

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**EFEECTO DE LA ADICIÓN DE MICROCÁPSULAS DE  
ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum  
zeylanicum*) EN CHOCOLATE OSCURO**

**Autor: Bach. David Brayam Mego Chauca  
Asesor: Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quintana  
Co-Asesora: Mg. Luz Maribel Quispe Sanchez**

**Registro: (.....)**

**CHACHAPOYAS - PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la esperanza y las fuerzas para terminar mis estudios ya que nada en esta vida está escrito si no es por tu propio esfuerzo.

A mi madre y compañeros de laboratorio que me brindaron la oportunidad de poder hacer mi tesis, brindándome los mejores consejos y enseñanzas para poder culminar mi carrera profesional con éxitos.

## **AGRADECIMEINTO**

Agradecer a dios por darme la salud y las fuerzas para seguir adelante ya que la vida es única y tenemos muchas cosas por aprender, a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), al equipo profesional que laboran en el “Laboratorio fisiología y Biotecnología Vegetal (FISIOBVEG) al equipo de los proyectos de CEINCACAO y CEINCAFE de la UNTRM, por haberme brindado las instalaciones, facilidades, materiales y equipos, por toda su ayuda y compañía brindada.

A mi madre y hermanos quienes me han acompañado en todo momento, brindándome su apoyo incondicional para poder logra unas de mis metas en esta vida.

A mi asesor, Ing.Ms.Segundo Grimaldo Chavez Quintana, a mi co-asesora la Mg Luz Maribel Quispe Sanchez, a Dani Baca Maldonado, Robin Carli Oblitas Delgado, Sandra Mori Vigo, Kiara Stephanny Diaz Guiop. Por brindarme la oportunidad de seguir fortaleciendo mis conocimientos teóricos y prácticos

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

**RECTOR**

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Dr. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA

**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EFFECTO DE LA ADICIÓN DE MICROCÁPSULAS DE ACELITE ESENCIAL DE CAÑEIA (*Cinnamomum zeylanicum*) EN CHOCOLATE OSCURO del egresado DAVID BRAYAM MEGO CHAVCA de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AEROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 02 de abril de 2024

  
Firma y nombre completo del Asesor  
Mg. Segundo Grimaldo Chavez Avintana

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L


#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EFECTO DE LA ADICIÓN DE MICROCAPSULAS DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EN CHOCOLATE OSCURO; del egresado DAVID BRAGAM MEBE CHAUCA de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AEROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.

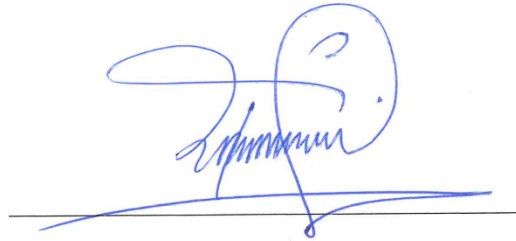


El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 02 de abril de 2024

  
Firma y nombre completo del Asesor  
Mg. Luz Maribel Guispe Sanchez

**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



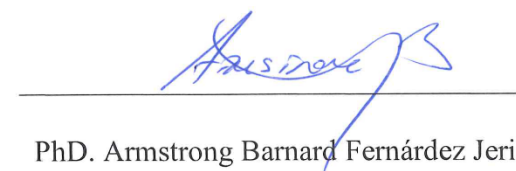
Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández

**PRESIDENTE**



M.Sc. Aline Camila Caetano

**SECRETARIA**



PhD. Armstrong Barnard Fernández Jeri

**VOCAL**

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EFECTO DE LA ADICIÓN DE MICROCÁPSULAS DE ACEITE ESENCIAL  
DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EN CHOCOLATE OSCURO

presentada por el estudiante ( )/egresado (X) DAVID BAAYAM MEGO CHAUCA

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AERONAUTICA

con correo electrónico institucional 7086436172@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 15 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 26 de 08 del 2024

Aline Camila Castano  
SECRETARIO

[Signature]  
PRESIDENTE

[Signature]  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....



## REPORTE TURNITIN

### EFFECTO DE LA ADICIÓN DE MICROCÁPSULAS DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (Cinnamomum zeylanicum) EN CHOCOLATE OSCURO

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>15%</b> INDÍCE DE SIMILITUD	<b>14%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>7%</b> PUBLICACIONES	<b>3%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.untrm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>CELIA ALMELA CAMAÑAS. "INCORPORACIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN LA CONSERVACIÓN DEL CAQUI "ROJO BRILLANTE" Y MELÓN "PIEL DE SAPO" MÍNIMAMENTE PROCESADOS", Universitat Politecnica de Valencia, 2012</b> Publicación	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>dgsa.uaeh.edu.mx:8080</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>es.scribd.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>revista.unibagua.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

  
Ms. Robert Xavier Cruzalegui Fernandez

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-5

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de septiembre del año 2024, siendo las 14:30 horas, el aspirante: Bach. David Brayam Mego Chauca, asesorado por Mg. Ms. Segundo Grimaldo Chavez Quirbana defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: EFECTO DE LA ADICIÓN DE MICROCAPSULAS DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (Cinnamomum zeylanicum) EN CHOCOLATE OSCURO, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Ms. Robert Javier Cruzalegui fernández

Secretario: M. Sc. Aline Camila Caetano

Vocal: Ph.D. Armstrong Barnard fernandez Jeri

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ()

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 15:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

Aline Camila Caetano  
SECRETARIO

Armstrong Barnard fernandez Jeri  
VOCAL

Robert Javier Cruzalegui fernández  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:  
.....

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMEINTO .....	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ.....	iv
DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	viii
REPORTE TURNITIN.....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
ÍNDICE.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y METODOS .....	19
2.2 Muestra de canela.....	19
2.3 Obtención de aceite esencial de canela .....	19
2.4 Obtención de licor de cacao .....	19
2.5 Formulación de chocolate .....	19
2.6 Análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con incorporación de aceite esencial de canela .....	21
pH.....	21
Acidez titulable.....	21
Determinación del índice de blancura (WI) .....	21
Determinación de capacidad antioxidante del chocolate.....	21
Contenido fenólico .....	22
Propiedades reológicas .....	22
Dureza.....	23
Tamaño de partícula .....	23
Análisis sensorial de los chocolates .....	23
2.7 Análisis de datos .....	24
III. RESULTADOS .....	25

IV. DISCUSIÓN .....	33
V. CONCLUSIÓN.....	39
VI. RECOMENDACIÓN .....	40
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.....	41
ANEXOS .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Escala hedónica de 9 puntos utilizada para medir el grado de aceptación sensorial</i> .....	24
<b>Tabla 2.</b> <i>Características fisicoquímicas de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial canela</i> .....	26
<b>Tabla 3.</b> <i>Propiedades bioactivas de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial canela</i> .....	28
<b>Tabla 4.</b> <i>Propiedades reológicas, dureza y tamaño de partícula de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial canela</i> .....	30
<b>Tabla 5.</b> <i>Aceptación sensorial de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial de canela, utilizando la escala hedónica de 9 puntos</i> .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Flujograma de elaboración de chocolate oscuro.</i> .....	20
<b>Figura 2.</b> <i>Extracción de aceite esencial de canela.</i> .....	51
<b>Figura 3.</b> <i>Aceite esencial de canela</i> .....	51
<b>Figura 4.</b> <i>Microencapsulación de aceite esencial de canela con maltodextrina.</i> .....	51
<b>Figura 5.</b> <i>Microencapsulación de aceite esencial de canela con goma arábica.</i> .....	52
<b>Figura 6.</b> <i>Microencapsulación del aceite esencial de canela.</i> .....	52
<b>Figura 7.</b> <i>Microencapsulación de aceite esencial de canela.</i> .....	52
<b>Figura 8.</b> <i>Liofilizado de la microencapsulación de canela.</i> .....	53
<b>Figura 9.</b> <i>Tostado del cacao a 120°C por 30 minutos</i> .....	53
<b>Figura 10.</b> <i>Elaboración de chocolate oscuro</i> .....	53
<b>Figura 11.</b> <i>Medición de los chocolates oscuros en el reómetro</i> .....	54
<b>Figura 12.</b> <i>Medición de la acidez de los chocolates oscuros.</i> .....	54
<b>Figura 13.</b> <i>Medición del tamaño de partícula</i> .....	54
<b>Figura 14.</b> <i>Análisis sensorial del chocolate oscuro</i> .....	55
<b>Figura 15.</b> <i>Análisis sensorial con respecto al color utilizando escala hedónica de 9 puntos.</i> .....	55
<b>Figura 16.</b> <i>Análisis sensorial con respecto al sabor utilizando escala hedónica de 9 puntos.</i> .....	56
<b>Figura 17.</b> <i>Análisis sensorial con respecto a la textura utilizando escala hedónica de 9 puntos.</i> .....	56
<b>Figura 18.</b> <i>Análisis sensorial con respecto a la aceptación general utilizando escala hedónica de 9 puntos</i> .....	57

## RESUMEN

La adición de aceites esenciales en alimentos ha generado popularidad debido a sus composiciones químicas y su capacidad para mejorar las propiedades bioactivas del chocolate. Sin embargo, incorporar los aceites esenciales en alimentos ha presentado un desafío para mantener su alto contenido antioxidante, intenso aroma y sabor, que se degradan en contacto con el medioambiente. La encapsulación es una técnica efectiva para proteger los compuestos volátiles de los aceites esenciales de los factores externos. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la adición de microcápsulas de aceite esencial de canela en las propiedades fisicoquímicas de chocolate oscuro. Se encontró que el pH, acidez, índice de blancura, fenoles totales, límite de elasticidad, viscosidad, dureza, tamaño de partícula y aceptación sensorial tiene un efecto significativo en la adición de microcápsulas de aceite esencial de canela (MAC). En conclusión, la adición de microcápsulas de aceite esencial de canela afecta significativamente las propiedades fisicoquímicas, bioactivas, del chocolate oscuro y no afecta la aceptación sensorial.

**Palabras claves:** Capacidad antioxidante, fenoles totales, vida útil, tamaño de partícula, Microcápsulas de aceite esencial de canel.

## **ABSTRACT**

The addition of essential oils to foods has become popular due to their chemical compositions and their ability to enhance the bioactive properties of chocolate. However, incorporating essential oils into foods has presented a challenge to maintain their high antioxidant content, intense aroma and flavor, which degrade in contact with the environment. Encapsulation is an effective technique to protect the volatile compounds of essential oils from external factors. The objective of this study was to determine the effect of the addition of cinnamon essential oil microcapsules on the physicochemical properties of dark chocolate. It was found that pH, acidity, whiteness index, total phenols, yield strength, viscosity, hardness, particle size and sensory acceptability had a significant effect on the addition of cinnamon essential oil microcapsules (MAC). In conclusion, the addition of cinnamon essential oil microcapsules significantly affects the physicochemical and bioactive properties of dark chocolate and does not affect sensory acceptability.

**Keywords:** Antioxidant capacity, total phenols, shelf life, particle size, Cinnamomun essential oil microcapsules.



## I. INTRODUCCIÓN

El chocolate es muy consumido a nivel mundial debido a su valor nutricional y a sus propiedades organolépticas como aroma, sabor y textura (Glicerina et al., 2013). El chocolate es un dulce mundialmente conocido y querido por personas de todas las edades. Los chocolates que más sobresalen entre ellos es el chocolate negro, que tiene un efecto positivo en el consumidor debido a su alta capacidad antioxidante (Zugravu & Otelea, 2019). El chocolate está formado por pequeñas partículas de azúcar, licor de cacao y manteca de cacao (Afoakwa, 2010).

Por otra parte, los aceites esenciales son combinaciones complejas de compuestos orgánicos volátiles que se producen como productos secundarios durante el metabolismo de las plantas. Son responsables de conferir a las plantas sus características particulares de aroma, sabor y fragancia (Asbahani et al., 2015; Moghaddam & Mehdizadeh, 2017). Los aceites esenciales pueden ser obtenidos de distintas partes de las plantas como hojas, tallos, flores, semillas, raíces, cáscaras, resinas o cortezas a través de una variedad de técnicas de extracción (Hanif et al., 2019; Pires et al., 2019; Franco-Vega et al., 2016).

Los aceites esenciales son una de las alternativas para enriquecer los chocolates con la finalidad de potenciar su capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y propiedades sensoriales (Samanta et al., 2022; Handiati et al., 2019).

La canela (*Cinnamomun zeylanicum*) es utilizada con fines culinarios desde la antigüedad, sus extractos han mostrado efectos beneficiosos en la regulación del avance de enfermedades gracias a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, anticancerígenas, antimutagénicas, antitirosinasa y antidiabéticas (Chandula Weerasekera et al., 2021).

El empleo del aceite esencial de canela en chocolates amargos ha demostrado inducir cambios significativos en su aceptación sensorial, ayudando a mejorar las propiedades fisicoquímicas y funcionales (Ilmi et al., 2017). El aceite esencial de canela tiene efectos positivos en la salud, como ralentizar las células cancerosas y la prevención de la enfermedad de Alzheimer (Dwijatmoko et al., 2016). Así mismo los compuestos bioactivos de los aceites esenciales son altamente susceptibles a las condiciones ambientales y al proceso de degradación (Mehran et al., 2020).

La microencapsulación es una técnica innovadora en la industria alimentaria diseñada para proteger compuestos bioactivos, polifenoles y compuestos volátiles de los aceites

esenciales, con la finalidad de ser utilizadas como saborizante y conservantes (Mazza et al., 2022; Bajac et al., 2022). La goma arábiga es ampliamente empleada como material para encapsular aceites esenciales debido a su capacidad para formar una emulsión estable (Fernandes et al., 2014). Así mismo, la maltodextrina es utilizada como pared encapsulante ayudando a mejorar el rendimiento y la eficiencia de la encapsulación, dando una estabilidad térmica y estabilidad oxidativa de los compuestos bioactivos (de Araújo et al., 2020).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de microcápsulas de aceite esencial de *C. zeylanicum* en las propiedades fisicoquímicas en chocolate oscuro.

## **II. MATERIAL Y METODOS**

### **2.2 Muestra de canela**

Se adquirió dos kilogramos de canela seca sellada en una bolsa hermética del mercado central de la ciudad de Chachapoyas, Perú. En donde fueron transportadas y almacenadas a 20°C hasta su posterior uso.

### **2.3 Obtención de aceite esencial de canela**

El proceso de extracción de aceite esencial de canela se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de Cacao del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), perteneciente a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. El aceite esencial fue extraído de acuerdo a la metodología descrita por Matínez (2001), utilizando un destilador de aceites esenciales por arrastre de vapor de marca TECNAL, modelo (TE-2761-20).

Para la extracción de aceite esencial de canela se utilizó una pera de decantación, con la finalidad de separar el aceite esencial del agua. El aceite esencial extraído fue envasado en frascos ámbar y se almacenó a 4° C hasta su posterior uso.

### **2.4 Obtención de licor de cacao**

Se utilizó granos de cacao fermentados secos, con humedad menor a 7%, provenientes de la Cooperativa APROCAM de Bagua, Amazonas-Perú. En el Laboratorio de Control de Calidad de Cacao del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de selva (INDES-CES), los granos fueron tostados a 120°C durante 30 minutos utilizando una estufa (Venticell, Ecoline, Alemania), siguiendo los protocolos establecidos por la industria chocolatera. Los granos tostados fueron descascarillados en un descascarillador industrial (AyZ- DS-Perú), hasta obtener nibs de cacao sin cascarilla. Estos nibs fueron molidos en un molino industrial (Prosol Sac, Tritur-50, Perú), hasta obtener el licor de cacao. Finalmente, el refinado se realizó durante 3 horas utilizando refinadores de dos rodillos de granito (Premier, India), con una capacidad de 3 kilogramos.

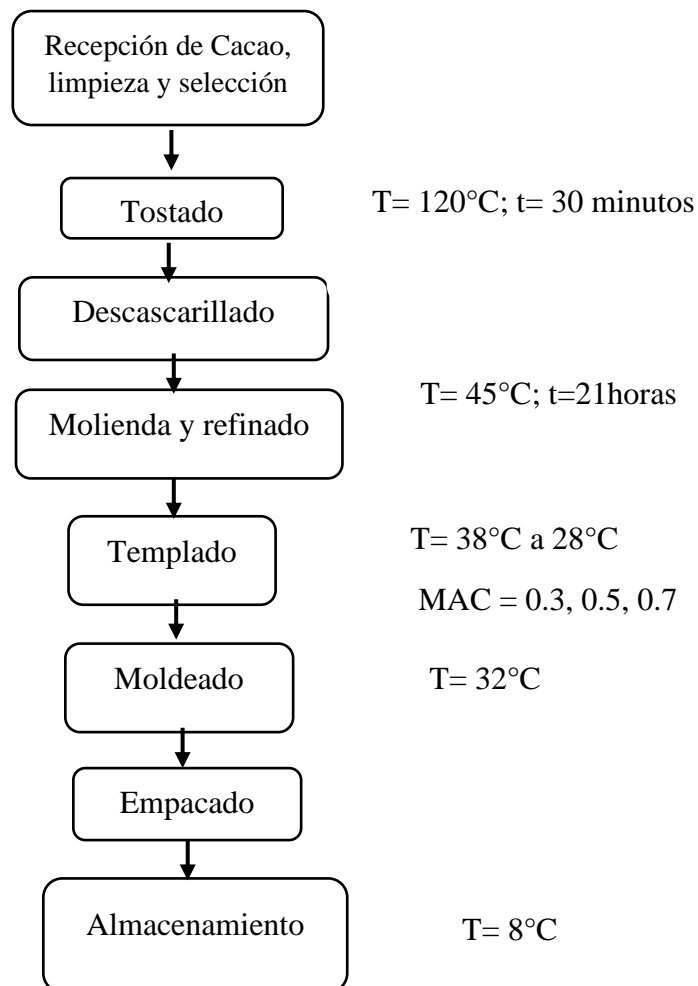
### **2.5 Formulación de chocolate**

La formulación base para la elaboración de los chocolates oscuros fue de 70%, con un contenido de 65 % de pasta de cacao, 5 % de manteca de cacao y 30 % de azúcar rubia para el chocolate control que se muestra en el flujograma de chocolate oscuro (Figura 1).

Una vez formulado la base para chocolate se pasó al proceso de refinado por 21 horas, siguiendo la metodología descrita por Leite et al. (2013). En el proceso de templado se añadió las microcápsulas de aceite esencial de canela (MAC) al 0.3, 0.5, 0.7 % (p/p); el proceso de templado se realizó con fluctuación de temperatura de 38 °C a 28 °C, se moldearon a 32 °C, en moldes de policarbonato para tabletas de 14x12x6 cm de 50 gramos de capacidad y muestras de 1x1.5x0.5cm de 0.75g de capacidad. Para el proceso del envasado se realizó después de 15 minutos, extrayendo las tabletas de chocolate, para ser envueltos en papel aluminio y ser almacenados a 8°C hasta su posterior análisis.

**Figura 1**

*Flujograma de elaboración de chocolate oscuro.*



## **2.6 Análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con incorporación de aceite esencial de canela**

### **pH**

El pH se determinó mediante el método AOAC 981.21/90 (Official, 2000), a partir de una solución preparada para medir el pH y la acidez titulable de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial de canela (MAC), utilizando un potenciómetro digital (HANNA Instruments).

### **Acidez titulable**

La determinación de la acidez titulable se hizo a partir de la solución preparada para la medición del pH, en donde la acidez titulable se midió según AOAC 981.12/90 (AOAC, 1990). En donde se utilizó NaOH como solución de neutralización y fenolftaleína como indicador. Los resultados de la acidez se expresaron como porcentaje de equivalente de ácido cítrico por cada 100 g de muestras.

### **Determinación del índice de blancura (WI)**

La medición del índice de blancura (WI) se llevó a cabo utilizando el equipo de medidor de croma (CR-400), según la metodología descrita por Tirgarian et al. (2023). Las mediciones se realizaron utilizando el sistema de CIELAB, que proporciona valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  para poder determinar WI. Donde  $a^*$  representa el grado de verdor o enrojecimiento, con un rango de -80 que indica verde y 80 que indica el color rojo. El valor de  $b^*$  representa la transición del azul al amarillo, con un rango de -80 para el azul y 80 que indica el color amarillo. El valor  $L^*$  representa la luminosidad que va desde 0 que representa el color negro hasta 100 que representa el color blanco, ya que utilizando estos valores también se puede obtener una evaluación estandarizada y cuantitativa del índice de blancura del chocolate oscuro (Jin et al., 2019). Se obtuvo el índice de blancura en la ecuación 1.

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

### **Determinación de capacidad antioxidante del chocolate**

Para la preparación de la solución metanólica (80%) de radical DPPH se siguió la metodología descrita por Melo et al. (2021). Se agregó 100 mg de muestra desgrasada a los tubos falcon de 15ml, luego se agregó 10 ml de metanol al 80%, se procedió a agitar a 300 RPM por 15 min en un Shaker orbital, para luego centrifugar a 3000 RPM por el

lapso de 30 min utilizando una centrífuga PrO-Analytical, los sobrenadantes se procedieron a filtrar utilizando papel filtro (Watman N° 42), luego se pusieron a -24°C en ausencia de luz. Las muestras fueron realizadas por triplicado.

La actividad de antioxidante se determinó mediante el ensayo de depuración del radical libre 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH). Se preparó una solución en metanol de DPPH (0.1 mM), luego se adicionó 2 mL de esta solución a un tubo y adicionó 200 µL de extracto. Posteriormente se agitaron la mezcla e incubo a temperatura ambiente en condiciones de oscuridad. Mediante un espectrofotómetro UV-Vis (T 9200 PEAK Instruments, USA) se midió la absorbancia a 517 nm. Posteriormente para calcular la capacidad antioxidante se trabajó mediante la ecuación lineal de la curva de calibración ( $y = 0.2352x + 026.62$ ), los resultados se expresaron en micromoles de Trolox por 100g de muestra (µmol TE/100g de muestra)

### **Contenido fenólico**

El contenido de fenólico de los chocolates oscuros con adición de microcápsulas de aceite esencial de canela se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al., 1999), de acuerdo a la metodología modificada descrita por Medina-Mendoza et al. (2023). Para ello, se disolvió la muestra en 200 µL de agua desionizada con 25 µL de muestra, posteriormente en un tubo de ensayo se agregó 250 µL Folin Ciocalteu con 2ml de muestra, se agitó en un vórtex hasta homogenizarlo, luego de 5min se agregó 250 µL de la solución carbonato de sodio al 10% y se agitó nuevamente hasta homogenizar. Seguidamente se guardó en un lugar oscuro durante 60 min para que este reaccione, transcurrido el tiempo se midió la absorbancia a una longitud de onda de 725nm. Terminado de medir la absorbancia de todas las muestras anteriormente desgrasadas los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico por 100g de muestra (mg GAE/100g de muestra), usando de referencia la curva de calibración ( $y = 244.42x - 21.15$ ,  $R^2 = 0.977$ ).

### **Propiedades reológicas**

La viscosidad de los chocolates oscuros se realizó usando un reómetro compacto modular (Anton Para, Modelo MCR 302, Austria), equipado con un Peltier de cilindros concéntricos CC27. Para el análisis de las muestras de chocolates con adición de MAC

fueron fundidas a 40 °C en una estufa (Venticell, Ecoline, alemana) durante 1 hora, luego las muestras de chocolates fueron colocadas en la copa de cilindros concéntricos CC27 hasta la capacidad señalada por los fabricantes (50mL). Donde las velocidades de corte aplicada fueron de 5 s<sup>-1</sup> durante 1 min y 40 segundos, incrementando la velocidad de corte de 2 a 50 s<sup>-1</sup>. Los datos fueron procesados por el software del equipo (RheoCompass vs s 1.30) siguiendo la metodología descrita por Glicerina et al. (2013). Las curvas de flujo se ajustaron al modelo Casson, ecuación (2) se utilizó para medir el comportamiento reológico del fluido de límite elástico:

$$\sigma^{0.5}=(\sigma_0)^{0.5} + K_1(\gamma)^{0.5} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde  $\sigma$  (Pa) es el esfuerzo cortante,  $\sigma_0$  es el límite elástico de Casson (Pa),  $K_1$  es el índice de consistencia (Pa.s )  $\gamma$ (s<sup>-1</sup>) es la velocidad de corte.

### **Dureza**

Para determinar los parámetros de dureza de las muestras de los chocolates, se realizó con un analizador de textura CTX (AMETEK Brookfield con software Textura Pro 1.0.19), siguiendo la metodología propuesta por Lillah et al. (2017). Las muestras se analizaron usando una sonda cónica de 30 grados con una celda de carga de 10 kg a una velocidad de prueba de 10 mm/s. Donde las muestras fueron comprimidas a una velocidad inicial de 5 mm/s y una profundidad de 0.8 mm. Cada muestra se analizó por triplicado.

### **Tamaño de partícula**

El tamaño de partícula se analizó siguiendo la metodología descrita por Ibrahim et al. (2020), con algunas modificaciones. En un vaso de precipitación se elaboró una solución de chocolate disuelto en aceite de girasol a 50%. Se añadió una gota de la solución dentro de la mordaza del micrómetro (Mitutoyo-2017) y se cerró para su lectura.

### **Análisis sensorial de los chocolates**

El análisis sensorial se realizó de acuerdo a la escala hedónica de 9 puntos (tabla 1), siguiendo la metodología descrita por Abdul et al. (2019). Esta evaluación se realizó con 60 panelistas no entrenados en el Laboratorio de Control de Calidad del Cacao de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Las características sensoriales evaluadas fueron: sabor, color, textura y aceptabilidad general, mediante

pruebas orientadas hacia los panelistas no entrenados. Las muestras de los chocolates se mantuvieron a una temperatura de 20°C durante 1 hora antes de la evaluación.

**Tabla 1**

*Escala hedónica de 9 puntos utilizada para medir el grado de aceptación sensorial.*

---

<b>Escala hedónica de 9 puntos</b>	
Me gusta extremadamente	9
Gusta mucho	8
Me gusta moderadamente	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta un poco	4
No me gusta moderadamente	3
Me disgusta mucho	2
No me gusta	1

---

**2.7 Análisis de datos**

Se realizó un análisis de varianza donde se determinó la diferencia estadística del efecto de los tratamientos. También se empleó la prueba Tukey al nivel de  $p < 0.05$  de significancia para identificar los diferentes tratamientos.



### III. RESULTADOS

En la tabla 2 se observa los resultados del análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con adición de microcápsulas de aceite esencial canela. La adición de MAC a los chocolates oscuros tiene un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) en las características fisicoquímicas del chocolate oscuro. El pH de los chocolates oscuros con pared encapsulante de maltodextrina se encontraba entre 5.30 a 5.47, dando valores más bajos que la muestra testigo con 5.49. Por otra parte, los chocolates oscuros con MAC encapsulado con goma arábica presentaron valores de 5.51 a 5.61. Determinando que el chocolate con adición de MAC al 0.5%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 12  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, tienen el pH más elevado con 5.61. Así mismo, los valores de acidez obtenidos en los chocolates oscuros con la incorporación de MAC varían entre 0.23 a 0.36 % de ácido cítrico. Determinando que el chocolate con adición de MAC al 0.3%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 10  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, tiene la acidez más elevada con 0.36% de ácido cítrico. Así mismo se resalta que la muestra testigo no tiene microcápsulas de aceite esencial de canela, teniendo un valor de acidez de 0.28% de ácido cítrico. Estos resultados muestran el efecto de la adición de MAC.

En cuanto al índice de blancura (WI) presente en la tabla 2 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con adición de microcápsulas de aceite esencial canela. Al incorporar MAC a los chocolates oscuros dan como resultado valores que van desde 19.10 hasta 25.79, determinando que el valor más alto del WI lo tiene la adición de MAC al 0.5%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 12  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela. Determinando que a medida que se va adicionando microcápsulas de aceite esencial de canela el índice de blancura tiende a tener un impacto significativo ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 2***Características fisicoquímicas de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial canela*

Tipo de pared encapsulante	Dosis de pared encapsulante (%)	Adición de aceite esencial de canela (µL)	Adición de agente encapsulado (%)	pH	Acidez titulable (% de ácido cítrico)	Índice de Blancura (WI)
Maltodextrina	10	10	0.3	5.36±0.02 <sup>ef</sup>	0.34±0.01 <sup>a-c</sup>	25.66±0.56 <sup>ab</sup>
		12	0.5	5.30±0.01 <sup>f</sup>	0.35±0.01 <sup>ab</sup>	23.39±0.61 <sup>ab</sup>
		14	0.7	5.47±0.02 <sup>b-e</sup>	0.31±0.01 <sup>a-e</sup>	25.12±0.47 <sup>ab</sup>
	20	10	0.3	5.37±0.00 <sup>ef</sup>	0.34±0.01 <sup>a-c</sup>	24.26±0.53 <sup>ab</sup>
		12	0.5	5.39±0.05 <sup>d-f</sup>	0.28±0.01 <sup>c-f</sup>	23.32±0.47 <sup>ab</sup>
		14	0.7	5.45±0.04 <sup>c-e</sup>	0.33±0.01 <sup>a-d</sup>	23.64±0.85 <sup>ab</sup>
	30	10	0.3	5.30±0.01 <sup>f</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	24.14±0.15 <sup>ab</sup>
		12	0.5	5.47±0.01 <sup>a-e</sup>	0.29±0.01 <sup>c-f</sup>	25.79±0.40 <sup>a</sup>
		14	0.7	5.46±0.01 <sup>b-e</sup>	0.29±0.01 <sup>c-f</sup>	24.18±0.31 <sup>ab</sup>
Goma Arábica	10	10	0.3	5.51±0.01 <sup>a-d</sup>	0.23±0.01 <sup>f</sup>	25.47±0.29 <sup>ab</sup>
		12	0.5	5.55±0.00 <sup>a-c</sup>	0.26±0.01 <sup>ef</sup>	23.12±0.47 <sup>ab</sup>
		14	0.7	5.55±0.02 <sup>a-c</sup>	0.33±0.01 <sup>a-d</sup>	23.39±0.13 <sup>ab</sup>
	20	10	0.3	5.54±0.04 <sup>a-c</sup>	0.27±0.01 <sup>d-f</sup>	19.10±5.16 <sup>c</sup>
		12	0.5	5.54±0.01 <sup>a-c</sup>	0.29±0.01 <sup>b-f</sup>	24.50±0.22 <sup>ab</sup>
		14	0.7	5.56±0.00 <sup>ab</sup>	0.31±0.01 <sup>a-e</sup>	24.29±0.80 <sup>ab</sup>
	30	10	0.3	5.52±0.03 <sup>a-d</sup>	0.33±0.01 <sup>a-d</sup>	25.02±0.98 <sup>ab</sup>
		12	0.5	5.61±0.05 <sup>a</sup>	0.34±0.01 <sup>a-c</sup>	21.84±0.50 <sup>bc</sup>
		14	0.7	5.58±0.02 <sup>a-c</sup>	0.27±0.01 <sup>d-f</sup>	25.66±0.56 <sup>ab</sup>
Muestra testigo	0	0	0	5.49±0.00 <sup>a-e</sup>	0.28±0.01 <sup>c-f</sup>	23.83±0.59 <sup>ab</sup>

*Nota.* Los valores expresados como promedio ± desviación estándar. Las letras diferentes muestran diferencia significativa, según tukey (p < 0,05).

En la tabla 3 se muestran los resultados de las propiedades bioactivas de los chocolates oscuros con adición de MAC, los resultados obtenidos en nuestra investigación sobre de la capacidad de antioxidantes de los chocolates oscuros van desde  $0.28 \pm 0.01$  a  $0.31 \pm 0.02$   $\mu\text{mol}(\text{TE})/100\text{g}$  , determinando que no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

Una de las propiedades bioactivas de los chocolates oscuros es el contenido de fenoles, los resultados obtenidos en nuestra investigación sobre el de contenido de fenoles estaban entre  $640.49 \pm 49$  a  $1032.30 \pm 31.32$  mg GAE/100g, observando un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) del contenido de fenólico al incorporar MAC en comparación de la muestra testigo que es de 640.49 mg GAE/100g. También se determinó que la muestra con mayor contenido de fenoles fue la que utilizo como pared encapsulante la goma arábica al 10 % con 10  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, incorporada al 0.3 % de MAC, con un valor 1032.30 mg GAE/100g

**Tabla 3***Propiedades bioactivas de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial canela*

Tipo de pared encapsulante	Dosis de pared encapsulante (%)	Dosis de adición de aceite esencial de canela (µL)	Adición de agente encapsulado (%)	Capacidad antioxidante (µmol TE/100g de muestra)	Fenoles totales (mg GAE/100g)
Maltodextrina	10	10	0.3	0.30±0.01 <sup>a</sup>	807.87±80.48 <sup>b-e</sup>
		12	0.5	0.31±0.02 <sup>a</sup>	913.73±44.61 <sup>ab</sup>
		14	0.7	0.29±0.01 <sup>a</sup>	898.44±4.33 <sup>a-c</sup>
	20	10	0.3	0.29±0.01 <sup>a</sup>	749.15±8.80 <sup>c-f</sup>
		12	0.5	0.29±0.01 <sup>a</sup>	676.34±20.29 <sup>ef</sup>
		14	0.7	0.30±0.01 <sup>a</sup>	766.91±48.58 <sup>b-f</sup>
	30	10	0.3	0.29±0.01 <sup>a</sup>	748.47±1.51 <sup>c-f</sup>
		12	0.5	0.29±0.01 <sup>a</sup>	704.02±2.88 <sup>d-f</sup>
		14	0.7	0.29±0.01 <sup>a</sup>	694.95±2.92 <sup>d-f</sup>
Goma Arábica	10	10	0.3	0.29±0.01 <sup>a</sup>	1032.30±31.23 <sup>a</sup>
		12	0.5	0.30±0.01 <sup>a</sup>	765.15±49.06 <sup>b-f</sup>
		14	0.7	0.29±0.01 <sup>a</sup>	699.24±1.53 <sup>d-f</sup>
	20	10	0.3	0.30±0.01 <sup>a</sup>	722.92±2.22 <sup>d-f</sup>
		12	0.5	0.29±0.01 <sup>a</sup>	704.80±2.88 <sup>d-f</sup>
		14	0.7	0.29±0.01 <sup>a</sup>	741.22±2.05 <sup>c-f</sup>
	30	10	0.3	0.29±0.01 <sup>a</sup>	852.38±17.53 <sup>b-d</sup>
		12	0.5	0.30±0.01 <sup>a</sup>	744.21±5.63 <sup>c-f</sup>
		14	0.7	0.29±0.01 <sup>a</sup>	740.87±3.85 <sup>c-f</sup>
Muestra testigo	0	0	0	0.28±0.01 <sup>a</sup>	640.49±2.26 <sup>f</sup>

*Nota.* Valores expresados como promedio ± desviación estándar. Las letras diferentes muestran diferencia significativa, según Tukey ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 4 se muestra las propiedades reológicas, dureza y texturales de los chocolates oscuros con adición de MAC. Los resultados obtenidos sobre las propiedades reológicas como el límite elástico al adicionar MAC fueron de 12.31 a 23.87 Pa, determinando un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) al agregar MAC. El valor más alto del límite elástico se obtuvo al adicionar MAC al 0.5 %, microencapsulado con goma arábica al 10 %, con 12  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, con un valor de 23.87 Pa. Así mismo el valor más bajo obtenido del límite elástico al adicionar MAC al 0.3 %, microencapsulado con goma arábica al 10%, con 10  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, es de 12.31 Pa.

Por otra parte, los resultados obtenidos sobre la viscosidad de los chocolates oscuros en nuestra investigación fueron: para la pared encapsulante de maltodextrina, valores que van desde 2.43 a 3.77 Pa.s, en comparación con la muestra testigo que es 2.33 Pa.s. Determinando un aumento significativo ( $p < 0.05$ ). Además, los resultados obtenidos de la viscosidad con MAC, utilizando como pared encapsulante la goma arábica van desde 1.24 a 3.27 Pa.s. Determinando un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) al adicionar MAC.

En el estudio de las propiedades reológicas y texturales de los chocolates oscuros con adición de MAC, se presentan los resultados de la dureza, obteniendo valores que están entre 26.28 a 46.79 gramos para las muestras que utilizan como pared encapsulante la maltodextrina, lo que representa una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a la muestra testigo que es 49.88 gramos. Por otra parte, al emplear goma arábica como pared encapsulante, se registraron valores de la dureza que van desde 33.62 hasta 58.53 gramos, observando un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) en la mayoría de los tratamientos, obteniendo el valor más alto de 58.53 gramos, al adicionar 0.7% de MAC, encapsulado con goma arábica al 20%, con 14  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela.

Por otra parte, el tamaño de partícula al adicionar MAC va desde 51.22 hasta 185.00  $\mu\text{M}$ . En comparación con la muestra testigo que es 70.70  $\mu\text{M}$ , donde se determinó una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) del tamaño de partícula.

**Tabla 4**

*Propiedades reológicas, dureza y tamaño de partícula de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial canela*

<b>Pared encapsulante</b>	<b>Dosis de pared encapsulante (%)</b>	<b>Dosis de adición de aceite esencial (µL)</b>	<b>Adición de aceite encapsulado (%)</b>	<b>Limite elasticidad (Pa)</b>	<b>Viscosidad (Pa. s)</b>	<b>Dureza (gramos)</b>	<b>Tamaño de partícula (µM)</b>
Maltodextrina	10	10	0.3	22.84±0.98 <sup>ab</sup>	2.44±42.43 <sup>bc</sup>	39.14±8.03 <sup>a-c</sup>	51.22±8.22 <sup>i</sup>
		12	0.5	16.67±0.19 <sup>cd</sup>	3.12±17.28 <sup>a-c</sup>	26.28±3.98 <sup>c</sup>	159.17±16.67 <sup>ab</sup>
		14	0.7	21.01±0.43 <sup>a-c</sup>	2.80±36.15 <sup>bc</sup>	32.79±8.72 <sup>bc</sup>	73.66±15.31 <sup>f-i</sup>
	20	10	0.3	23.27±0.17 <sup>a</sup>	2.49±14.29 <sup>bc</sup>	46.79±4.75 <sup>a-c</sup>	68.58±11.82 <sup>g-i</sup>
		12	0.5	17.94±3.25 <sup>bc</sup>	3.77±402.46 <sup>a</sup>	38.26±9.28 <sup>a-c</sup>	185.00±10.82 <sup>a</sup>
		14	0.7	19.84±0.17 <sup>a-c</sup>	2.52±15.08 <sup>bc</sup>	42.42±2.49 <sup>a-c</sup>	116.84±18.67 <sup>cd</sup>
	30	10	0.3	21.15±0.81 <sup>a-c</sup>	2.43±67.02 <sup>bc</sup>	40.07±7.60 <sup>a-c</sup>	90.17±2.84 <sup>e-g</sup>
		12	0.5	17.71±0.92 <sup>bc</sup>	2.99±70.13 <sup>a-c</sup>	32.94±3.24 <sup>bc</sup>	71.54±14.02 <sup>f-i</sup>
		14	0.7	19.63±0.28 <sup>a-c</sup>	2.67±12.82 <sup>bc</sup>	33.01±6.49 <sup>bc</sup>	127.85±5.42 <sup>bc</sup>
Goma Arábica	10	10	0.3	12.31±0.38 <sup>d</sup>	1.24±55.53 <sup>d</sup>	33.62±4.60 <sup>bc</sup>	59.27±4.56 <sup>hi</sup>
		12	0.5	23.87±0.36 <sup>a</sup>	2.53±31.22 <sup>bc</sup>	34.74±4.27 <sup>bc</sup>	72.81±8.38 <sup>f-i</sup>
		14	0.7	17.19±0.23 <sup>cd</sup>	2.81±19.91 <sup>bc</sup>	38.30±8.18 <sup>a-c</sup>	55.88±7.90 <sup>hi</sup>
	20	10	0.3	23.30±3.89 <sup>a</sup>	3.02±750.62 <sup>a-c</sup>	41.66±1.74 <sup>a-c</sup>	63.08±17.32 <sup>hi</sup>
		12	0.5	20.07±0.99 <sup>a-c</sup>	2.63±112.83 <sup>bc</sup>	48.53±4.65 <sup>a-c</sup>	67.73±9.80 <sup>g-i</sup>
		14	0.7	16.93±0.11 <sup>cd</sup>	2.27±8.89 <sup>c</sup>	58.53±10.33 <sup>a</sup>	66.04±3.59 <sup>g-i</sup>
	30	10	0.3	21.33±1.19 <sup>a-c</sup>	2.53±199.99 <sup>bc</sup>	43.45±5.94 <sup>a-c</sup>	79.16±4.25 <sup>f-h</sup>
		12	0.5	17.36±2.22 <sup>cd</sup>	3.27±462.70 <sup>ab</sup>	42.09±2.29 <sup>a-c</sup>	95.67±11.33 <sup>d-f</sup>
		14	0.7	16.91±0.14 <sup>cd</sup>	2.44±8.27 <sup>bc</sup>	48.27±3.07 <sup>a-c</sup>	108.37±10.02 <sup>c-e</sup>
Muestra testigo	0	0	0	21.02±0.29 <sup>a-c</sup>	2.33±27.43 <sup>c</sup>	49.88±5.49 <sup>ab</sup>	70.70±7.10 <sup>g-i</sup>

*Nota.* Valores expresados como promedio ± desviación estándar. Las letras diferentes muestran diferencia significativa, según Tukey ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 5 se presenta la aceptación sensorial de los chocolates oscuros con adición de MAC. Los resultados del análisis sensorial con respecto al color, textura y sabor presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) mínima entre los tratamientos. Para el chocolate con MAC al 0.3%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 10  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, obtuvo la puntuación más alta en cuanto al color, con un promedio 7.32 de la escala hedónica de aceptación sensorial. En textura, el chocolate con MAC al 0.3%, microencapsulado con goma arábica al 20%, con 10  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, se obtuvo la puntuación más alto con un promedio 7.20 de la escala hedónica de aceptación sensorial. Así mismo, en cuanto al sabor, el chocolate con MAC al 0.3%, microencapsulado con goma arábica al 10%, con 12  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, alcanzó la puntuación más alta con un promedio de 7.30 de la escala hedónica de aceptación sensorial. Sin embargo, en términos de aceptación general, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 5**

*Aceptación sensorial de chocolate oscuro con adición de microcápsulas de aceite esencial de canela, utilizando la escala hedónica de 9 puntos*

<b>Tipo de pared encapsulante</b>	<b>Dosis de pared encapsulante (%)</b>	<b>Dosis de adición de aceite esencial de canela <math>\mu</math>L</b>	<b>Adición de agente encapsulado (%)</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>Sabor</b>	<b>Aceptación general</b>
Maltodextrina	10	10	0.3	6.48 $\pm$ 1.40 <sup>ab</sup>	6.73 $\pm$ 1.33 <sup>ab</sup>	6.25 $\pm$ 1.67 <sup>bc</sup>	6.27 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>
		12	0.5	7.28 $\pm$ 1.27	6.50 $\pm$ 1.77 <sup>ab</sup>	6.47 $\pm$ 1.59 <sup>a-c</sup>	6.63 $\pm$ 1.47 <sup>a</sup>
		14	0.7	6.15 $\pm$ 1.49 <sup>b</sup>	6.57 $\pm$ 1.43 <sup>ab</sup>	6.37 $\pm$ 1.57 <sup>a-c</sup>	6.31 $\pm$ 1.45 <sup>a</sup>
	20	10	0.3	6.63 $\pm$ 1.65 <sup>ab</sup>	6.6 $\pm$ 1.31 <sup>ab</sup>	6.03 $\pm$ 1.63 <sup>c</sup>	6.53 $\pm$ 1.36 <sup>a</sup>
		12	0.5	7.18 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>	6.00 $\pm$ 1.84 <sup>b</sup>	6.72 $\pm$ 1.76 <sup>a-c</sup>	6.57 $\pm$ 1.87 <sup>a</sup>
		14	0.7	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>ab</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>
	30	10	0.3	7.32 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>	6.78 $\pm$ 1.52 <sup>ab</sup>	6.62 $\pm$ 1.39 <sup>a-c</sup>	6.95 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>
		12	0.5	6.75 $\pm$ 1.53 <sup>ab</sup>	6.85 $\pm$ 1.33 <sup>ab</sup>	6.65 $\pm$ 1.39 <sup>a-c</sup>	6.68 $\pm$ 1.30 <sup>a</sup>
		14	0.7	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>ab</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>
Goma Arábica	10	10	0.3	6.85 $\pm$ 1.18 <sup>ab</sup>	6.78 $\pm$ 1.29 <sup>ab</sup>	6.65 $\pm$ 1.31 <sup>a-c</sup>	6.62 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>
		12	0.5	6.88 $\pm$ 1.36 <sup>ab</sup>	7.10 $\pm$ 1.41 <sup>a</sup>	7.30 $\pm$ 1.33 <sup>a</sup>	7.17 $\pm$ 1.24 <sup>a</sup>
		14	0.7	6.98 $\pm$ 1.42 <sup>ab</sup>	6.82 $\pm$ 1.31 <sup>ab</sup>	7.00 $\pm$ 1.35 <sup>a-c</sup>	6.88 $\pm$ 1.32 <sup>a</sup>
	20	10	0.3	7.20 $\pm$ 1.18 <sup>a</sup>	7.20 $\pm$ 1.18 <sup>a</sup>	6.65 $\pm$ 1.50 <sup>a-c</sup>	7.08 $\pm$ 1.31 <sup>a</sup>
		12	0.5	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.05 $\pm$ 1.19 <sup>a</sup>	6.08 $\pm$ 1.61 <sup>c</sup>	6.46 $\pm$ 1.32 <sup>a</sup>
		14	0.7	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>ab</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>
	30	10	0.3	7.25 $\pm$ 1.23 <sup>a</sup>	6.97 $\pm$ 1.57 <sup>a</sup>	6.53 $\pm$ 1.96 <sup>a-c</sup>	6.85 $\pm$ 1.65 <sup>a</sup>
		12	0.5	7.02 $\pm$ 1.18 <sup>a</sup>	6.83 $\pm$ 1.47 <sup>ab</sup>	6.43 $\pm$ 1.63 <sup>a-c</sup>	6.75 $\pm$ 1.53 <sup>a</sup>
		14	0.7	7.22 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>	6.62 $\pm$ 1.70 <sup>ab</sup>	6.63 $\pm$ 1.75 <sup>a-c</sup>	6.73 $\pm$ 1.49 <sup>a</sup>
Muestra testigo	0	0	0	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>ab</sup>	7.08 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>

*Nota.* Valores expresados como promedio  $\pm$  desviación estándar. Las letras iguales muestran que no hubo diferencia significativa, según Tukey ( $p > 0.05$ )



#### IV. DISCUSIÓN

El pH en los chocolates desempeña un papel crucial en la inhibición del crecimiento microbiano, lo que dificulta el desarrollo de patógenos (Aprotosoai et al., 2016). En esta investigación los resultados obtenidos se mostraron en la tabla 2 de análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con adición de MAC obteniendo resultados del pH que están entre 5.30 a 5.61, determinando que el chocolate con adición de MAC tiende a tener un impacto significativo ( $p < 0.05$ ), en comparación con la muestra testigo. La disminución del pH en el chocolate está relacionada a diferentes factores como la temperatura, las propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales que interactúan con diferentes factores en el sistema alimentario, también están el ácido cinámico que contiene los aceites esenciales que generan una modificación en el pH (Karimi Sani et al., 2020; Rahayu et al., 2021; Agibert & Lannes, 2018). En cuanto a los resultados obtenidos sobre la acidez se mostraron en la tabla 2 en el análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con adición de MAC los valores obtenidos están entre 0.23 a 0.36 % de ácido cítrico. Determinando que el chocolate con adición de MAC al 0.3%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 10  $\mu\text{L}$  de aceite esencial de canela, tiene la acidez más elevada con 0.36% de ácido cítrico. De acuerdo con Galvagni et al. (2020), determina que, al aromatizar el chocolate amargo con aceite esencial de naranja, tiene una acidez que varía en función de las concentraciones añadidas al chocolate, lo cual está asociado a la acidez original del aceite esencial. En otros estudios han demostrado que este aumento en la acidez está relacionado con la hidrólisis de la sacarosa por el ácido cítrico (Dar & Sharma, 2011). En conjunto, estas investigaciones respaldan la idea de agregar aditivos como aceites esenciales microencapsulados para mejorar las propiedades bioactivas de los chocolates.

El índice de blancura (WI) es un parámetro que sirve para describir la calidad del color (blanqueamiento de la superficie del chocolate), que son ocasionadas por una inadecuada igualdad de temperatura después de la fase de enfriamiento y un mal almacenamiento (Popov-Raljić & Laličić-Petronijević, 2009). Así mismo Mexis et al. (2010) indica que el índice de blancura (WI) resulta ser una medida eficaz en términos del color, la cual nos permite hacer un seguimiento en la distribución de grasas en el chocolate, evidenciada por la formación de áreas blancas. En comparación con los resultados obtenidos en la tabla 2 de análisis fisicoquímico de los chocolates oscuros con adición de MAC van desde

19.10 hasta 25.79 WI, determinando que el valor más alto del WI lo tiene la adición de MAC al 0.5%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 12  $\mu$ L de aceite esencial de canela. Por otra parte, los estudios realizados sobre la adición de diferentes concentraciones de microcápsulas de aceite de maní al chocolate oscuro, mostraron un aumento significativo ( $p < 0.05$ ) en el índice de blancura, debido al color blanco de las microcápsulas de aceite de maní (Agibert & Lannes, 2018; Erdem et al., 2014). De la misma forma Galvagni et al. (2020), determina que al adicionar aceite esencial de canela los valores de  $L^*$  y  $b^*$  tienen una diferencia con respecto a los valores  $a^*$ , determinado una ligera variación en el índice de blancura (WI). Otros estudios determinan que el índice de blancura está asociada a la floración de grasa en el chocolate, la cual presentando una capa blanquecina en la superficie del chocolate (Silva et al., 2017).

La incorporación de aceites esenciales en los chocolates oscuros tiene gran potencial como alternativa a los aditivos sintéticos en los alimentos, lo que mejora su capacidad antioxidante, colorimetría y microestructurales en las propiedades reológicas del chocolate (Quispe-Sanchez et al., 2023). En comparación con los resultados obtenidos en la tabla 3 de propiedades bioactivas de los chocolates oscuros con adición de MAC la capacidad de antioxidante de los chocolates oscuros van desde 0.28 a 0.31  $\mu\text{mol(TE)}/100\text{g}$ , determinando que no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). Determinando que los componentes bioactivos de la canela deberían de mejorar la capacidad de antioxidantes del chocolate oscuro. De acuerdo con Muhammad et al. (2020), determina que al incorporar aceite esencial de canela en chocolates muestran un aumento de la capacidad de antioxidantes de los chocolates. Esto se debe a que los componentes activos de la canela contribuyen a mejorar la capacidad de antioxidantes en los chocolates amargos (Praseptianga et al., 2019). Por otro lado, en estudios recientes demostraron que la maltodextrina es una buena alternativa como pared encapsulante de aceites esenciales en forma de polvo, conservando su capacidad de antioxidantes (Hu et al., 2020). De acuerdo con Al-Hamayda et al. (2023), determina que la goma arábiga actúa como portadores de antioxidantes y compuestos antimicrobianos, ya que aplicada a la microencapsulación como pared encapsulante sirve para mejorar la dispersión de sustancias bioactivas en los alimentos reduciendo la degradación relacionada a la digestión utilizando la liofilización.

El contenido de fenoles totales es importante en los chocolates oscuros, porque al interactuar el contenido de fenoles de los aceites esenciales y de los chocolates oscuros

dan como resultado un producto rico en contenido de fenólico innovador y saludables en la producción de chocolates oscuros (López et al., 2022;Jasel A. et al., 2024). En comparación con los resultados en la tabla 3 de propiedades bioactivas de los chocolates oscuros con adición de MAC el contenido de fenoles totales están entre 676.34 a 1032.30 mg EAG/100g, observando un aumento significativo ( $p < 0.05$ ), del contenido de fenólico al incorporar MAC, en comparación con la muestra testigo que es 640.49 mg EAG/100g. También se determinando que la muestra con mayor contenido de fenoles fue la que utilizo como pared encapsulante la goma arábica al 10 % con 10 $\mu$ L de aceite esencial de canela, incorporada al 0.3 % de MAC, con un valor 1032.30 mg EAG/100g. El aumento de los fenoles totales en los chocolates está asociada a la temperatura de acuerdo con (Hashim et al., 2024), que estudio la liberando de los fenoles totales micro encapsulados determinando que al almacenar los aceite microencapsulados a 4 °C retrasa la liberación de fenoles totales en comparación con el almacenamiento a 25°C. Así mismo con (Başer & Buchbauer, 2009) determina que al añadir microcápsulas de aceites esenciales liofilizados dan un aumento de fenoles totales porque la mezcla de disolventes que facilita una mejor interacción con los polifenoles de los aceites esenciales especialmente los aceites esenciales que contienen cinamaldehído. De acuerdo con Praseptiangga et al. (2019), determina que el aumento de fenoles se da por el aumento de concentración de microcápsulas de oleoresina de corteza de canela en chocolates oscuros. Así mismo Muhammad et al (2021), determino que la mejor forma de extraer el contenido fenólico de la canela es el método tradicional, ahorrando tiempo y dinero, para poder tener mayor contenido fenólico en el chocolate.

Las propiedades reológicas, en los chocolates exhiben un comportamiento complejo, mostrando un límite elástico aparente y una viscosidad plástica que varía según el proceso de fabricación (Glicerina et al., 2013; Medina-Mendoza et al., 2021). En comparación con los resultados en la tabla 4 de las propiedades reológicas y texturales de los chocolates oscuros con adición de MAC el límite elástico va desde 12.31 a 23.87 Pa, determinando un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) al agregar MAC. Así mismo Quispe-Sanchez et al. (2023), determinaron que el aumento de dosis de aceites esenciales disminuye el límite elástico, en los chocolates oscuros. Del mismo modo Medina-Mendoza et al. (2021), determino que en la adición de aceite de Sacha Inche disminuye en el límite elástico. De acuerdo Hadnađev et al. (2023), los valores del límite elástico son principalmente afectados por las fuerzas entre las partículas sólidas, las cuales están vinculadas a las

distancias entre ellas, determinando que el incremento en el contenido de grasa, tiene un efecto menor en el valor del límite elástico.

Las propiedades reológicas son importantes ya que nos ayudan a elaborar nuevos productos con alta calidad, Manteniendo una textura adecuada para ser aceptada por los consumidores (Gonçalves & Lannes, 2010). En comparación con los resultados obtenidos en la tabla 4 de las propiedades reológicas y texturales de los chocolates oscuros con adición de MAC, se obtuvieron valores de la viscosidad van desde 2.43 a 3.77 Pa.s cuando usamos maltodextrina como pared encapsulante, en comparación con la muestra testigo que es 2.33 Pa.s. Determinando un aumento significativo ( $p < 0.05$ ). Por otra parte, los resultados obtenidos de la viscosidad con MAC, utilizando como pared encapsulante la goma arábiga van desde 1.24 a 3.27 Pa.s. Determinando un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) al adicionar MAC. De acuerdo con Agibert & Lannes, (2018), determino que, al adicionar microcápsulas de aceite de maní, la viscosidad tiene a aumentar conforme se adicione las microcápsulas. De acuerdo con Doet al. (2008), determinaron que, al incorporar limoneno sobre los chocolates, se genera una disminución en la viscosidad de los chocolates. Según Abdul Halim et al. (2019), determino que, al adicionar aceite de coco, disminuye la viscosidad del chocolate dándole una mejor aceptabilidad. En otros estudios realizados sobre la incorporación de aceites esenciales en chocolates oscuros determinaron que, al aumentar las dosis de aceites esenciales, la viscosidad tiene a disminuir (Quispe-Sanchez et al., 2023).

La textura es una de las propiedades más resaltantes en el chocolate, en particular su dureza, que influye en la calidad y percepción del consumidor (Fibrianto et al., 2021). En comparación con los resultados en la tabla 4 de las propiedades reológicas y texturales de los chocolates oscuros con adición de MAC se obtuvieron valores de la dureza del chocolate que están entren 26.28 a 46.79 gramos, para las muestras que utilizan como pared encapsulante la maltodextrina, lo que representa una reducción significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a la muestra testigo que es 49.88 gramos. Por otra parte, al emplear goma arábiga como pared encapsulante, se obtuvo valores que van desde 33.62 hasta 58.53 gramos, observando un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) en la mayoría de los tratamientos, obteniendo el valor más alto de 58.53 gramos, al adicionar 0.7% de MAC, encapsulado con goma arábiga al 20%, con 14  $\mu$ l de aceite esencial de canela. De acuerdo con (Camelo-Silva et al. (2024), determina que al fortificar el chocolate con microcápsulas de aceite de *S. chamaecyparissus* la dureza tiende a ser menor por la

concentración de aceite. De acuerdo Razavizadeh & Tabrizi,0 (2021), determinó que la incorporar de microcápsulas de aceite de semilla de chía, la dureza del chocolate tiende a disminuir siendo menor que la muestra control. De acuerdo con Bölek et al. (2022), determinaron que al adicionar aceite de *Santolina Chamaecyparissus* microencapsulado en chocolates oscuros, no tiene afectando significativo ( $p>0.05$ ) en la dureza.

De acuerdo con Afoakwa et al. (2009), las combinaciones de azúcar y licor de cacao tiene un contenido de grasa que oscila entre el 25% y el 35% que son refinadas hasta alcanzar un tamaño de partícula inferior a 30  $\mu\text{M}$ . En comparación con los resultados obtenidos en la tabla 4 de las propiedades reológicas y texturales de los chocolates oscuros con adición de MAC obtuvimos valores del tamaño de partícula que van desde 51.22 hasta 185.00  $\mu\text{M}$ . En comparación con la muestra testigo que es 70.70  $\mu\text{M}$ , donde se determinó una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) del tamaño de partícula. De acuerdo a esto, en estudios realizados sobre el enriquecimiento del chocolate con mora encapsulados, determino que el tamaño de partícula está asociada al incremento del encapsulado de mora según Lončarević et al. (2018). De acuerdo con Glicerina et al. (2013), determina que al añadir aceite esencial de hoja de la kaffir (*Cit hystrix DC*) en chocolates oscuros, el tamaño de partícula tiende a aumenta, afectando a la textura. Según Praseptiangga et al. (2019), determinaron que tamaño de partícula está asociada a generar una textura arenosa y áspera cuando es mayor de 30  $\mu\text{M}$ . Así mismo Zohreh, (2020), determino que, al añadir microcápsulas de café, genera un aumento en el tamaño de partícula, debido a que se genera un recubrimiento de gelatina-pectina de los ácidos clorogénicos.

De acuerdo con (Dwijatmoko et al. 2016; Ilmi et al. 2017; Praseptiangga et al. 2018; Rasuluntari et al. 2016), determinaron que, al adicionar más aceite esencial y polvo de canela, la aceptación sensorial en los chocolates oscuros y con leche tiende a disminuir. En comparando con los resultados obtenidos sobre el análisis sensorial con respecto al color, textura y sabor presentaron una diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre los tratamientos. Para el chocolate con MAC al 0.3%, microencapsulado con maltodextrina al 30%, con 10 $\mu\text{l}$  de aceite esencial de canela, obtuvo la puntuación más alta en cuanto al color, con 7.32. En textura, el chocolate con MAC al 0.3%, microencapsulado con goma arábica al 20%, con 10 $\mu\text{l}$  de aceite esencial de canela, se obtuvo la puntuación más alta con 7.20. Así mismo, en cuanto al sabor, el chocolate con MAC al 0.3%, microencapsulado con goma arábica al 10%, con 12 $\mu\text{l}$  de aceite esencial de canela,

alcanzó la puntuación más alta con 7.30. Sin embargo, en términos de aceptación general, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Estudios sobre el análisis sensorial han indicado que el sabor es un indicador primordial para aceptar alimentos funcionales (Frøst et al., 2021; Puputti et al., 2019; Ueda, 2021; Velasco et al., 2018). Demostró que el público consumidor no es eficiente en implicar el sabor, con los beneficios que te ofrece brinda un producto (Faccinnetto-Beltrán et al., 2021).

## **V. CONCLUSIÓN**

Con los resultados obtenidos podemos concluir que al adicionar microcápsulas de aceite esencial de canela la capacidad de antioxidante no tuvo un efecto significativo en comparación la muestra testigo, siendo mínima la diferencia entre las muestras con MAC y la muestra testigo.

Por otra parte, el pH, acidez titulable, índice de blancura, contenido de fenoles, límite elástico, viscosidad, dureza, tamaño de partícula y aceptación sensorial sensorial tiene un efecto significativo al adicionar microcápsulas de aceite esencial de canela liofilizadas.

Al adicionar microcápsulas de aceite esencial de canela las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro tienen un efecto significativo en comparación con la muestra testigo.

## **VI. RECOMENDACIÓN**

Para futuras investigación en microencapsulación, se sugiere explorar diversas formas de microencapsular, no solo en aceites esenciales si no también en diferentes tipos de extractos que son ricos en contenido fenólico y antioxidantes, que pueden mejorar las propiedades físicas y químicas en la industria de los chocolates. Por otro lado, también es importante hacer una evaluación viable y económica para poder generar una mejor rentabilidad en cuanto a la microencapsulación de los aceites esenciales.

Incorporar aceites esenciales microencapsulados a los chocolates mejoran sus propiedades fisicoquímicas en los chocolates, siendo aceptada por sus propiedades funcionales.



## VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Abdul Halim, H. S., Selamat, J., Mirhosseini, S. H., & Hussain, N. (2019). Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 443–448. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.005>
- Abdul, S., Selamat, J., Mirhosseini, S. H., & Hussain, N. (2019). Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 443–448. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.005>
- Afoakwa, E. O. (2010). *Chocolate Science and Technology*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444319880>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2009). Microstructure and mechanical properties related to particle size distribution and composition in dark chocolate. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(1), 111–119. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01677.x>
- Agibert, S. A., & Lannes, S. C. da S. (2018a). Dark chocolate with a high oleic peanut oil microcapsule content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5591–5597. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9102>
- Agibert, S. A., & Lannes, S. C. da S. (2018b). Dark chocolate with a high oleic peanut oil microcapsule content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5591–5597. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9102>
- Agibert, S. A., & Lannes, S. C. da S. (2018c). Dark chocolate with a high oleic peanut oil microcapsule content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5591–5597. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9102>
- Al-Hamayda, A., Abu-Jdayil, B., Ayyash, M., & Tannous, J. (2023). Advances in microencapsulation techniques using Arabic gum: A comprehensive review. *Industrial Crops and Products*, 205, 117556. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117556>
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analytical Chemist*. Association of Official Analytical Chemists.

- Aprotosoia, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products—An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., Mousadik, A. El, Hartmann, D., Jilale, A., Renaud, F. N. R., & Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1–2), 220–243. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>
- Bölek, S., Tosya, F., & Akçura, S. (2022). Effects of Santolina chamaecyparissus essential oil on rheological, thermal and antioxidative properties of dark chocolate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, 100481. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100481>
- Camelo-Silva, C., Mota e Souza, B., Vicente, R., Arend, G. D., Sanches, M. A. R., Barreto, P. L. M., Ambrosi, A., Verruck, S., & Di Luccio, M. (2024). Polyfunctional sugar-free white chocolate fortified with Lactobacillus rhamnosus GG co-encapsulated with beet residue extract (Beta vulgaris L.). *Food Research International*, 179, 114016. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114016>
- Chandula Weerasekera, A., Samarasinghe, K., Krishantha Sameera de Zoysa, H., Chathuranga Bamunuarachchige, T., & Yashasvi Waisundara, V. (2021). Cinnamomum zeylanicum: Morphology, Antioxidant Properties and Bioactive Compounds. In *Antioxidants - Benefits, Sources, Mechanisms of Action*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.97492>
- Chaudhari, A. K., Singh, V. K., Das, S., & Dubey, N. K. (2021). Nanoencapsulation of essential oils and their bioactive constituents: A novel strategy to control mycotoxin contamination in food system. *Food and Chemical Toxicology*, 149, 112019. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112019>
- Contreras López, E., Muñoz, A. M., Fernández Jerí, Y., & Anaya-Meléndez, F. (2022). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y evaluación sensorial de formulaciones para infusiones a base de cáscara de sanky (Corryocactus brevistylus) y canela (Cinnamomum verum). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 88(1), 13–24. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.372>

- Dar, B. N., & Sharma, S. (2011). Total Phenolic Content of Cereal Brans using Conventional and Microwave Assisted Extraction. *American Journal of Food Technology*, 6(12), 1045–1053. <https://doi.org/10.3923/ajft.2011.1045.1053>
- Das, S., Kumar Singh, V., Kumar Dwivedy, A., Kumar Chaudhari, A., Deepika, & Kishore Dubey, N. (2021). Nanostructured Pimpinella anisum essential oil as novel green food preservative against fungal infestation, aflatoxin B1 contamination and deterioration of nutritional qualities. *Food Chemistry*, 344, 128574. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128574>
- de Araújo, J. S. F., de Souza, E. L., Oliveira, J. R., Gomes, A. C. A., Kotzebue, L. R. V., da Silva Agostini, D. L., de Oliveira, D. L. V., Mazzetto, S. E., da Silva, A. L., & Cavalcanti, M. T. (2020). Microencapsulation of sweet orange essential oil (*Citrus aurantium* var. *dulcis*) by liophylization using maltodextrin and maltodextrin/gelatin mixtures: Preparation, characterization, antimicrobial and antioxidant activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143, 991–999. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.160>
- Do, T. -A. L., Vieira, J., Hargreaves, J. M., Wolf, B., & Mitchell, J. R. (2008). Impact of Limonene on the Physical Properties of Reduced Fat Chocolate. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(10), 911–920. <https://doi.org/10.1007/s11746-008-1281-3>
- Dwijatmoko, M. I., Praseptianga, D., & Muhammad, D. R. A. (2016). Effect of cinnamon essential oils addition in the sensory attributes of dark chocolate. *Nusantara Bioscience*, 8(2), 301–305. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n080227>
- Erdem, Ö., Gültekin-Özgüven, M., Berktaş, I., Erşan, S., Tuna, H. E., Karadağ, A., Özçelik, B., Güneş, G., & Cutting, S. M. (2014). Development of a novel synbiotic dark chocolate enriched with *Bacillus indicus* HU36, maltodextrin and lemon fiber: Optimization by response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.020>
- Faccinnetto-Beltrán, P., Gómez-Fernández, A. R., Orozco-Sánchez, N. E., Pérez-Carrillo, E., Marín-Obispo, L. M., Hernández-Brenes, C., Santacruz, A., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2021). Physicochemical Properties and Sensory Acceptability of a Next-Generation Functional Chocolate Added with Omega-3 Polyunsaturated

- Fatty Acids and Probiotics. *Foods*, 10(2), 333. <https://doi.org/10.3390/foods10020333>
- Fernandes, R. V. de B., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083>
- Fibrianto, K., Azhar, L. O. M. F., Widyotomo, S., & Harijono, H. (2021). Effect of cocoa bean origin and conching time on the physicochemical and microstructural properties of Indonesian dark chocolate. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24919>
- Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., Palou, E., & López-Malo, A. (2016). Estimation of mass transfer coefficients of the extraction process of essential oil from orange peel using microwave assisted extraction. *Journal of Food Engineering*, 170, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.09.025>
- Frøst, M. B., Hartmann, A., Petersen, M. A., Duelund, L., & Mouritsen, O. G. (2021). Odour-induced umami – Olfactory contribution to umami taste in seaweed extracts (dashi) by sensory interactions. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100363. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100363>
- Galvagni, E., Fritzen, A. A., Graboski, A. M., Ballen, S. C., Steffens, J., & Steffens, C. (2020a). Detection of Volatiles in Dark Chocolate Flavored with Orange Essential Oil by Electronic Nose. *Food Analytical Methods*, 13(7), 1421–1432. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01763-x>
- Galvagni, E., Fritzen, A. A., Graboski, A. M., Ballen, S. C., Steffens, J., & Steffens, C. (2020b). Detection of Volatiles in Dark Chocolate Flavored with Orange Essential Oil by Electronic Nose. *Food Analytical Methods*, 13(7), 1421–1432. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01763-x>
- Glicerina, V., Balestra, F., Rosa, M. D., & Romani, S. (2013a). Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, 119(1), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.012>

- Glicerina, V., Balestra, F., Rosa, M. D., & Romani, S. (2013b). Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, *119*(1), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.012>
- Glicerina, V., Balestra, F., Rosa, M. D., & Romani, S. (2013c). Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, *119*(1), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.012>
- Glicerina, V., Balestra, F., Rosa, M. D., & Romani, S. (2013d). Rheological, textural and calorimetric modifications of dark chocolate during process. *Journal of Food Engineering*, *119*(1), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.012>
- Gonçalves, E. V., & Lannes, S. C. da S. (2010). Chocolate rheology. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *30*(4), 845–851. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400002>
- Hadnađev, M., Kalić, M., Krstonošić, V., Jovanović-Lješković, N., Erceg, T., Škrobot, D., & Dapčević-Hadnađev, T. (2023). Fortification of chocolate with microencapsulated fish oil: Effect of protein wall material on physicochemical properties of microcapsules and chocolate matrix. *Food Chemistry: X*, *17*, 100583. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100583>
- Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., & Zubair, M. (2019). Essential Oils. In *Essential Oil Research* (pp. 3–17). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_1)
- Hashim, S. B. H., Tahir, H. E., Mahdi, A. A., Al-Maqtari, Q. A., Shishir, M. R. I., Mahunu, G. K., Aalim, H., Khan, S., Zhai, X., Xiaobo, Z., & Jiyong, S. (2024). Fabrication of biopolymer stabilized microcapsules for enhancing physicochemical stability, antioxidant and antimicrobial properties of cinnamon essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, *271*, 132336. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.132336>
- Hu, Q., Li, X., Chen, F., Wan, R., Yu, C., Li, J., McClements, D. J., & Deng, Z. (2020). Microencapsulation of an essential oil (cinnamon oil) by spray drying: Effects of wall materials and storage conditions on microcapsule properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14805>
- Ibrahim, S. F., Dalek, N. S. E. M., Raffie, Q. A. F. M., & Ain, M. R. F. (2020). Quantification of physicochemical and microstructure properties of dark chocolate

- incorporated with palm sugar and dates as alternative sweetener. *Materials Today: Proceedings*, 31, 366–371. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.235>
- Ilmi, A., Praseptianga, D., & Muhammad, D. R. A. (2017). Sensory Attributes and Preliminary Characterization of Milk Chocolate Bar Enriched with Cinnamon Essential Oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 193, 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012031>
- Jasel A., I., Fanzone, M. L., Chirife, J., Ferreras-Charro, R., García-Estévez, I., Teresa Escribano-Bailón, M., & Galmarini, M. V. (2024). Phenolic composition and sensory dynamic profile of chocolate samples enriched with red wine and blueberry powders. *Food Research International*, 179, 113971. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113971>
- Jin, J., Jin, Q., Wang, X., & Akoh, C. C. (2019). Improving heat and fat bloom stabilities of “dark chocolates” by addition of mango kernel fat-based chocolate fats. *Journal of Food Engineering*, 246, 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.027>
- K. Hüsnü Can Başer, & Gerhard Buchbauer. (2009). *Handbook of Essential Oils*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420063165>
- Karimi Sani, I., Alizadeh Khaledabad, M., Pirsá, S., & Moghaddas Kia, E. (2020). Physico-chemical, organoleptic, antioxidative and release characteristics of flavoured yoghurt enriched with microencapsulated *Melissa officinalis* essential oil. *International Journal of Dairy Technology*, 73(3), 542–551. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12691>
- Leite, P. B., Bispo, E. da S., & Santana, L. R. R. de. (2013). Sensory profiles of chocolates produced from cocoa cultivars resistant to *Moniliophthora Perniciosa*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), 594–602. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200031>
- Lillah, Asghar, A., Pasha, I., Murtaza, G., & Ali, M. (2017). Improving heat stability along with quality of compound dark chocolate by adding optimized cocoa butter substitute (hydrogenated palm kernel stearin) emulsion. *LWT*, 80, 531–536. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.042>
- Lončarević, I., Pajin, B., Fišteš, A., Tumbas Šaponjac, V., Petrović, J., Jovanović, P., Vulić, J., & Zarić, D. (2018). Enrichment of white chocolate with blackberry juice

- encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content. *LWT*, 92, 458–464. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.002>
- Matínez, A. (2001). Aceites esenciales . *Universidad de Antioquia*, 1–34.
- Mazza, K. E. L., Costa, A. M. M., da Silva, J. P. L., Alviano, D. S., Bizzo, H. R., & Tonon, R. V. (2023). Microencapsulation of marjoram essential oil as a food additive using sodium alginate and whey protein isolate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123478. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123478>
- Medina-Mendoza, M., Castro-Alayo, E. M., Balcazar-Zumaeta, C. R., Silva-Zuta, M. Z., Maicelo-Quintana, J. L., & Cayo-Colca, I. S. (2023). Conching process time, sauco by-product concentration, and sacha inchi oil levels identification for the enrichment of dark chocolate. *Heliyon*, 9(9), e19886. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19886>
- Medina-Mendoza, M., Rodriguez-Pérez, R. J., Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., Cayo-Colca, I. S., & Castro-Alayo, E. M. (2021). Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon*, 7(2), e06154. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06154>
- Mehran, M., Masoum, S., & Memarzadeh, M. (2020). Microencapsulation of *Mentha spicata* essential oil by spray drying: Optimization, characterization, release kinetics of essential oil from microcapsules in food models. *Industrial Crops and Products*, 154, 112694. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112694>
- Melo, T. S., Pires, T. C., Engelmann, J. V. P., Monteiro, A. L. O., Maciel, L. F., & Bispo, E. da S. (2021). Evaluation of the content of bioactive compounds in cocoa beans during the fermentation process. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1947–1957. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04706-w>
- Mexis, S. F., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., & Kontominas, M. G. (2010). Effect of active and modified atmosphere packaging on quality retention of dark chocolate with hazelnuts. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.09.001>

- Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. In *Soft Chemistry and Food Fermentation* (pp. 379–419). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811412-4.00013-8>
- Muhammad, D. R. A., Lemarcq, V., Alderweireldt, E., Vanoverberghe, P., Praseptianga, D., Juvinal, J. G., & Dewettinck, K. (2020). Antioxidant activity and quality attributes of white chocolate incorporated with *Cinnamomum burmannii* Blume essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(5), 1731–1739. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04206-6>
- Muhammad, D. R. A., Tuenter, E., Patria, G. D., Foubert, K., Pieters, L., & Dewettinck, K. (2021). Phytochemical composition and antioxidant activity of *Cinnamomum burmannii* Blume extracts and their potential application in white chocolate. *Food Chemistry*, *340*, 127983. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127983>
- Official, A. O. A. C. (2000). *Methods of analysis of AOAC International* (AOAC International, Ed.; AOAC International).
- Pires, V. P., Almeida, R. N., Wagner, V. M., Lucas, A. M., Vargas, R. M. F., & Cassel, E. (2019). Extraction process of the *Achyrocline satureioides* (Lam) DC. essential oil by steam distillation: modeling, aromatic potential and fractionation. *Journal of Essential Oil Research*, *31*(4), 286–296. <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1569564>
- Popov-Raljić, J., & Laličić-Petronijević, J. (2009). Sensory Properties and Color Measurements of Dietary Chocolates with Different Compositions During Storage for Up to 360 Days. *Sensors*, *9*(3), 1996–2016. <https://doi.org/10.3390/s90301996>
- Praseptianga, D., Invicta, S. E., & Khasanah, L. U. (2019a). Sensory and physicochemical characteristics of dark chocolate bar with addition of cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) bark oleoresin microcapsule. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(9), 4323–4332. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03901-8>
- Praseptianga, D., Invicta, S. E., & Khasanah, L. U. (2019b). Sensory and physicochemical characteristics of dark chocolate bar with addition of cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) bark oleoresin microcapsule. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(9), 4323–4332. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03901-8>



- Praseptiangga, D., Invicta, S. E., & Khasanah, L. U. (2019c). Sensory and physicochemical characteristics of dark chocolate bar with addition of cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) bark oleoresin microcapsule. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(9), 4323–4332. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03901-8>
- Puputti, S., Aisala, H., Hoppu, U., & Sandell, M. (2019). Factors explaining individual differences in taste sensitivity and taste modality recognition among Finnish adults. *Journal of Sensory Studies*, *34*(4). <https://doi.org/10.1111/joss.12506>
- Quispe-Sanchez, L., Mestanza, M., Oliva-Cruz, M., Rimarachín, N., Caetano, A. C., Chuquizuta, T., Goñas, M., Ambler Gill, E. R., & Chavez, S. G. (2023a). Oxidative stability and physicochemical changes of dark chocolates with essential oils addition. *Heliyon*, *9*(7), e18139. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18139>
- Quispe-Sanchez, L., Mestanza, M., Oliva-Cruz, M., Rimarachín, N., Caetano, A. C., Chuquizuta, T., Goñas, M., Ambler Gill, E. R., & Chavez, S. G. (2023b). Oxidative stability and physicochemical changes of dark chocolates with essential oils addition. *Heliyon*, *9*(7), e18139. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18139>
- Quispe-Sanchez, L., Mestanza, M., Oliva-Cruz, M., Rimarachín, N., Caetano, A. C., Chuquizuta, T., Goñas, M., Ambler Gill, E. R., & Chavez, S. G. (2023c). Oxidative stability and physicochemical changes of dark chocolates with essential oils addition. *Heliyon*, *9*(7), e18139. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18139>
- Rahayu, I., Casey Christiany, & Susana Elya Sudrajat. (2021). The Potency of *Cinnamomum Zeylanicum* to Prevent Diseases: a Review. *Eureka Herba Indonesia*, *2*(1), 52–62. <https://doi.org/10.37275/ehi.v2i1.11>
- Rasuluntari, I. nisa, Muhammad, D. R. A., & Praseptiangga, D. (2016). Panelist acceptance level on milk chocolate bar with cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) powder addition. *Nusantara Bioscience*, *8*(2), 297–300. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n080226>
- Razavizadeh, B. M., & Tabrizi, P. (2021). Characterization of fortified compound milk chocolate with microcapsulated chia seed oil. *LWT*, *150*, 111993. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111993>
- Samanta, S., Sarkar, T., Chakraborty, R., Rebezov, M., Shariati, M. A., Thiruvengadam, M., & Rengasamy, K. R. R. (2022). Dark chocolate: An overview of its biological

- activity, processing, and fortification approaches. *Current Research in Food Science*, 5, 1916–1943. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.10.017>
- Silva, M. P., Tulini, F. L., Marinho, J. F. U., Mazzocato, M. C., De Martinis, E. C. P., Luccas, V., & Favaro-Trindade, C. S. (2017). Semisweet chocolate as a vehicle for the probiotics *Lactobacillus acidophilus* LA3 and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BLC1: Evaluation of chocolate stability and probiotic survival under in vitro simulated gastrointestinal conditions. *LWT*, 75, 640–647. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.025>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent* (pp. 152–178). [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Tirgarian, B., Yadegari, H., Bagheri, A., Neshagaran, E., Mardani, M., & Farmani, J. (2023). Reduced-fat chocolate spreads developed by water-in-oleogel emulsions. *Journal of Food Engineering*, 337, 111233. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111233>
- Ueda, H. (2021). The philosophy of taste education: Reading Jacques Puisais as a contemporary humanist-gastronome. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100385. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100385>
- Velasco, C., Hyndman, S., & Spence, C. (2018). The role of typeface curvilinearity on taste expectations and perception. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 11, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.11.007>
- Zohreh, D. (2020). Properties of dark chocolate enriched with free and encapsulated chlorogenic acids extracted from green coffee. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11819>
- Zugravu, C., & Otelea, M. R. (2019). Dark Chocolate: To Eat or Not to Eat? A Review. *Journal of AOAC International*, 102(5), 1388–1396. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.19-0132>

## ANEXOS

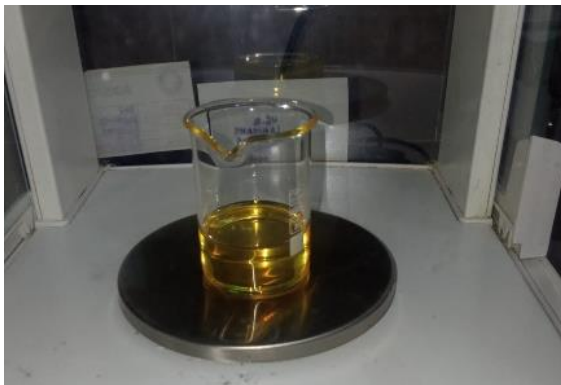
### Figura 2

*Extracción de aceite esencial de canela.*



### Figura 3

*Aceite esencial de canela*



### Figura 4

*Microencapsulación de aceite esencial de canela con maltodextrina.*



## Figura 5

*Microencapsulación de aceite esencial de canela con goma arábica.*



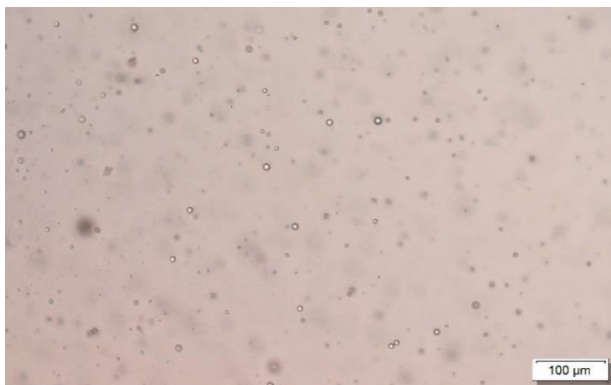
## Figura 6

*Microencapsulación del aceite esencial de canela.*



## Figura 7

*Microencapsulación de aceite esencial de canela.*



**Figura 8**

*Liofilizado de la microencapsulación de canela.*



**Figura 9**

*Tostado del cacao a 120°C por 30 minutos*



**Figura 10**

*Elaboración de chocolate oscuro*



**Figura 11**

*Medición de los chocolates oscuros en el reómetro*



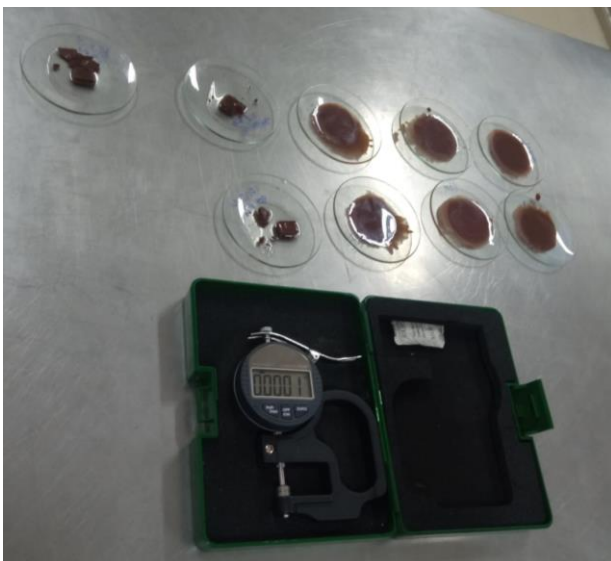
**Figura 12**

*Medición de la acidez de los chocolates oscuros.*



**Figura 13**

*Medición del tamaño de partícula*



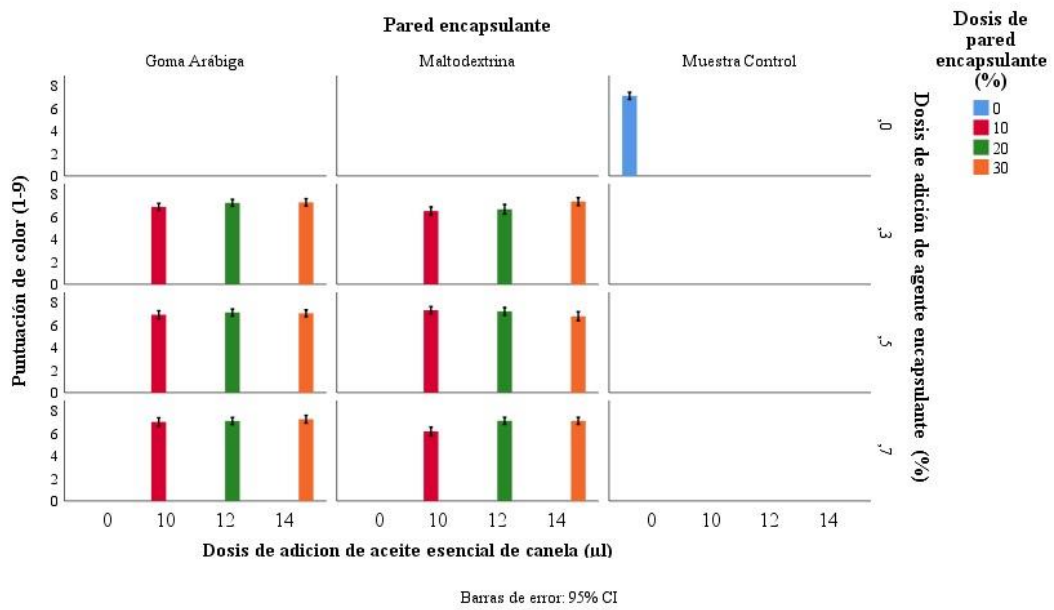
**Figura 14**

*Análisis sensorial del chocolate oscuro*



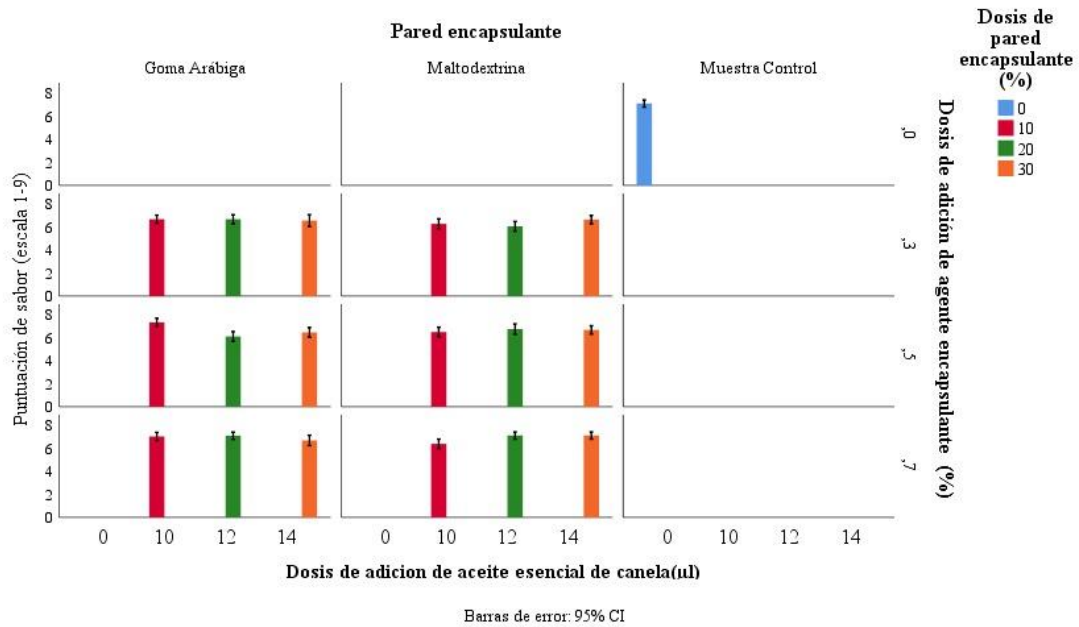
**Figura 15**

*Análisis sensorial con respecto al color utilizando escala hedónica de 9 puntos*



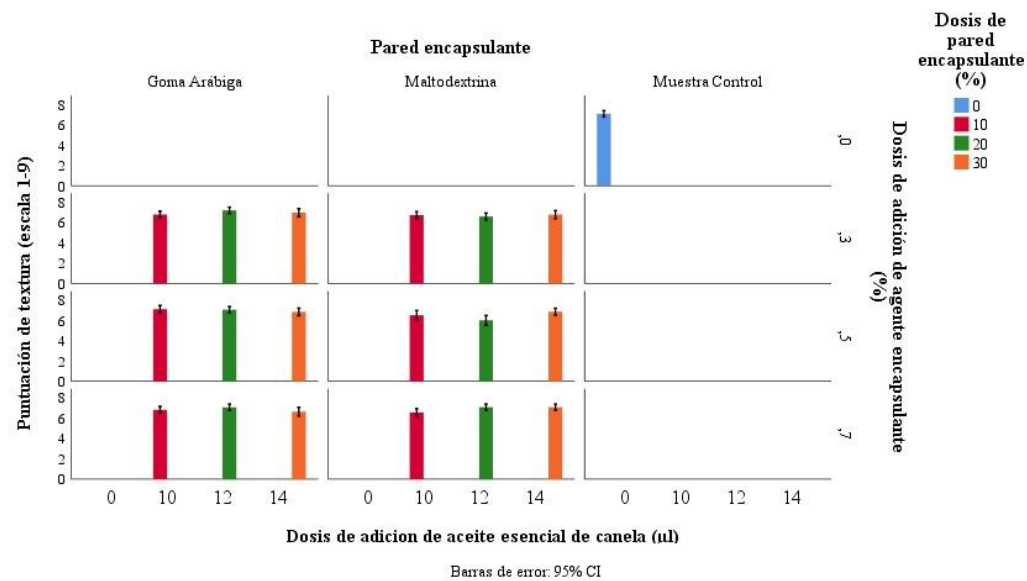
**Figura 16**

*Análisis sensorial con respecto al sabor utilizando escala hedónica de 9 puntos*



**Figura 17**

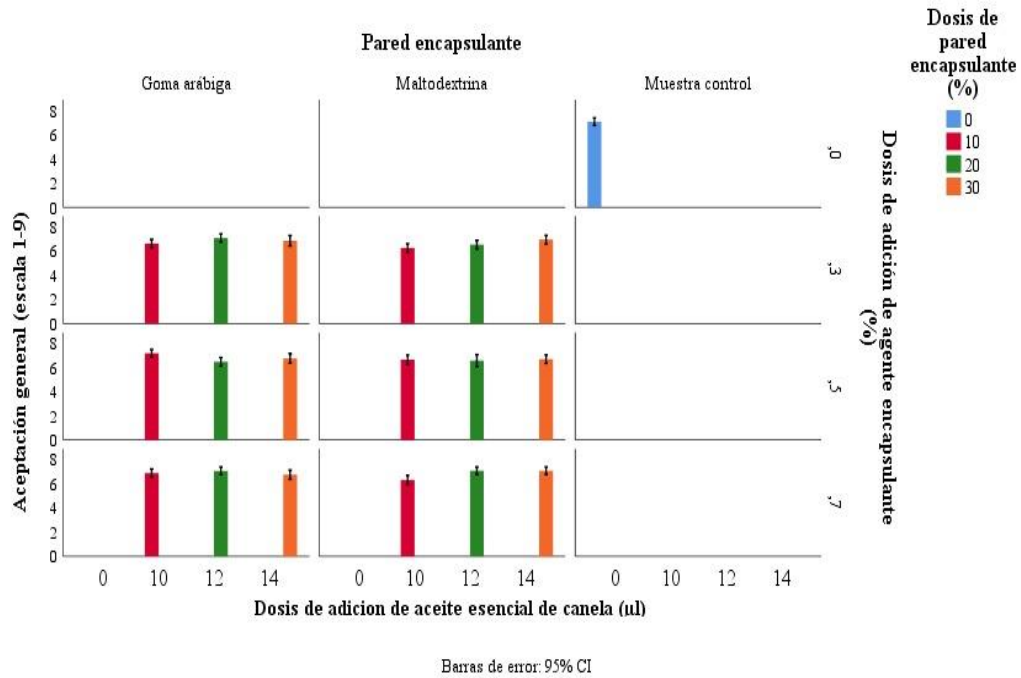
*Análisis sensorial con respecto a la textura utilizando escala hedónica de 9 puntos*





**Figura 18**

*Análisis sensorial con respecto a la aceptación general utilizando escala hedónica de 9 puntos*



### **Fe de erratas**

La unidad de fuerza consignada como "g" en la tesis, refiere a "gramos fuerza", por lo que debe considerarse como "gf".