Respyn, 3(3), 2002, P. 1-6

Araneda, C. Y F. Valenzuela. 2009. Microencapsulación De Extractantes: Una Metodología Alternativa De Extracción De Metales. Revista Ciencia Ahora 22(11): 9-19.

Bouwmeester, H., S. Dekkers, M. Noordam, W. Hagens, A. Bulder, S. Voorde, S. Wijnhoven And H. Marvin. 2009. Review Of Health Safety Aspects Of Nanotechnologies In Food Production. *Regulatory Toxicology And Pharmacology* 53(1): 52–62.

Cabrera, J. (2014). Evaluación Del Contenido De Alcaloides, Flavonoides, Taninos Y Aceites Esenciales En Tres Estados De Maduración Y Recolección De La *Moringa* (*Moringa Oleífera*) (Tesis De Pregrado). Universidad Técnica De Machala: Machala.

Chan, L. W.; Lim, L. T.; Heng, P. W. Microencapsulation Of Oils Using Sodium Alginate. *J Microencapsul.* 17 (6): Pp. 757-766, 2000.

Chandi Alvarez B.S. 2004. Caracterizacion de la demanda de yogurt en los principales supermercados de la ciudad de Tegucigalpa, Francisco Morazan, Honduras. 25p.

Coral, C. B. S., Carmen, G. C., Ángel, R. B. M., & Consuelo, L. N. (2012). *Nutrición, Salud Y Alimentos Funcionales*. Editorial Uned.

De Vos, P.; Faas, M. M.; Spasojevic, M.; Sikkema, J. Encapsulation For Preservation Of Functionality And Targeted Delivery Of Bioactive Food Components. *Int Dairy J* 20 (4): Pp. 292-302, 2010.

Dewettinck, K., Messens, W., Deroo, L., Huyghebaert, A. Agglomeration Tendency During Top-Spray Fluidized Bed Coating With Gelatin And Starch Hydrolysate Lwt - Food Sci Technol 32 (2): Pp. 102-106, 1999

Doménech Asensi, G., Durango Villadiego, A. M., & Ros Berruezo, G. (2017). Moringa Oleifera: Revisión Sobre Aplicaciones Y Usos En Alimentos. Archivos Latinoamericanos De Nutricion, 67(2). Retrieved From

Doménech Asensi, G., Durango Villadiego, A. M., & Ros Berruezo, G. (2017). Moringa Oleifera: Revisión Sobre Aplicaciones Y Usos En Alimentos. Archivos Latinoamericanos De Nutrición, 67(2), 86-97.

Fahey, J., & Olson, M. (2011). Moringa Oleifera: Un Árbol Multisusos Para Las Zonas Tropicales Secas. Revista Mexicana De Biodiversidad, 82(4), 1071-1082.

Falguera, V., Aliguer, N., Y Falguera, M. (2012). An Integrated Approach To Current Trends In Food Consumption: Moving Toward Functional And Organic Products? Food Control, 26(2), 274-281.

Favaro, C., A. Santana, E. Monterrey, M. Trindade And F. Netto. 2010. The Use Of Spray Drying Technology To Reduce Bitter Taste Of Casein Hydrolysate. Food Hydrocolloids 24(4): 336-340.

Fuchs, M., C. Turchiuli, M. Bohin, M. Cuvelier, C. Ordonnaud, M. Peyrat And E. Dumoulin. 2006. Encapsulation Of Oil In Powder Using Spray Drying And Fluidized Bed Agglomeration. *Journal Of Food Engineering* 75(1): 27-35.

García, E., Fernández, I. (2012). Determinación De Proteínas De Un Alimento Por El Método Kjeldahl. Valoración Con Un Ácido Fuerte. Universidad Politécnica De Valencia. Consultado El, 1(09), 2016.

Ghaderi, M.; Et Al. The Effect Of Novel Probiotic On Performance And Serum Concentrations Of Cholesterol And Triglyceride In Broiler Chickens. En: *African Journal Of Biotechnology*. 2010. Vol. 9, P. 7771-7774.

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40, 1107-1121.

Gil, A.; Ruiz, M.D. 2010. Tratado De Nutrición: Composición Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Medica Panamericana. Madrid, España, 812 P.

Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). Moringa Oleifera: A Review On Nutritive Importance And Its Medicinal Application. *Food Science And Human Wellness*, 5(2), 49–56.

Guzmán Maldonado, S. H., Zamarripa Colmenero, A., & Hernández Durán, L. G. (2015). Calidad Nutrimental Y Nutraceutica De Hoja De Moringa Proveniente De Árboles De Diferente Altura. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 6(2), 317–330.

Guzmán, S., Hernández, L., & Zamarripa, A. (2015). Nutraceutical And Nutritional Quality Of Moringa Leaf From Trees Of Different Height. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 6(2), 317-330.

Holzapfel, W; Et Al.,(2012), Taxonomy And Important Features Of Probiotic Microorganisms In Food And Nutrition., En:Am J. Clin Nutr. Vol. 73, P 365-373.

Jiménez, M. L. Microorganismos Probióticos Encapsulados En Polímeros Microbianos: Evaluación De La Capacidad Protectora De La Encapsulación Para Su Administración Oral. Tesis En Opción Al Grado De Doctor, Facultad De Farmacia, Universidad De Granada, España, 2010.

Jover, A., y García, J. (2004). Manual auxiliar de farmacia. Editorial MAD. España, p. 100.

Kailasapathy, K. Microencapsulation Of Probiotic Bacteria: Technology And Potential Applications. *Current Issues Intestinal Microbiol* 3 (2): Pp. 39-48, 2002.

Krasaekoopt, W.; Bhandari, B.; Deeth, H. C. Survival Of Probiotics Encapsulated In Chitosan-Coated Alginate Beads In Yoghurt From Uht And Conventionally Treated Milk During Storage. *Lwt* 39(2): Pp. 177-183, 2006.

Krasaekoopt, W.; Bhandari, B.; Deeth, H. Evaluation Of Encapsulation Techniques Of Probiotics For Yoghurt. *Int Dairy J.* 13: Pp. 3-13, 2003.

Liñán, T. (2010). Moringa Oleifera El Árbol De La Nutrición. *Ciencia Y Salud Virtual*, 2(1), 130- 138. Doi:10.22519/21455333.70.

López García, J. J. (2016). "Moringa Oleifera Lam.: Biología, Botánica, Propiedades Nutricionales Y Medicinales." Universidad De Sevilla.

López Legarda, X., Taramuel Gallardo, A., Arboleda Echavarría, C., Segura-Sánchez, F., Restrepo Betancur, L. F. (2017). Comparación De Métodos Que Utilizan Ácido Sulfúrico Para La Determinación De Azúcares Totales. *Revista Cubana De Química*, 29(2), 180-198.

Lupo, B.; González, C.; Maestro, A. Microencapsulación Con Alginato En Alimentos. Técnicas Y Aplicaciones. *Revista Venezolana De Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 3(1), 130-151, 2012.

Madene, A., J. Scher, And S. Desobry. 2006. Flavour Encapsulation And Controlled Release - A Review. International Journal Of Food Science And Technology 4(1):1-21, 2006.

Mahmood, T., Mugal, T., & UI, I. (2010). Moringa Oleifera: A Natural Gift-A Review. Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research, 2(11), 775-781

Mahmood, T., Mugal, T., & UI, I. (2010). Moringa Oleifera: A Natural Gift-A Review. Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research, 2(11), 775-781.

Mahmood, T., Mugal, T., & UI, I. (2010). Moringa Oleifera: A Natural Gift-A Review. Journal Of Pharmaceutical Sciences And Research, 2(11), 775-781.

Mcmaster, L. D.; Kokott, S. A.; Reid, S. J.; Abratt, V. Use Of Traditional African Fermented Beverages As Delivery Vehicles For Bifidobacterium Lactis Dsm 10140. Int J Food Microbiol 102(2): Pp. 231-237, 2005.

Motlagh, S.; Ravines, P.; Karamallah, K. A.; Ma, Q. The Analysis Of Acacia Gums Using Electrophoresis. Food Hydrocolloids 20: Pp. 848-854, 2006.

Mesa Vanegas, A. M., Zapata-Uribe, S., Arana, L. M., Zapata, I. C., Monsalve, Z., Rojano, B. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de

Ageratum conyzoides L. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 14(1), 1-10.

Munevar, N. X., & Zambrano Orozco, E. P. (2019). Evaluación Del Efecto Antimicrobiano Del Polvo Y Extracto Acuoso Liofilizado De Hojas De Moringa Oleifera En Un Derivado Cárnico (Chorizo Crudo).

Nag, A. Development Of Microencapsulation Technique For Probiotic Bacteria Lactobacillus Casei 431 Using A Proteinpolysaccharide Complex. Thesis For The Grade Of Masters In Food Technology, Massey University, New Zealand, 2011.

Nag, A. Development Of Microencapsulation Technique For Probiotic Bacteria Lactobacillus Casei 431 Using A Proteinpolysaccharide Complex. Thesis For The Grade Of Masters In Food Technology, Massey University, New Zealand, 2011.

Olagnero, G.; Abad, A.; Bendersky, S.; Genevois, C.; Granzella, L.; Montonati, M. 2007. Alimentos Funcionales: Fibra, Prebióticos, Probióticos Y Simbióticos. Diaeta. 25(121):20 – 33

Olson, M. E., & Fahey, J. W. (2011). Moringa Oleifera: A Multipurpose Tree For The Dry Tropics. Revista Mexicana De Biodiversidad, 82(4), 1071–1082.

Oyeyinka, A. T., & Oyeyinka, S. A. (2018). Moringa Oleifera As A Food Fortificant: Recent Trends And Prospects. *Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences*, 17(2), 127–136.

Palzer, S. 2009. Review: Food Structures For Nutrition, Health And Wellness. *Trends In Food Science And Technology* 20(5): 194-200.

Prestidge, C. And S. Simovic. 2006. Nanoparticle Encapsulation Of Emulsion Droplets. *International Journal Of Pharmaceutical* 324(1):92-100.

Rafael E Gonzalez, Arnulfo Taron, Lena B Morón. *Información tecnológica* 26 (6), 31-38, 2015.

Rokka, S.; Rantamäki, P. Protecting Probiótica Bacteria By Microencapsulation: Challengues For Industrial Applications. *Eur. Food Technol.* 231: Pp. 1-12, 2010.

Rokka, S.; Rantamäki, P. Protecting Probiótica Bacteria By Microencapsulation: Challengues For Industrial Applications. *Eur. Food Technol.* 231: Pp. 1-12, 2010

Rosero, M. (2015). Plan De Negocios Para La Comercialización De Moringa Oleifera En El Mercado Canadiense (Tesis De Pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial: Quito.

Sandoval, A.; Rodríguez, E.; Ayala, A. Encapsulación De Aditivos Para La Industria De Alimentos. *Ingeniería Y Competitividad* 5 (2): Pp. 73-83, 2004.

Sozer, N And J. Kokini. 2009. Nanotechnology And Its Applications In The Food Sector. *Trends In Biotechnology* 27(2):82-89.

Truelstrup, L.; Allan, P. M.; Jin, Y. L.; Paulson, A. T. Survival Of Free And Calcium-Alginate Microencapsulated Bifidobacterium Spp. In Simulated Gastro-Intestinal Conditions. *Food Microbiol.* 19: Pp. 35-45, 2002.

Valdés-Hernández, G. V., Cruz-Viera, L., & Comet-Rodríguez, R. (2015). Influencia de las condiciones de operación en la extracción de polifenoles a partir de hojas de *Moringa oleifera* Lam. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46, 135-145.

Vasconcellos, J.A. Alimentos Funcionales. Conceptos Y Beneficios Para La Salud [En Linea]. 2000. Disponible: [Http://Www.Madrimasd.Org/Cienciaysociedad/Ateneo/Dossier/Alimentos\\_Funcionales/Worldfoodscience/Alimentosfuncionales.Htm](http://www.madrimasd.org/Cienciaysociedad/Ateneo/Dossier/Alimentos_Funcionales/Worldfoodscience/Alimentosfuncionales.Htm) [Citado 8 Febrero De 2015].

Vergara Jimenez, M., Almatrafi, M., & Fernandez, M. (2017). Bioactive Components In *Moringa Oleifera* Leaves Protect Against Chronic Disease. *Antioxidants*, 6(4), 91.

Wittig de Penna, Emma. 1999. Evaluación Sensorial, una metodología actual para tecnología de alimentos. Chile, Universidad de Chile. 134 p.

Yañez, J., J. Salazar, L. Chaires, J. Jimenez, M. Marquez Y E. Ramos. 2002. Aplicaciones Biotecnológicas De La Microencapsulación. Revista Avance Y Perspectiva 21: 313-319.

FAVARO, C. et al. The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. Food Hydrocolloids, 24(4): 336-340, 2010.

GHARSALLAOUI, A. et al. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Research International, 40(9): 1107-1121, 2007.14

LUPO PASIN, B. et al. Microencapsulation in alginate for food. Technologies and applications, Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 3(1): 130-151, 2012.

SERFERT, Y. et al. Chemical stabilisation of oils rich in longchain polyunsaturated fatty acids during homogenisation, microencapsulation and storage. Food Chemistry, 113(4): 1106-1112, 2009.

GOUIN, S. Micro-encapsulation: Industrial appraisal of existing technologies and trends. Trends in Food Science & Technology, 15(7-8): 330-347, 2004.

SHINDE, T. et al. Co-extrusion encapsulation of probiotic Lactobacillus acidophilus alone or together with apple skin polyphenols: an aqueous and value-added delivery system using alginate. Food and Bioprocess Technology, 7(6): 1581- 1596, 2014.

NUNES, I. L. y MERCADANTE, A. Z. Encapsulation of lycopene using spray-drying and molecular inclusion processes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(5): 893-900, 2007.

FOCO, A. et al. Investigation of liposomes as carriers of sodium ascorbyl phosphate for cutaneous photoprotection. *International Journal of Pharmaceutics*, 291(1-2): 21-29, 2005.

Zhao, R.; Sun, J.; Torley, P.; Wang, D.; Niu, S. Measurement of particle diameter of *Lactobacillus acidophilus* microcapsule by spray drying and analysis on its microstructure. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24: pp. 1349-1354, 2008.

Moreau, D. L. Physical properties and porosity of whey protein based microcapsules. UMI Company, Michigan 22- 26, 41-43, 156-159, 1991

Nag, A. Development of microencapsulation technique for probiotic bacteria *Lactobacillus casei* 431 using a proteinpolysaccharide complex. Thesis for the grade of Masters in Food Technology, Massey University, New Zealand, 2011.

EsquivelGonzález, B.E.; Ochoa Martínez, L.A.; Rutiaga-Quiñones, O.M. Microencapsulación mediante secado por aspersion de compuestos bioactivos *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 16, núm. 2, 2015, pp. 180-192 Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México

Reis, Catarina Pinto, Ronald J. Neufeld, Antonio J. Ribeiro y Francisco Veiga. "Nanoencapsulation II. Biomedical Applications and Current Status of Peptide and Protein Nanoparticle Delivery Systems." "Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine 2" (2006): 53-65. "Science Direct". Recuperado el 15 de julio de 2015. Sitio web: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

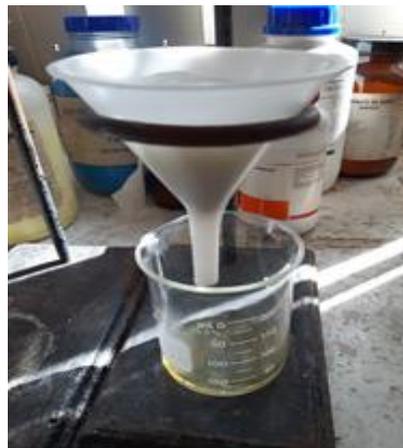
## CAPITULO VII

### 7. ANEXOS

**Anexo 1.** Extracción de solución acuosa.



**Anexo 2.** Filtro de solución acuosa.



**Anexo 3.** Determinación de Proteína Cruda.



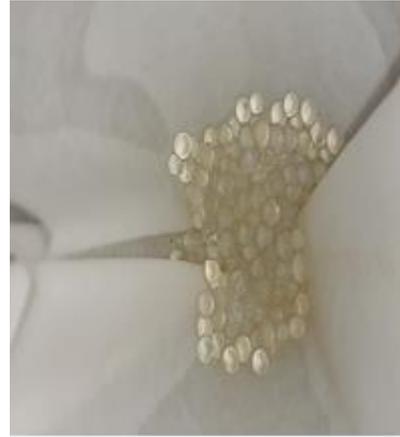
**Anexo 4.** Matriz encapsulante (Alginato de CaCl<sub>2</sub>.)



**Anexo 5.** Elaboración de microcápsulas de  $\text{CaCl}_2$ .



**Anexo 6.** Capsulas frescas, cargadas con extracto de  $\text{CaCl}_2$ .



**Anexo 7.** Capsulas secadas al ambiente ( $25^\circ \text{C}$ ), cargadas con extracto de  $\text{CaCl}_2$ .



**Anexo 8.** Muestras análisis sensorial, yogurt con microcápsulas.



**Anexo 9.** Bebida fermentada, con microcápsulas de extracto de *moringa*.



**Anexo 10.** Aplicación de análisis sensorial, Tesista.



**Anexo 11.** Aplicación de análisis sensorial, Dra. Sonia Barrón (Asesor principal).



**Anexo 12.** Aplicación de análisis sensorial, M.C. Carmen Julia García (Coasesor).



**Anexo 13.** Aplicación de análisis sensorial, Q.E.B. Luis Carlos Olvera Ríos.



**Anexo 14.** Aplicación de análisis sensorial, M.C. Carlos García.

