

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



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

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

**COMPOSICIÓN BIOACTIVA DE CHOCOLATES
OSCUROS CON ENCAPSULADO DE ACEITES
ESENCIALES DE CEDRÓN Y HIERBA LUISA**

Autor:

Bach. Tatiana Soledad Abad Vilchez

Asesoras:

Ph.D. Ilse Silvia Cayo Colca

Mg. Marleni Medina Mendoza

Registro: (...)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada principalmente a mis padres, Marilú Vilchez de la Cruz y Elmer Abad Abad por su apoyo y amor incondicional por a ver estado siempre a mi lado en cada paso que doy, por haberme guiado, enseñado el camino y darme el mejor regalo que son los estudios, culminando mi carrera profesional con éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios, por ser el guía a lo largo de mi existencia, a mis padres por el apoyo incondicional al logro de mis metas planteadas.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza por acogerme 5 años en sus aulas durante mi formación profesional, al equipo de investigadores del Laboratorio de Investigación en Ingeniería de Alimentos y Postcosecha (LIAP) por brindarme las áreas de laboratorio para llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis de pregrado.

Agradecer a mis asesoras Ph. D. Ilse Silvia Cayo Colca y Mg. Marleni Medina Mendoza, gracias por el apoyo brindado, la paciencia y orientación durante el desarrollo de mi tesis.

A PROCIENCIA – CONTRATO N° 501077920-2022, Proyecto de investigación “CRISTALIZACIÓN Y POLIMORFISMO DE LA MANTECA DE CACAO EN GRANOS DE DIFERENTES ORIGENES GEOGRÁFICOS Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE CHOCOLATES FINOS” Por el financiamiento de la presente tesis titulada: Composición bioactiva de chocolates oscuros con encapsulado de aceites esenciales de cedrón y hierba luisa.

**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



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 COMPOSICIÓN BIOACTIVA DE CHOCOLATES OSCUROS CON ENCAPSULADO DE ACEITES ESENCIALES DE CEDRÓN Y HIERBA LUISA del egresado TATIANA SOLEDAD ABAD VILCHEZ de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL 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, 04 de ABRIL de 2024



Firma y nombre completo del Asesor

A handwritten signature in black ink is written over a horizontal line, representing the advisor's signature.

Jose Silvio Cayo Colca.

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada COMPOSICIÓN BIOACTIVA DE CHOCOLATES OSCUROS CON ENCAPSULADO DE ACEITES ESENCIALES DE CEDRÓN Y HIERBA LUISA; del egresado TATIANA SOLEDAD ABAD VILCHEZ de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRINDUSTRIAL 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, 04 de ABRIL de 2024




Firma y nombre completo del Asesor

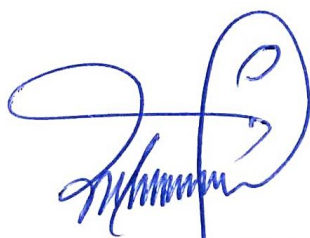
MARLENI MEDINA MENDOZA

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



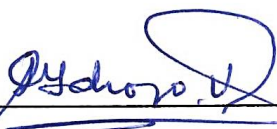
Ph. D. Armstrong Barnard Fernandez Jeri

PRESIDENTE



Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández

SECRETARIO



Mg. Guillermo Idrogo Vásquez

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

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

COMPOSICIÓN BIODIETA DE CHOCOLATES OSCUROS CON ENCAPSULADO DE ACEITES ESENCIALES DE CEDRÓN Y HIERRA LUISA

presentada por el estudiante ()/egresado (x) TATIANA SOLEDAD ABAO VILCHEZ

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

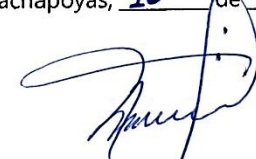
con correo electrónico institucional 7109663882@untrm.edu.pe

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

- a) La citada Tesis tiene 20 % 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.
- b) 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, 16 de Mayo del 2024


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE TURNITIN


COMPOSICIÓN BIOACTIVA DE CHOCOLATES OSCUROS CON ENCAPSULADO DE ACEITES ESENCIALES DE CEDRÓN Y HIERBA LUIZA

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	18%	7%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	Cristina Nataly Villegas Freire, Linda Mariuxi Flores Fiallos, Cumanda Beatriz Játiva Gavilanes. "Evaluation of the effectiveness of the alcoholgel made with essential oil of lemon verbena (Cymbopogon citratus (DC) Stapf) in the disinfection of hands", ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 2022 Publicación	1%
5	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
	atenaeditora.com.br	


Ph.D. Armstrong Barnard Fernández Jero

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de Junio del año 2024 siendo las 4:00pm horas, el aspirante: Tatiana Soledad Abad Vilchez, asesorado por Ph.D. Ilse Silva Cayo Colca defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Composición bioactiva de chocolates oscuros con encapsulado de aceites esenciales de cedron y hierba lisa, 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: Armstrong Bernard Fernández Jeri
Secretario: Robert Javier Cruzalegui Fernández
Vocal: Guillermo Idrogo Vasquez

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 104:50 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
PRESIDENTE

[Signature]
VOCAL

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ 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 GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1. Materiales de estudio.....	19
2.2. Diseño experimental.....	19
2.3. Métodos y técnicas	20
2.3.1. Extracción de aceites esenciales	20
2.3.2. Encapsulación por liofilización	20
2.3.3. Elaboración de chocolates oscuros	20
2.3.4. Capacidad Antioxidante.....	21
2.3.5. Fenoles totales.....	22

2.3.6. Textura	22
2.3.7. Reología.....	22
2.3.8. Análisis de color	23
2.3.9. Análisis sensorial	23
2.3.10. Cuantificación de epicatequina, catequina, teobroma y cafeína en UHPLC	23
2.4. Análisis de datos	24
III. RESULTADOS	25
3.1. Chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.....	25
3.2. Chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	30
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	40
VI. RECOMENDACIONES	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arreglo experimental.	19
Tabla 2. Fórmula del chocolate oscuro con encapsulado de cedrón y hierba luisa.	21
Tabla 3. Capacidad antioxidante de chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.	25
Tabla 4. Contenido de Fenoles totales de chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.	25
Tabla 5. Textura de chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.	26
Tabla 6. Reología de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de cedrón.	26
Tabla 7. Color de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de cedrón. ..	27
Tabla 8. Cuantificación de fenoles por UHPLC de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de cedrón.	29
Tabla 9. Capacidad antioxidante de chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	30
Tabla 10. Contenido de fenoles totales de chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	30
Tabla 11. Textura (dureza) de chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	31
Tabla 12. Viscosidad plástica de Casson y Límite elástico de Casson de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	31
Tabla 13. Índice de diferencia de color de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	32
Tabla 14. Cuantificación de fenoles por HPLC de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis sensorial de chocolate con encapsulado de cedrón.	28
Figura 2. Análisis Sensorial de chocolate con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.	33

RESUMEN

Se estudió el efecto de chocolates oscuros con la incorporación de encapsulados de aceites esenciales de cedrón (*Aloysia citrodora*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) con porcentajes de 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5%. Se evaluó las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Los resultados obtenidos mostraron que la mejor fórmula fue la que tenía mayor porcentaje de encapsulado de aceites esenciales, es decir, que al agregar y aumentar el porcentaje de los encapsulados la capacidad antioxidante aumentó junto con los fenoles totales; así mismo, la dureza de los chocolates también aumentaba, siendo menos quebradizas, conllevando a que sean más resistente al impacto de rompimiento. Mas aún, hubo diferencias significativas en el índice de diferencia de color al aumentar los porcentajes de aceites esenciales encapsulados. Por otro lado, la viscosidad plástica y límite elástico de Casson disminuyeron a mayor porcentaje de aceite esencial encapsulado. Sumado a ello, el análisis sensorial mostró que los chocolates que contenían mayor contenido de aceites esenciales encapsulados fueron rechazados por los panelistas, debido a su sabor muy fuerte del chocolate; en cambio, los más aceptados fueron los chocolates con menor porcentaje de encapsulados de aceites esenciales.

Palabras claves: encapsulado, aceites esenciales, hierba luisa, cedrón.

ABSTRACT

The effect of dark chocolates was studied with the incorporation of encapsulated essential oils of “cedron” (*Aloysia citrodora*) and “hierba luisa” (*Cymbopogon citratus*) with percentages of 0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5%. The physicochemical and sensory properties were evaluated. The results obtained showed that the best formula was the one with the highest percentage of encapsulated essential oils, i.e. by adding and increasing the percentage of encapsulated essential oils, the antioxidant capacity increased together with the total phenols; likewise, the hardness of the chocolates also increased, being less brittle, making them more resistant to impact breakage. Furthermore, there were significant differences in the colour difference index with increasing percentages of encapsulated essential oils. On the other hand, Casson plastic viscosity and yield strength decreased with higher percentage of encapsulated essential oil. In addition, the sensory analysis showed that the chocolates containing higher content of encapsulated essential oils were rejected by the panellists, due to their very strong chocolate taste; on the other hand, the most accepted were the chocolates with lower percentage of encapsulated essential oils.

Keywords: encapsulation, essential oils, hierba luisa, cedron.

I. INTRODUCCIÓN

El chocolate oscuro se distingue de los otros tipos de chocolate por su alto contenido de cacao en su composición (Bölek et al., 2022; Nascimento et al., 2020). Es rico en flavonoides, antioxidantes y fenoles; por ende, brinda beneficios a la salud (Di Mattia et al., 2017 & Samanta et al., 2022). Actualmente, los consumidores demandan cada vez más el uso de nuevos ingredientes en la industria del chocolate, es decir deben contener propiedades aromáticas de especias naturales, compuestos bioactivos, orgánicos y ser de alta calidad (Handiati et al., 2019; Zhang et al., 2022, Żyżelewicz et al., 2018). Los componentes principales del chocolate, son naturalmente ricos en compuestos polifenólicos (Toker et al., 2018). Sin embargo, estos disminuyen durante la elaboración del chocolate, particularmente en el proceso del tostado y conchado (Dwijatmoko, 2016).

En la actualidad, se busca enriquecer al chocolate con compuestos polifenólicos derivados de extractos de berries, aceites esenciales, frutas y yerbas aromáticas, sin afectar sus propiedades físicas, químicas y sensoriales (Praseptiangga et al., 2021). Para conservar y proteger la susceptibilidad de los compuestos bioactivos de los insumos es conveniente realizar la técnica de encapsulación para perfeccionar el producto final (Castro et al., 2021). La encapsulación es una técnica que permite el recubrimiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos en microcápsulas. Las sustancias activas son los materiales del núcleo que se cubren con sustancias secundarias como el material de pared (Moser et al., 2019); éste material proporciona mayor estabilidad, mantiene las propiedades de dispersión, controla la liberación de compuestos, prolonga la vida útil y protegen contra posibles agentes externos (Liu et al., 2019 & Reis et al., 2022). Para desarrollar la encapsulación se utiliza diversos métodos, principalmente la liofilización, indicada para encapsular compuestos sensibles como los aceites esenciales (Ayyaril et al., 2023; Reis et al., 2022). Además, es un proceso no térmico, mantiene las propiedades nutricionales, sensoriales y características funcionales, preservando su color, sabor y aroma, evitando el deterioro por oxidación o modificaciones químicas (Ozkan et al., 2019). Las propiedades de los aceites esenciales pueden conservarse mediante este método, y transformarse en un polvo que fluye libremente, siendo más fácil de manipular, para su posterior agregado al chocolate (Turasan et al., 2015).

El aceite esencial de Cedrón (*Aloysia citrodora*) contiene principales compuestos fenólicos son neral, geranial, citronelal, 1,8-cineol, verbascósido, isoverbascósido,

nepitrina (Bahramsoltani et al., 2018). Además, resalta por sus propiedades antiinflamatorios, antiespasmódicas, antibacteriano, diuréticas, sedantes, carminativas y antifúngica (Adel et al., 2021; Dehghani et al., 2020; Elechosa et al., 2017). Mientras que el aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) tiene compuestos principales fenólicos como el Citral, contiene también geraniol, nerol, farnesol, citronelol, linalol, citronelal, limoneno y mirceno (Mohamed et al., 2012). Además, se usa en tratamientos de trastornos nervioso y gastrointestinales, y utilizado como agente antioxidante, antimicrobianas y antiinflamatorio (Mendes Hacke et al., 2022; Yustira et al., 2023).

Recientemente, se ha venido estudiado el efecto de agregar encapsulado de oleoresina de corteza de canela en chocolates oscuros, teniendo como resultado una mayor aceptación por los panelistas, mejorando la textura, actividades antioxidantes y fenoles totales (Praseptiangga et al., 2019). La investigación de Hadnađev et al. (2023) elaboró chocolate oscuro con fortificación de microencapsulado de aceite de pescado, influyendo en el aumento de dureza y el índice de diferencia de color, más aún, sensorialmente aceptable. También, Razavizadeh & Tabrizi (2021), realizó un estudio de chocolate con leche fortificado con aceite de semilla de chía microencapsualdo con porcentajes de 5,10 y 15%, mostrando que la presencia de microcápsulas no tuvo efecto significativo en la evaluación sensorial a comparación de otras muestras, pero, si en textura y color, mejorando las características de calidad del chocolate final. De la misma forma Muhammad et al. (2018) elaboró chocolates blanco enriquecidos con nanopartículas de extracto de canela ampliando su perfil bioactivo sin alterar sus características sensoriales, y mejorando significativamente el contenido fenólico y actividad antioxidante.

Por ello, el objetivo de esta investigación fue determinar la composición bioactiva de chocolates oscuros con encapsulado de aceites esenciales de cedrón y hierba luisa.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales de estudio

El cedrón se recolectó del anexo de Taquia, Provincia de Chachapoyas. La hierba luisa se recolectó en el distrito de Bagua Grande, Provincia de Utcubamba y fueron trasladados al laboratorio de Ingeniería de Alimentos y Postcosecha de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Las muestras fueron deshidratadas bajo condiciones del sol y llevadas a un destilador para la obtención del aceite esencial.

La manteca de cacao y los granos de cacao se adquirieron de la Cooperativa de Servicios Múltiples APROCAM; el azúcar se compró del mercado de Chachapoyas.

2.2. Diseño experimental

Factor A: Tipo de aceite esencial

Factor B: Porcentaje de encapsulado aceite esencial de cedrón y hierba luisa (0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5%).

Tabla 1.

Arreglo experimental.

Factor A	Factor B	Tratamientos	Réplicas
Encapsulado De Aceite Esencial De cedrón (A1)	B1 (0.5%)	A1 X B1	3(A1 X B1)
	B2 (1%)	A1 X B2	3(A1 X B2)
	B3 (1.5%)	A1 X B3	3(A1 X B3)
	B4 (2%)	A1 X B4	3(A1 X B4)
	B5 (2.5%)	A1 X B5	3(A1 X B5)
Encapsulado De Aceite Esencial De Hierba Luisa (A2)	B1 (0.5%)	A2 X B1	3(A2 X B1)
	B2 (1%)	A2 X B2	3(A2 X B2)
	B3 (1.5%)	A2 X B3	3(A2 X B3)
	B4 (2%)	A2 X B4	3(A2 X B4)
	B5 (2.5%)	A2 X B5	3(A2 X B5)

2.3. Métodos y técnicas

2.3.1. Extracción de aceites esenciales

Se utilizó el método de arrastre de vapor, de acuerdo a Krish nan et al. (2015). Para ello, 12 kg de las hojas de hierba luisa y 20 kg de hojas de cedrón, se colocaron en un destilador, donde, el vapor generado arrastra el aceite hacia el condensador, para obtener el aceite esencial. Seguidamente, los aceites esenciales se almacenaron a 4°C en frascos de vidrios ámbar.

2.3.2. Encapsulación por liofilización

Se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Perrechil et al., (2021), con algunas modificaciones, se encapsuló por separado el aceite esencial de cedrón y la hierba luisa, considerando que el agente encapsulador fue la maltodextrina. Para ello, primero se pesó el material de pared (maltodextrina), sabiendo que para 1 ml de aceite esencial se utiliza 3.33 gr, luego, se disolvió en agua destilada, considerando que para 15gr de material de pared se coloca 50 ml. Posteriormente se agitó la mezcla hasta su completa dilución, se refrigeró por 12 h, para luego adicionar tween 20 como tensioactivo al 5% (V/P) de la masa de encapsulantes (material de pared). Seguidamente, se colocó el aceite esencial y se agitó durante 5 min en un vortex, se conservó por ultracongelación por 24 horas, y liofilizó (Labconco, modelo 710402010, Kansas City, Mo, EE. UU) a 0.008 bar y -84°C por 48h.

2.3.3. Elaboración de chocolates oscuros

Los chocolates oscuros se elaboraron de acuerdo a Leite et al. (2013), con algunas modificaciones; para ello se clasificaron los granos de mismos tamaños (pequeño, mediano y grandes), y tostó en un secador de bandejas (Fischer Agro, Perú) a una temperatura de 110°C por 2h. Después, se descascarilló (Imsa, Perú) para obtener los nibs del cacao, los nibs se molieron en un rodillo de piedra industrial (Prosol SAC, Tritur-50, Perú), hasta obtener la pasta de cacao, para continuar con el proceso de conchado (Premier, PG508, India). Finalmente, se mezcló, la pasta de cacao, azúcar, y manteca de cacao por 20 horas, templó y agregó las capsulas de aceites esenciales según el diseño experimental. La mezcla final se colocó en moldes de barra de chocolate (45 gr), y se

congeló a -18°C por 15 min, finalmente, se envolvió en papel de aluminio y se almacenó en refrigeración, hasta su posterior análisis.

Tabla 2.

Fórmula del chocolate oscuro con encapsulado de cedrón y hierba luisa.

Ingredientes (%)	Chocolate					
	Control	Chocolate A	Chocolate B	Chocolate C	Chocolate D	Chocolate E
Pasta de cacao	65%	65%	65%	65%	65%	65 %
Azúcar	30%	29.5%	29%	28.5%	28%	27.5%
Manteca de cacao “CB”	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Encapsulado de aceite esencial.	0%	0.5%	1%	1.5	2%	2.5%

2.3.4. Capacidad Antioxidante

2.3.4.1. Ensayo DPPH

Se diluyó 35.4 mg de radical DPPH en etanol de 96° , hasta una absorbancia de 0.7 unidades. 0.1 ml de muestra se colocó en tubos de ensayo y se adicionó 3,9 ml de solución de radical DPPH, la mezcla se mantuvo en oscuridad durante 30 min, y finalmente se leyó la absorbancia de las muestras en un espectrofotómetro (Unico, S2100, Estados Unidos) a 517nm (Hu et al., 2016; Zoldan et al., 2023).

2.3.4.2. Ensayo ABTS

Se determinó según Arend et al. (2022) y Rumpf et al. (2023) donde, el catión radical ABTS (ABTS+) producirá la reacción de 5 ml de solución acuosa de ABTS (7 mM) con 88 μl de 140 mM de persulfato de potasio, la mezcla se mantuvo en oscuridad por 16 h antes de su uso y después se diluyó con etanol de 96° hasta una absorbancia de $0,7 \pm 0,05$ unidades a 734 nm usando un espectrofotómetro. Luego, se utilizó 30 μl de extracto de chocolate, se dejó reaccionar con 3 ml de solución de radical ABTS azul-verde en la

oscuridad por 6 min, finalmente, se midió la absorbancia a 734 nm en un espectrofotómetro (Unico, S2100, Estados Unidos).

2.3.4.3. Ensayo FRAP

Este ensayo se describió con algunas modificaciones de acuerdo con Sotelo et al. (2015) y Zoldan et al. (2023), el reactivo FRAP se preparó con la mezcla de 300 mM de tampón de acetato (pH 3,6), 10 mM TPTZ (2,4,6-Tris 2-piridilo-s-triazina) en 40 mM de HCl y 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Cloruro férrico hexahidratado) en una proporción de 10:01:01. Seguidamente, en un tubo de ensayo se pipeteó 2.7 ml del reactivo FRAP, 90 μl de muestra y 270 μl de agua destilada, se incubó a 37 °C durante 4 min, y midió la absorbancia a 593 nm usando un espectrofotómetro. Finalmente, la muestra se incubó a 37° C por 4 min. El potencial antioxidante de la muestra se determinó a partir de una curva de calibración utilizando $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (sulfato de ferroso heptahidratado) de un patrón de 3 mM de concentración, entre 200 a 3800 de concentración del patrón.

2.3.5. Fenoles totales

Este método, se determinó de acuerdo con Pantelidis et al. (2007); se mezcló 0,5 ml del extracto con 2.5 ml de reactivo de Folin-Ciocalteu, después, se agregó 2ml de solución saturada de carbonato de sodio y agitó por 10s con la ayuda de un vortex, la mezcla se dejó reposar en oscuridad por 2h, considerando, que la determinación de la absorbancia es 760 nm (Unico, S2100, Estados Unidos). Una curva patrón de ácido gálico en 70% de metanol, (10-100 $\mu\text{g}/\text{ml}$) se usó para establecer una curva de calibración.

2.3.6. Textura

La textura de los chocolates oscuros con encapsulados de aceites esenciales se realizó empleando un Analizador de Textura (Brookfield, modelo CT3, EE. UU) de acuerdo a Alvis et al. (2011). El equipo se configuró para medir la fuerza de compresión, equipado con una sonda TA2/1000 en forma de cono 30 mmd, y una celda de carga de 25 kg durante un ciclo de penetración registrándose una curva de fuerza – tiempo. El ensayo se realizó en muestras de 55 x 50 x 0,7 cm^3 y velocidad de prueba a 10.0 mm/s.

2.3.7. Reología

Se usó un Reómetro (Marca Anton Paar, Modelo MCR 92, Austria) equipado con una geometría de cilindro concéntrico de acuerdo a Abdul Halim et al. (2018). Los resultados se obtuvieron por viscosidad plastica Casson (CPV) y límite elástico Casson (CEL). Para

ello, primero el chocolate se temperó a 50°C, seguidamente se colocó entre el cono y la placa en el Reómetro. Luego, se ajustó la temperatura a 40°C para las mediciones por triplicado.

2.3.8. Análisis de color

El análisis de color se midió con el colorímetro (CM-5 Konica Minolta, Tokio, Japón). Anticipadamente se calibró el equipo, las medidas se realizaron en lugares diferentes de cada chocolate oscuro con encapsulado de los dos tipos de aceites esenciales. Los valores L* (luminosidad/brillo), a* (rojez/verdor) y b* (amarillez/azul) de las muestras se registraron de acuerdo con el método descrito por Nyitrai et al. (2022) y la diferencia de color total (ΔE) se obtuvo con la fórmula:

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{0.5}$$

2.3.9. Análisis sensorial

De acuerdo a Mokbul et al. (2023), utilizamos una escala hedónica de 9 puntos (1: no me gusta mucho – 9: me gusta mucho); 100 participantes no entrenados evaluaron los atributos sensoriales de los chocolates oscuros con encapsulado de aceites esenciales, como brillo, olor, chasquido, sabor y aceptación final. Todos los participantes dieron su consentimiento informado antes de participar en el estudio y también se respetaron los derechos de privacidad. Se sirvieron seis formulaciones de chocolate oscuro con el encapsulado de aceites esenciales (cada una con un peso de 3 g) a temperatura ambiente con codificación de letras aleatorias. Después de probar cada chocolate, se pidió a los participantes que bebieran agua para limpiar su paladar.

2.3.10. Cuantificación de epicatequina, catequina, teobroma y cafeína en UHPLC

La cuantificación en muestras de chocolates oscuros se realizó con el método de UHPLC siguiendo el método de Coklar & Akbulut, (2017) y Medina et al., (2021). Se utilizó el sistema de UHPLC (Agilent Technologies 1290 Infinity II, Waldbronn, Alemania) acoplado con una multimuestra (G7167B), bomba flexible (G7104A), un horno de columna (G7116B) y un detector de matriz de diodos (G7117B). Previa a la inyección, los extractos se filtraron (0,45 μm) con un filtro de jeringa (Millex, Merck, Darmstadt, Alemania). La separación se realizó con una columna C18 (ODS-2 de 100 mm x 4,6 mm, 3 μm) y se usaron las fases A (ácido acético al 2% en agua) y B (acetonitrilo: agua: ácido acético – 400:90:10 v / v / v). El caudal fue de 0,75 ml/min mediante elución en gradiente

lineal: 10–14 % B (5 min), 14–23 % B (11 min), 23–35 % B (5 min), 35–40 % B (14 min), 40-100% B (3 min), 100% B isocrático (3 min), 100-10% B (3 min) y 10% B isocrático (4 min). La detección UV se realizó a una longitud de onda de 280 nm (cada ejecución fue a 26 °C durante 20 min) y la columna estuvo a una temperatura de 40 °C. La epicatequina, catequina, teobroma y cafeína se cuantificarán por comparación con las áreas de los picos de cada patrón, los datos se analizaron usando el software de control ChemStation (versión A.02.14 05-16 para OpenLAB). Los resultados se expresaron como mg de metabolito/g de muestra.

2.4. Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza de un factor (ANOVA). Asimismo, se usó la prueba de Tukey para determinar las diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%, utilizando el software Rstudio versión 4.2.1.

III. RESULTADOS

3.1. Chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

Tabla 3.

Capacidad antioxidante de chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

Muestra	DPPH (mM TE/g)	ABTS (mM TE/g)	FRAP ($\mu\text{molFe}^{2+}/100\text{g}$)
Control	5.86 \pm 0.11 ^d	2.85 \pm 0.24 ^d	47.23 \pm 0.53 ^d
CH/EOC-0.5%	6.10 \pm 0.58 ^d	3.00 \pm 0.04 ^{cd}	47.53 \pm 0.77 ^d
CH/EOC-1%	6.33 \pm 0.65 ^{cd}	3.24 \pm 0.57 ^{cd}	56.98 \pm 0.31 ^c
CH/EOC-1.5%	7.62 \pm 0.67 ^{bc}	3.51 \pm 0.19 ^{bc}	65.53 \pm 0.62 ^b
CH/EOC-2%	8.94 \pm 0.31 ^{ab}	3.91 \pm 0.38 ^{ab}	65.93 \pm 0.15 ^b
CH/EOC-2.5%	9.91 \pm 0.40 ^a	4.28 \pm 0.05 ^a	74.13 \pm 0.46 ^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de cedrón; Dpph: (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo); Abts: 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfúrico); Frap: Poder antioxidante reductor del hierro.

En la Tabla 3., se observa los resultados de capacidad antioxidante por los tres métodos. El tratamiento CH/EOC-2.5% obtuvo el mayor valor de Dpph, Abts y Frap en comparación con el control, evidenciando, que el encapsulado de aceite esencial de cedrón aumenta la capacidad antioxidante significativamente según los porcentajes.

Tabla 4.

Contenido de Fenoles totales de chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

Muestra	mgGAE/mg
Control	15.69 \pm 0.56 ^e
CH/EOC-0.5%	16.12 \pm 0.23 ^e
CH/EOC-1%	17.01 \pm 0.16 ^d
CH/EOC-1.5%	17.89 \pm 0.35 ^c
CH/EOC-2%	19.18 \pm 0.03 ^b
CH/EOC-2.5%	20.38 \pm 0.08 ^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de cedrón.

La Tabla 4., muestra el contenido de fenoles totales de chocolates oscuros enriquecidos con diferentes concentraciones de aceite esencial de cedrón. Se observa que, al incrementar la concentración del aceite esencial, el contenido de fenoles totales incrementa significativamente ($\alpha=0.05$).

Tabla 5.

Textura de chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

Muestra	Dureza (N)
Control	50.92 ± 0.42 ^e
CH/EOC-0.5%	52.59 ± 0.92 ^e
CH/EOC-1%	63.48 ± 0.12 ^d
CH/EOC-1.5%	67.06 ± 0.74 ^c
CH/EOC-2%	73.30 ± 0.98 ^b
CH/EOC-2.5%	77.49 ± 0.32 ^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de cedrón.

En la Tabla 5., se observa que el CH/EOC-2.5% se hace más resistente a la rotura. En comparación al control, es decir, que, a mayor concentración de encapsulado con aceite esencial de cedrón, mayor resistencia del chocolate.

Tabla 6.

Reología de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

Muestra	viscosidad plástica de Casson (Pa.s)	Limite elástico de Casson (Pa)
Control	2.98 ± 0.07 ^b	29.16 ± 0.46 ^a
CH/EOC-0.5%	2.44 ± 0.13 ^c	27.95 ± 2.00 ^a
CH/EOC-1%	2.59 ± 0.03 ^c	26.43 ± 0.95 ^a
CH/EOC-1.5%	2.68 ± 0.13 ^c	22.06 ± 0.64 ^b
CH/EOC-2%	2.14 ± 0.13 ^d	17.05 ± 1.27 ^c
CH/EOC-2.5%	3.34 ± 0.09 ^a	27.58 ± 0.54 ^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de cedrón.

En la Tabla 6., se observa el comportamiento reológico del chocolate con encapsulado de aceite esencial de cedrón, el mismo que actúa como un flujo no newtoniano. En los datos mostrados, la viscosidad plástica de Casson y el límite elástico de Casson del chocolate control obtuvo el valor más alto en comparación a los chocolates con encapsulados de aceites esenciales.

Tabla 7.

Color de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

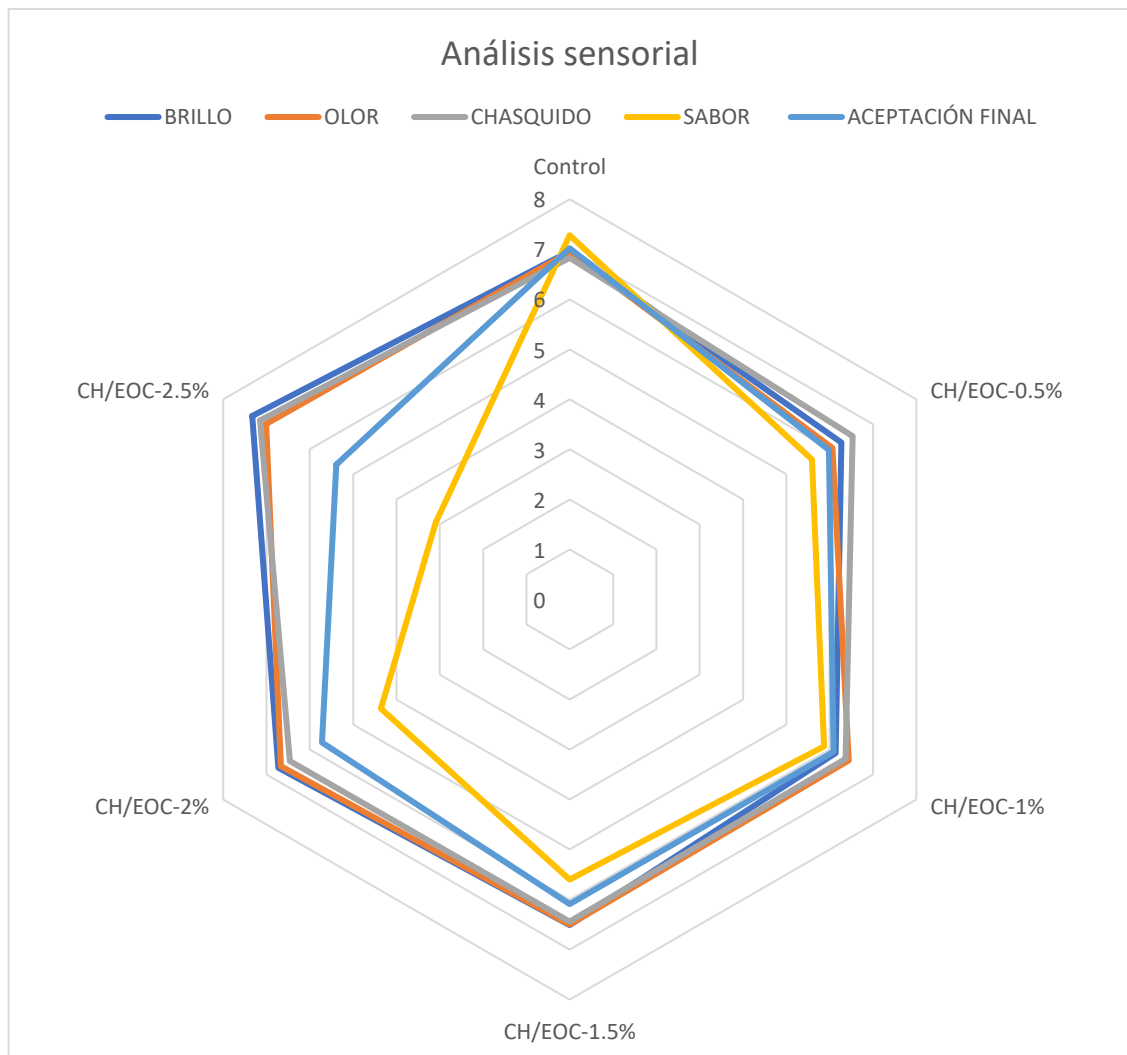
Muestra	ΔE
Control	26.87 ± 0.69^c
CH/EOC-0.5%	27.92 ± 0.53^c
CH/EOC-1%	29.48 ± 0.62^{ab}
CH/EOC-1.5%	29.69 ± 0.33^{ab}
CH/EOC-2%	29.41 ± 0.21^b
CH/EOC-2.5%	30.77 ± 0.27^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de cedrón; ΔE : Índice de diferencia de color.

Con relación al índice de diferencia de color se deduce que, al agregar y aumentar el porcentaje de encapsulado de aceite esencial de cedrón, el índice de diferencia del color aumenta significativamente en comparación al control.

Figura 1.

Análisis sensorial de chocolate con encapsulado de cedrón.



CH: chocolate; OC: con aceite esencial de cedrón.

En la Figura 1., el brillo, olor, chasquido, sabor y la aceptación final del chocolate control es el más aceptado por los panelistas, seguido del chocolate oscuro con menor porcentaje de aceite esencial. Se observa también que, a mayor contenido de encapsulado de aceite esencial, menor es la aceptación por los panelistas. Asimismo, el CH/EOC-2.5% es el más rechazado por los panelistas.

Tabla 8.

Cuantificación de fenoles por UHPLC de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de cedrón.

Muestra	Catequina (mg/g)	Epicatequina (mg/g)	Cafeína (mg/g)	Teobromina (mg/g)	Ácido Gálico (mg/g)
Control	0.0089± 0.0002 ^a	2.0962± 0.1463 ^a	1.6815± 0.0928 ^a	4.7480± 0.0465 ^a	0.0093± 0.0037 ^a
CH/EOC-0.5%	0.0083± 0.0047 ^a	2.1254± 0.1086 ^a	1.6960± 0.1252 ^a	4.7560± 0.0906 ^a	0.0093± 0.0037 ^a
CH/EOC-1%	0.0099± 0.0048 ^a	2.0861± 0.0520 ^a	1.630± 0.173 ^a	4.7388± 0.1330 ^a	0.0093± 0.0049 ^a
CH/EOC-1.5%	0.0047 ± 0.0009 ^a	2.5500 ± 0.3690 ^a	1.7517± 0.0449 ^a	4.7472± 0.1489 ^a	0.0100± 0.0056 ^a
CH/EOC-2%	0.00535 ± 0.0005 ^a	2.6140 ± 0.3090 ^a	1.8140± 0.2000 ^a	4.8290± 0.1012 ^a	0.0106± 0.0022 ^a
CH/EOC-2.5%	0.0061 ± 0.0032 ^a	2.0700 ± 0.2800 ^a	1.5330± 0.2830 ^a	4.5180± 0.2840 ^a	0.0189± 0.0049 ^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de cedrón.

En la Tabla 8., se observa, que el contenido de los principales fenoles (catequina, epicatequina, cafeína teobromina y ácido gálico), no tiene significancia entre el control y los chocolates con porcentajes de encapsulados de aceites esenciales cedrón.

3.2. Chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

Tabla 9.

Capacidad antioxidante de chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

Muestra	DPPH (mM TE/g)	ABTS (mM TE/g)	FRAP ($\mu\text{molFe}^{2+}/100\text{g}$)
Control	5.86 \pm 0.11 ^d	2.85 \pm 0.04 ^d	47.23 \pm 0.53 ^c
CH/EOHL-0.5%	6.31 \pm 0.54 ^{cd}	2.97 \pm 0.03 ^{cd}	48.98 \pm 0.90 ^c
CH/EOHL-1%	6.56 \pm 0.19 ^{cd}	3.12 \pm 0.05 ^{bcd}	59.48 \pm 0.65 ^b
CH/EOHL-1.5%	7.44 \pm 0.13 ^{bc}	3.24 \pm 0.04 ^{abc}	59.76 \pm 0.99 ^b
CH/EOHL-2%	8.75 \pm 0.93 ^{ab}	3.39 \pm 0.04 ^{ab}	68.17 \pm 1.97 ^a
CH/EOHL-2.5%	8.98 \pm 0.57 ^a	3.52 \pm 0.04 ^a	68.88 \pm 2.53 ^a

CH: Chocolate; EOHL: con aceite esencial de hierba luisa; Dpph: (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo); Abts: 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfúrico); Frap: Poder antioxidante reductor del hierro.

En la Tabla 9., se muestra que el tratamiento CH/EOHL-2.5% obtuvo el mayor valor en Dpph, Abts y Frap en comparación con el control. Más aún, el encapsulado de aceite esencial de hierba luisa aumenta significativamente la capacidad antioxidante según las concentraciones de aceite esencial empleado y medido por los 3 métodos.

Tabla 10.

Contenido de fenoles totales de chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

Muestra	mgGAE/mg
Control	15.69 \pm 0.56 ^e
CH/EOHL-0.5%	16.34 \pm 0.34 ^{de}
CH/EOHL-1%	17.43 \pm 0.45 ^{cd}
CH/EOHL-1.5%	17.94 \pm 0.39 ^{bc}
CH/EOHL-2%	18.98 \pm 0.58 ^b
CH/EOHL-2.5%	20.48 \pm 0.13 ^a

CH: Chocolate; EOHL: con aceite esencial de hierba luisa.

En la Tabla 10., muestra el contenido de Fenoles Totales de los chocolates oscuros enriquecidos con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa. Se observa que, al incrementar la concentración del aceite esencial, el contenido de fenoles totales incrementa significativamente ($\alpha=0.05$).

Tabla 11.

Textura (dureza) de chocolates con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

Muestra	Dureza (N)
Control	50.92 ± 0.42 ^e
CH/EOHL-0.5%	54.94 ± 0.65 ^e
CH/EOHL-1%	61.55 ± 0.34 ^d
CH/EOHL-1.5%	67.87 ± 0.36 ^c
CH/EOHL-2%	72.13 ± 0.65 ^b
CH/EOHL-2.5%	74.19 ± 0.98 ^a

CH: Chocolate; EOHL: con aceite esencial de hierba luisa.

En la Tabla 11., se muestra, que la adición del aceite esencial hace al chocolate más resistente a la rotura en comparación al control.

Tabla 12.

Viscosidad plástica de Casson y Límite elástico de Casson de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

Muestra	viscosidad plástica de Casson (Pa.s)	Límite elástico de Casson (Pa)
Control	2.98 ± 0.07 ^a	29.16 ± 0.46 ^c
CH/EOHL-0.5%	2.36 ± 0.13 ^{cd}	30.28 ± 1.13 ^{bc}
CH/EOHL-1%	2.45 ± 0.08 ^{bc}	35.78 ± 0.89 ^a
CH/EOHL-1.5%	2.19 ± 0.54 ^d	32.47 ± 1.13 ^b
CH/EOHL-2%	2.64 ± 0.02 ^b	29.10 ± 0.80 ^c
CH/EOHL-2.5%	2.99 ± 0.11 ^a	27.78 ± 1.67 ^c

CH: Chocolate; EOHL: con aceite esencial de hierba luisa.

En la Tabla 12., se observa el comportamiento reológico del chocolate con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa el mismo que actúa como un flujo no newtoniano. A

partir los datos mostrados, la viscosidad plástica de Casson el CH/EOHL-2.5% tiene el mayor valor, pero no tuvo significancia comparado al del control. Sin embargo, en el límite de Casson el CH/EOHL-1% obtuvo el mayor valor en comparación a los demás chocolates.

Tabla 13.

Índice de diferencia de color de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

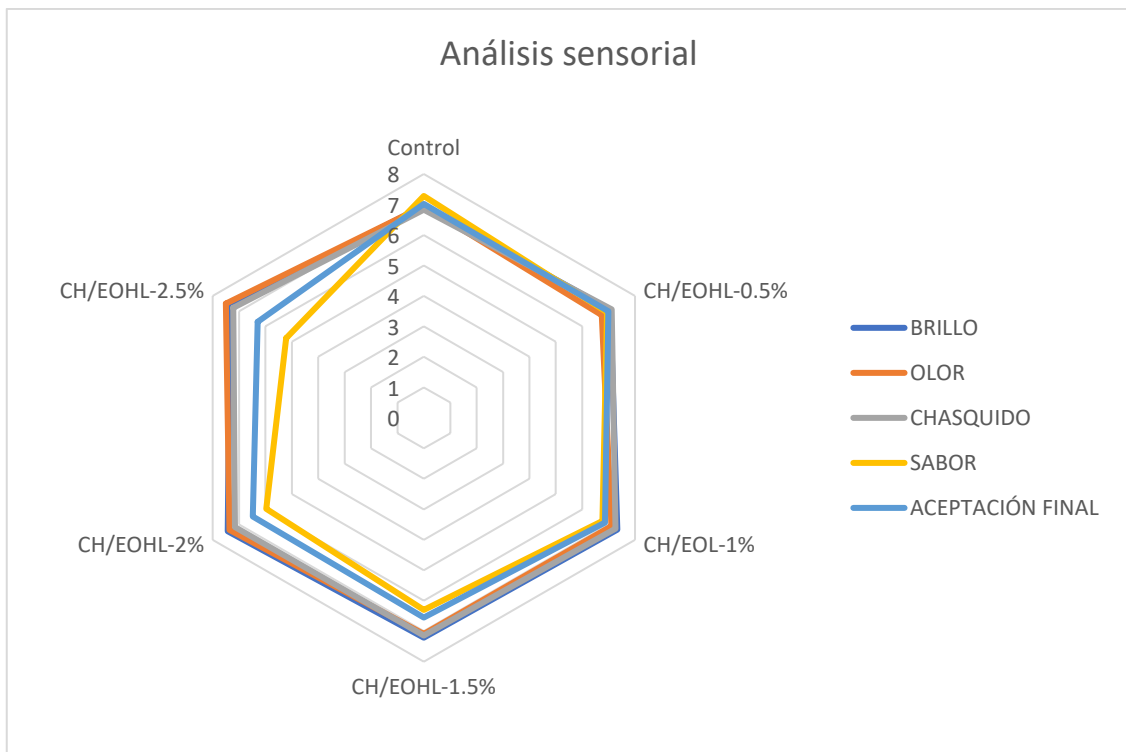
Muestra	ΔE
Control	26.87 ± 0.69^c
CH/EOHL-0.5%	27.33 ± 0.07^{bc}
CH/EOHL-1%	28.12 ± 0.09^b
CH/EOHL-1.5%	29.32 ± 0.28^a
CH/EOHL-2%	29.61 ± 0.22^a
CH/EOHL-2.5%	29.72 ± 0.05^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de hierba luisa; ΔE : índice de diferencia de color.

En la Tabla 12., se observa el efecto en el índice de diferencia de color al agregar el encapsulado de aceite esencial al chocolate, a mayor porcentaje de aceite mayor índice en comparación al control.

Figura 2.

Análisis Sensorial de chocolate con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.



CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de hierba luisa.

En la Figura 2., el control es el más aceptado por los panelistas, en cuanto al brillo, olor, chasquido, sabor y la aceptación final, seguido del chocolate oscuro con menor porcentaje de aceite esencial encapsulado. Se observa además que a mayor contenido de encapsulado de aceite esencial, menor es la aceptación por los panelistas. Asimismo, el CH/Ehl-2.5% fue el más rechazado por los panelistas.

Tabla 14.

Cuantificación de fenoles por UHPLC de chocolates oscuros con encapsulado de aceite esencial de hierba luisa.

Muestra	Catequina (mg/g)	Epicatequina (mg/g)	Cafeína (mg/g)	Teobromina (mg/g)	Ácido Gálico (mg/g)
Control	0.0089± 0.0002 ^a	2.0962± 0.1463 ^a	0.1682± 0.0009 ^{ab}	4.7477± 0.0465 ^a	0.0093± 0.0037 ^a
CH/EOHL- 0.5%	0.0061± 0.0002 ^a	1.7173± 0.1040 ^b	0.1473± 0.0060 ^b	4.6169± 0.1269 ^a	0.0053± 0.0018 ^a
CH/EOHL- 1%	0.0087± 0.0049 ^a	1.9701± 0.0685 ^{ab}	0.1759± 0.0065 ^a	4.8450± 0.0455 ^a	0.0102± 0.0022 ^a
CH/EOHL- 1.5%	0.0049± 0.0011 ^a	1.9545± 0.037 ^{ab}	0.1686± 0.0059 ^{ab}	4.7276± 0.0539 ^a	0.0088± 0.0027 ^a
CH/EOHL- 2%	0.0053± 0.0031 ^a	2.0573± 0.0578 ^a	0.1512± 0.0126 ^b	4.6284± 0.1162 ^a	0.0043± 0.0014 ^a
CH/EOHL- 2.5%	0.0044± 0.0004 ^a	2.0817± 0.1726 ^a	0.1624± 0.0044 ^{ab}	4.6284± 0.1162 ^a	0.0066± 0.0036 ^a

CH: Chocolate; EOC: con aceite esencial de hierba luisa.

En la Tabla 14., se observa, que el contenido de los principales fenoles (catequina, epicatequina, cafeína teobromina y ácido gálico), no tiene significancia con relación al control.

IV. DISCUSIÓN

Para determinar la capacidad antioxidante es recomendable emplear más de un método, siendo los más comunes DPPH, ABTS, FRAP y ORAC (Muhammad et al., 2018). En nuestra investigación se trabajó con tres métodos; DPPH, ABTS y FRAP. En los chocolates con encapsulado de aceite esencial de cedrón se obtuvo rangos de 5.86 – 9.91 mM TE/g (Dpph), 2.85 – 4.28 mM TE/g (Abts) y 47.23 – 74.13 $\mu\text{molFe}^{2+}/100\text{g}$ (Frap); y con los de hierba luisa se obtuvo rangos de 5.86 – 8.98 mM TE/g (Dpph), 2.85 – 3.52 mM TE/g (Abts) y 47.23 – 68.88 $\mu\text{molFe}^{2+}/100\text{g}$ (Frap). Estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados por otros autores como Dwijatmoko (2016) quienes al agregar aceite esencial de canela en chocolate negro reportaron un aumento de la capacidad antioxidante del chocolate. De la misma forma, Todorovic et al., (2015) elaboraron chocolates negros con o sin frambuesa obteniendo rangos de 54.7 – 90.9 mM TE/g (Dpph), 63 – 92.2 mM TE/g (Abts) y 130.3 – 200 $\mu\text{molFe}^{2+}/100\text{g}$ (Frap). También, (Bölek et al., 2022) agregaron al chocolate aceite esencial de *Santonila chamaecyparissus*, incrementando significativamente la actividad antioxidante 19.39 – 48.36 mM TE/g (Dpph); estos rangos se encuentran por encima de nuestra investigación, porque utilizaron mayores porcentajes de aceite esencial en comparación con lo usado en nuestra investigación, sin embargo, todos siguen el mismo comportamiento (mayor concentración, mayor actividad antioxidante). La variación reportada en nuestro estudio con relación a otros podría deberse también a la variedad de cacao empleado (Medina-Mendoza et al., 2021), tiempo del proceso en cada fase de elaboración (Żyżelewicz et al., 2018), los insumos para su preparación (Tolve et al., 2018) y al tipo y concentración de aceite esencial usado (Praseptianga et al., 2019).

La encapsulación de aceite esencial de cedrón y hierba luisa fueron significativos en las muestras de chocolates oscuros para fenoles totales. El rango de chocolate con encapsulado de cedrón fue 15.7 – 20.4 mg GAE/g y de hierba luisa oscilo hasta 18.981 mg GAE/g. Estos valores se encuentran dentro de los rangos (8.94 – 21.17 mg GAE/g) reportados por (Calva-Estrada et al., 2020) en la investigación de chocolates latinoamericanos. De la misma forma, Todorovic et al. (2015) elaboraron chocolates oscuros con o sin frambuesas, obteniendo valores de 7,21 – 12,65 mg GAE/g. También en la investigación de Praseptianga et al. (2021), en chocolates negros con la adición de microencapsulación de oleoresina de corteza de canela, obtuvieron resultados de 5.14 – 6.62 mg GAE/g. Por su lado, en la investigación de (Muhammad et al., 2018) se observó

un aumento de fenoles totales, al agregar porcentajes de nanoencapsulados de extracto de canela. El contenido de fenoles totales de una muestra de chocolate puede variar según el procedimiento usado para su medición (Gültekin-Özgüven et al., 2016). Por otro lado, la prolongada exposición a altas temperaturas podría influenciar también en sus valores (Shahbazi et al., 2022), sin dejar de lado otros factores como la zona, origen y los distintos métodos para obtener sus extractos (Muhammad et al., 2021).

Hadnađev et al. (2023), elaboró chocolates con aceite de pescado microencapsulado obteniendo rangos de textura de 9.85 – 14.52 N, demostrando que las muestras conteniendo encapsulados de aceite de pescado eran menos quebradizas que las del control. De la misma forma, en otra investigación la adición de microcápsula de oleoresina de corteza de canela en tres concentraciones de 4, 6 y 8% el rango de textura osciló entre 23.43 – 35.47 N (Praseptiangga et al., 2021). En nuestra investigación, los rangos fueron superiores; el control dio como resultado 50.9 N, y al agregar encapsulado de cedrón éste aumento a 77.5 N, mientras que, al agregar el encapsulado de hierba luisa incrementó el valor a 74.1 N. La dureza de las barras de chocolate oscuro aumentó a medida que aumentaba la cantidad de porcentaje de encapsulado de cedrón y hierba luisa. Se sabe que las etapas de la preparación del chocolate influyen en la dureza, como son el conchado y el templado (Afoakwa, 2015), además, depende de la etapa en que se agregue el encapsulado (Bakry et al., 2016). Las microcápsulas rellenan uniformemente los espacios y cavidades en el chocolate, conllevando que sean más resistente a romperse (Praseptiangga et al., 2021).

En la elaboración de chocolate es crucial las propiedades reológicas, conllevando que el producto final sea de calidad (Agibert & Lannes, 2018). En nuestra investigación inferimos que al agregar el encapsulado de aceite esenciales de cedrón y hierba luisa disminuye la viscosidad plástica y el límite elástico de Casson. El chocolate tiene un comportamiento complejo, un límite elástico aparente y una viscosidad plástica que depende del proceso de fabricación (Glicerina et al., 2016). En el estudio de Medina-Mendoza et al. (2021), los valores de viscosidad plástica variaron entre 14.65 – 17.89 Pa.s y el límite elástico de 1.60 – 2.08 Pa, resaltando, que el procesos de elaboración está relacionado con las propiedades reológicas, desde la etapa de mezcla hasta la refinación, drásticamente hay un aumento de parámetros reológico. Del mismo modo, en la investigación de Quispe-Sanchez et al. (2023), los chocolates negros con aceites esenciales (*P. anisum*, *C. citratus* y *M. mollis*), presentaron la viscosidad plástica y el

límite de Casson disminuida a medida que aumentaba la dosis de aceites esenciales. No obstante Hadnađev et al. (2023), en su investigación de chocolate con microcápsulas de aceite de pescado, afirmaron que los valores de límite elástico y viscosidad plástica de Casson, no varió con respecto al control ($p < 0.05$), destacando que la adición de microcápsulas provoca una mayor cantidad de partículas sólidas, disminuyendo la magnitud de fase grasa; al igual que en la investigación de Didar (2024) en chocolates blancos enriquecido con *L. acidophilus* coencapsulado y extracto de cáscara de rosa mosqueta.

El índice de diferencia de color (ΔE) de las muestras de chocolate con encapsulado de cedrón y hierba luisa, varió significativamente ($\alpha = 0.05$) según la concentración de aceite esencial añadido en comparación al control; es decir a mayor concentración de aceite esencial, más claro el chocolate. Encontramos que hubo diferencia significativa ($p < 0.05$), con relación al control, es decir, estos chocolates se volvieron más claros. En la investigación de Hadnađev et al. (2023), se reportaron que los chocolates con microencapsulación de aceite de pescado mostraron diferencias de color (ΔE) en comparación al control. Razavizadeh & Tabrizi (2021) reportaron que el chocolate con leche fortificado con aceite de semilla de chía microencapsulado provocó un aumento significativo en el índice de diferencia de color (ΔE) en comparación al control, lo que significa que los chocolates con leche compuestos fortificados se volvieron más claros que el control. Los índices de color de chocolate se ven afectados por algunos factores, como las condiciones de procesamiento y el encapsulado de los aceites esenciales que son utilizados, dándole un color más claro e intenso (Aidoo et al., 2013).

En la Figura 1 y 2, se observan resultados de los 5 criterios evaluados, donde, los factores de aceptación final y el sabor, tiene mayor significancia ($p < 0.05$) en comparación al control, es decir, a mayor porcentaje de encapsulado los panelistas no entrenados lo rechazan, sin embargo, los factores de brillo, olor y chasquido, tuvieron ligeramente significancia en comparación al control. En la investigación de Hadnađev et al. (2023) la incorporación de aceite de pescado microencapsulado en el chocolate afectó ($p < 0.05$) la aceptabilidad general del producto, principalmente por las puntuaciones más bajas en sabor y aroma. En otra investigación, la adición de aceite esencial de *S. chamaecyparissus* a la formulación de chocolate afectó negativamente las propiedades sensoriales, principalmente en olor y el sabor, destacando el chocolate control con las puntuaciones más altas (Bölek et al., 2022). También Dwijatmoko (2016) y Praseptianga et al. (2019)

reportaron que cuanto mayor son las cantidades de aceite esencial y microcápsulas de canela añadidas, menor era la aceptación de los panelistas de las tabletas de chocolate negro y chocolate con leche, sin embargo, indicaron que el fuerte sabor de la canela podía enmascararse mediante microencapsulación y que la percepción negativa de los panelistas podía minimizarse. Existen reportes que señalan que la microencapsulación solo favorece la integración del aceite, pero no amortigua el sabor (Abdul Halim et al., 2019), sin embargo también podría deberse por la concentración de aceite esencial empleada. De este modo, es de considerar que la aceptabilidad de un chocolate está ampliamente favorecida por el sabor del mismo más que por su apariencia y características físicas (Medina-Mendoza et al., 2021).

En nuestra investigación, los chocolates oscuros con cedrón contenían concentraciones variadas de catequina (0.0089 – 0.0099 mg/g), epicatequina (2.070 – 2.614 mg/g), cafeína (1.53 – 1.75mg/g) y teobromina (4.52 – 4.83mg/g). De igual modo, el chocolate con encapsulado de hierba luisa contenían rangos de concentraciones de catequina (0.0044 – 0.0089 mg/g), epicatequina (1.71 – 2.096mg/g), cafeína (0.147 – 0.175mg/g) y teobromina (4.62 – 4.85mg/g). El estudio de Nascimento et al. (2020), reporta en chocolates finos y artesanales contenidos de catequina, epicatequina, cafeína y teobromina, de 0.047 – 0.60 mg/g, 0.048 – 1.68 mg/g, 0.235 – 1.52 mg/g y 1.56 – 13.9 mg/g, respectivamente. Por su lado, Todorovic et al. (2015) señalan que los chocolates negros con o sin frambuesa, contienen catequina, epicatequina, cafeína y teobromina, en rangos de 0.053 – 0.184 mg/g, 0.181 – 0.263 mg/g, 10.5 – 16.6 mg/g y 0.475 – 1.359 mg/g, respectivamente, superiores a nuestra investigación. Las concentraciones de epicatequina, cafeína y teobromina son altas, la razones según Nascimento et al. (2020) se da por que el chocolate está caracterizado por sus excelentes propiedades sensoriales, y su alta concentración de sustancias bioactivas como las metilxantinas y flavonoides. También Martini et al. (2018), encontraron en su investigación en chocolate negro con té verde que la concentración de ácido gálico fue de 0.0014 mg/g, inferior a lo hallado en nuestra investigación de 0.0093 – 0.0189 mg/g (CH/EOC) y 0.0043–0.0102 mg/g (CH/EOHL). Los chocolates representan una excelente fuente de antioxidantes, y podrían considerarse productos con potencial funcional, a pesar de la inminente degradación de principales fenoles como consecuencia del tostado (Medina-Mendoza et al., 2021). No obstante, debemos tener en cuenta los factores como la fermentación del grano de cacao y la temperatura de calentamiento durante la producción del chocolate, porque los

polifenoles pueden oxidarse o formar complejos durante el proceso de fermentación y degradarse fácilmente a altas temperaturas (Carmo-Brito et al., 2017). Por ello, la calidad de las materias primas y el proceso de producción pueden tener una influencia significativa en la calidad del producto final, y en el contenido de compuestos fenólicos (Calva-Estrada et al., 2020).

V. CONCLUSIONES

Se evidenció que el chocolate con encapsulado de aceite esencial de cedrón de 2.5%, obtuvo mayor contenido de capacidad antioxidante y fenoles totales a comparación de las demás muestras. Además, en la cuantificación de los principales fenoles, la epicatequina fue quien más resalto.

La incorporación de 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5%, de encapsulado de aceites esenciales a los chocolates oscuros influyen significativamente en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. A mayor porcentaje de encapsulado de aceite esencial al chocolate, la capacidad antioxidante y fenoles totales incrementa. Las propiedades físicas del chocolate oscuro enriquecido con los encapsulados de aceites esenciales también se vieron influenciadas según las concentraciones añadidas. Las propiedades reológicas de los CH/EOC y CH/EOHL, fueron menores en comparación con el del control. Se observa que el brillo, olor, chasquido, fue superior a medida que el chocolate contenía mayor concentración de encapsulado de aceites esenciales. El sabor tuvo un comportamiento contrario, es decir, a mayor concentración de aceite, menor aceptación del chocolate por los panelistas.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda desarrollar mayores investigaciones de enriquecimiento de chocolates oscuros y blancos con encapsulados de diferentes aceites esenciales.
- Identificar la concentración y momento óptimo de incorporación de los aceites esenciales a la masa del chocolate.
- Continuar desarrollando técnicas de incorporación de frutas o subproductos como la técnica de encapsulación y la etapa de la incorporación de los encapsulados.
- Identificar propiedades físico – químicas post almacenamiento como la floración para determinar de la vida útil.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.005>
- Adel, M., Dawood, M. A. O., Gholamhosseini, A., Sakhaie, F., & Banaee, M. (2021). Effect of the extract of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) on the growth performance, digestive enzyme activities, and immune-related genes in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Aquaculture*, 541, 736797. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736797>
- Afoakwa, E. O. (2015). Chocolate Science and Technology. *Dr. Emmanuel Ohene Afoakwa*. <https://doi.org/10.1002/9781444319880.ch3>
- Agibert, S. A., & Lannes, S. C. da S. (2018). 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>
- Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates—Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science and Technology*, 32(2), 84-96. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.008>
- Arend, G. D., Almeida, É. S., Byruchko, R. T., Pinto, M. E. G., da Cruz, A. B., Verruck, S., Di Luccio, M., & Rezzadori, K. (2022). Gravitational and microwave-assisted multi-stages block freeze concentration process to obtain enriched concentrated beet (*Beta vulgaris* L.) by-products extract: Bioactive compounds and simulated

- gastrointestinal profile. *Food and Bioproducts Processing*, 133, 77-86. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.03.004>
- Ayyaril, S. S., Shanableh, A., Bhattacharjee, S., Rawas-Qalaji, M., Cagliani, R., Shabib, A. G., & Imran khan, M. (2023). Recent progress in micro and nano-encapsulation techniques for environmental applications: A review. *Results in Engineering*, 18, 101094. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101094>
- Bahramsoltani, R., Rostamiasrabadi, P., Shahpiri, Z., Marques, A. M., Rahimi, R., & Farzaei, M. H. (2018). *Aloysia citrodora* Paláu (Lemon verbena): A review of phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 222, 34-51.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.04.021>
- Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A., & Liang, L. (2016). Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 143-182. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12179>
- 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. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100481>
- Calva-Estrada, S. J., Utrilla-Vázquez, M., Vallejo-Cardona, A., Roblero-Pérez, D. B., & Lugo-Cervantes, E. (2020). Thermal properties and volatile compounds profile of commercial dark-chocolates from different genotypes of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) from Latin America. *Food Research International*, 136, 109594.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109594>
- Carmo-Brito, B. D. N., Campos Chisté, R., da Silva Pena, R., Abreu Gloria, M. B., & Santos Lopes, A. (2017). Bioactive amines and phenolic compounds in cocoa

- beans are affected by fermentation. *Food Chemistry*, 228, 484-490. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.004>
- Castro Coelho, S., Nogueiro Estevinho, B., & Rocha, F. (2021). Encapsulation in food industry with emerging electrohydrodynamic techniques: Electrospinning and electrospraying – A review. *Food Chemistry*, 339, 127850.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127850>
- Coklar, H., & Akbulut, M. (2017). Anthocyanins and phenolic compounds of Mahonia aquifolium berries and their contributions to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 35, 166-174. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.05.037>
- Dehghani, A., Bahlakeh, G., Ramezanzadeh, B., & Ramezanzadeh, M. (2020). Aloysia citrodora leaves extract corrosion retardation effect on mild-steel in acidic solution: Molecular/atomic scales and electrochemical explorations. *Journal of Molecular Liquids*, 310, 113221. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113221>
- Di Mattia, C. D., Sacchetti, G., Mastrocola, D., & Serafini, M. (2017). From Cocoa to Chocolate: The Impact of Processing on In Vitro Antioxidant Activity and the Effects of Chocolate on Antioxidant Markers In Vivo. *Frontiers in Immunology*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2017.01207>
- Didar, Z. (2024). Characterization of white chocolate enriched with co-encapsulated Lactobacillus acidophilus (La-5) and rose hip shell fruit extract: Characterization, probiotic viability during storage, and in vitro gastrointestinal digestion. *Food Science & Nutrition*, 12(2), 890-906. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3805>
- Dwijatmoko, M. (2016). Effect of cinnamon essential oils addition in the sensory attributes of dark chocolate. *Nusantara Bioscience*, 8, 301-305.
<https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n080227>

- Elechosa, M. A., Di Leo Lira, P., Juárez, M. A., Viturro, C. I., Heit, C. I., Molina, A. C., Martínez, A. J., López, S., Molina, A. M., van Baren, C. M., & Bandoni, A. L. (2017). Essential oil chemotypes of *Aloysia citrodora* (Verbenaceae) in Northwestern Argentina. *Biochemical Systematics and Ecology*, 74, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2017.07.003>
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2016). Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, 169, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.011>
- Gültekin-Özgülven, M., Karadağ, A., Duman, Ş., Özkal, B., & Özçelik, B. (2016). *Fortificación de chocolate amargo con extracto de residuos de morera negra (Morus nigra)* secado por aspersion encapsulado en liposomas recubiertos de quitosano y estudios de bioaccesibilidad. *Food Chemistry*, 201, 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.091>
- 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>
- Handiati, Y. D., Praseptianga, D., Manuhara, G. J., & Khasanah, L. U. (2019). *Effects of Kaempferia galanga L. essential oil incorporation on sensory and physical properties of dark chocolate bar*. 633(1). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/633/1/012036>
- Hu, Y., Pan, Z. J., Liao, W., Li, J., Gruget, P., Kitts, D. D., & Lu, X. (2016). Determination of antioxidant capacity and phenolic content of chocolate by attenuated total

- reflectance-Fourier transformed-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 202, 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.130>
- Leite, P. B., Bispo, E. S., & de Santana, L. R. R. (2013). Sensory profiles of chocolates produced from cocoa cultivars resistant to *Moniliophthora perniciosa*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), 594-602. Scopus. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200031>
- Liu, Huang, Chen, Lin, & Wang. (2019). Food-Grade Nanoemulsions: Preparation, Stability and Application in Encapsulation of Bioactive Compounds. *Molecules*, 24(23), 4242. <https://doi.org/10.3390/molecules24234242>
- Martini, S., Conte, A., & Tagliazucchi, D. (2018). Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder. *Food Research International*, 112, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.020>
- 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>
- Mendes Hacke, A. C., D'Avila da Silva, F., Lima, D., Rebuglio Velloso, J. C., Teixeira Rocha, J. B., Marques, J. A., & Pereira, R. P. (2022). Cytotoxicity of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf fractions, essential oil, citral, and geraniol in human leukocytes and erythrocytes. *Journal of Ethnopharmacology*, 291, 115147. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115147>

- Mohamed Hanaa, A. R., Sallam, Y. I., El-Leithy, A. S., & Aly, S. E. (2012). Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(2), 113-116. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2012.08.004>
- Mokbul, M., Cheow, Y. L., & Siow, L. F. (2023). Physical properties, sensory profile and storage stability of compound chocolates made with cocoa butter replacer consisting of mango kernel fat and rice bran oil. *Food Chemistry Advances*, 3, 100515. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100515>
- Moser, P., Ferreira, S., & Nicoletti, V. R. (2019). Buriti oil microencapsulation in chickpea protein-pectin matrix as affected by spray drying parameters. *Food and Bioproducts Processing*, 117, 183-193. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.07.009>
- Muhammad, D. R. A., Saputro, A. D., Rottiers, H., Van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2018). Physicochemical properties and antioxidant activities of chocolates enriched with engineered cinnamon nanoparticles. *European Food Research and Technology*, 244(7), 1185-1202. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3035-2>
- 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>
- Nascimento, M. M., Santos, H. M., Coutinho, J. P., Lôbo, I. P., da Silva Junior, A. L. S., Santos, A. G., & de Jesus, R. M. (2020). Optimization of chromatographic separation and classification of artisanal and fine chocolate based on its bioactive compound content through multivariate statistical techniques. *Microchemical Journal*, 152, 104342. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104342>
- Nyitrai, Á., Urbin, Á., Nagy, B. V., & Sipos, L. (2022). Novel approach in sensory color masking: Effects of colored environments on chocolates with different cocoa

- content. *Food Quality and Preference*, 95, 104363.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104363>
- Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., & Capanoglu, E. (2019). A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chemistry*, 272, 494-506.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.205>
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., & Diamantidis, Gr. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 102(3), 777-783. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021>
- Perrechil, F., Louzi, V. C., Alves da Silva Paiva, L., Valentin Natal, G. S., & Braga, M. B. (2021). Evaluation of modified starch and rice protein concentrate as wall materials on the microencapsulation of flaxseed oil by freeze-drying. *LWT*, 140, 110760. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110760>
- Praseptianga, D., Invicta, S. E., & Khasanah, L. U. (2019). 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., Qomaruzzaman, A. R., & Manuhara, G. J. (2021). The Effect of Clove Leaves Essential Oil Addition on Physicochemical and Sensory Characteristics of Milk Chocolate Bar. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(1), 165-171. Scopus.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.1.12664>

- Quispe-Sanchez, L., Mestanza, M., Oliva-Cruz, M., Rimarachín, N., Caetano, A. C., Chuquizuta, T., Goñas, M., Ambler Gill, E. R., & Chavez, S. G. (2023). 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>
- 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>
- Reis, D. R., Ambrosi, A., & Luccio, M. D. (2022). Encapsulated essential oils: A perspective in food preservation. *Future Foods*, *5*, 100126. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100126>
- Rodríguez-Barona, S., Giraldo, G. I., & Montes, L. M. (2016). Encapsulación de Alimentos Probióticos mediante Liofilización en Presencia de Prebióticos. *Información tecnológica*, *27*(6), 135-144. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600014>
- Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, *233*, 123470. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123470>
- 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>
- Shahbazi, S., Didar, Z., Vazifedoost, M., & Naji-Tabasi, S. (2022). Enrichment of dark chocolate with free and microencapsulated white tea and jujube extracts: Impacts on antioxidant, physicochemical, and textural properties. *Quality Assurance and*

- Safety of Crops & Foods*, 14(4), 188-201.
<https://doi.org/10.15586/qas.v14i4.1099>
- Sotelo, L., P, G. A., & Alvis, A. (2015). Evaluación de epicatequina, teobromina y cafeína en cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.), determinación de su capacidad antioxidante. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), Article 1.
<https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3751>
- Todorovic, V., Redovnikovic, I. R., Todorovic, Z., Jankovic, G., Dodevska, M., & Sobajic, S. (2015). Polyphenols, methylxanthines, and antioxidant capacity of chocolates produced in Serbia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.01.018>
- Toker, O. S., Konar, N., Palabiyik, I., Rasouli Pirouzian, H., Oba, S., Polat, D. G., Poyrazoglu, E. S., & Sagdic, O. (2018). Formulation of dark chocolate as a carrier to deliver eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids: Effects on product quality. *Food Chemistry*, 254, 224-231. Scopus.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.019>
- Tolve, R., Condelli, N., Caruso, M. C., Barletta, D., Favati, F., & Galgano, F. (2018). Fortification of dark chocolate with microencapsulated phytosterols: Chemical and sensory evaluation. *Food & Function*, 9(2), 1265-1273.
<https://doi.org/10.1039/C7FO01822C>
- Turasan, H., Sahin, S., & Sumnu, G. (2015). Encapsulation of rosemary essential oil. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 112-119.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.036>
- Yustira, A., Maulina, S., & Iriany. (2023). Citronella oil extraction using microwave-assisted extraction (MAE) with various solvents. *AIP Conference Proceedings*, 2741(1), 020004. <https://doi.org/10.1063/5.0133540>

- Zhang, H., Xu, Z., Qiao, Z., Wang, X., Tang, H., Yang, C., & Huang, F. (2022). Encapsulation of Functional Plant Oil by Spray Drying: Physicochemical Characterization and Enhanced Anti-Colitis Activity. *Foods*, *11*(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/foods11192993>
- Zhang, Z., Song, J., Lee, W. J., Xie, X., & Wang, Y. (2020). Characterization of enzymatically interesterified palm oil-based fats and its potential application as cocoa butter substitute. *Food Chemistry*, *318*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126518>
- Zoldan, J., De Marco, I., Verruck, S., Gomide, A. I., Cartabiano, C. E. L., de Melo Pereira, G. V., & De Dea Lindner, J. (2023). Evaluation of viability to simulated gastrointestinal tract passage of probiotic strains and pioneer bioaccessibility analyses of antioxidants in chocolate. *Food Bioscience*, *52*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102494>
- Żyżelewicz, D., Budryn, G., Oracz, J., Antolak, H., Kręgiel, D., & Kaczmarska, M. (2018). The effect on bioactive components and characteristics of chocolate by functionalization with raw cocoa beans. *Food Research International*, *113*, 234-244. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.017>

ANEXOS

Panel fotográfico

Anexo 1. Extracción de aceite esencial de cedrón y hierba luisa.



Anexo 2. Encapsulado de aceites esenciales.



Anexo 3. Tostado de los granos de cacao.



Anexo 4. Descascarillado.



Anexo 5. Molido.



Anexo 6. Conchado.



Anexo 7. Templado.



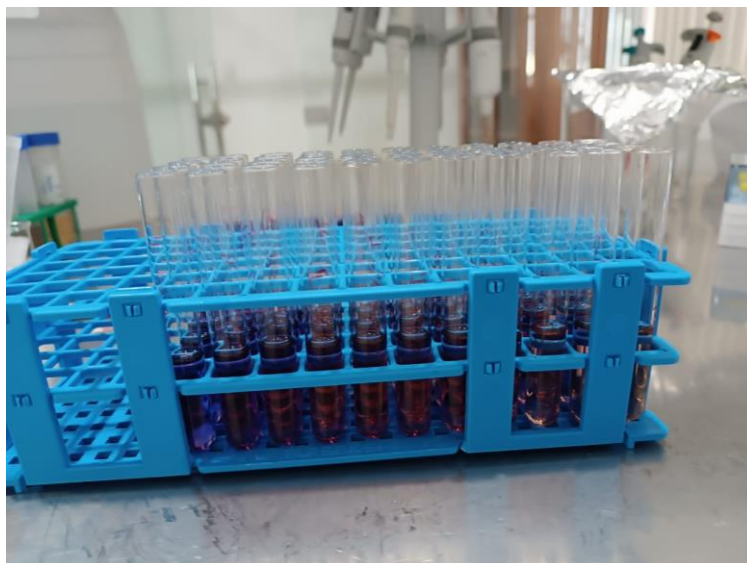
Anexo 8. Moldeado.



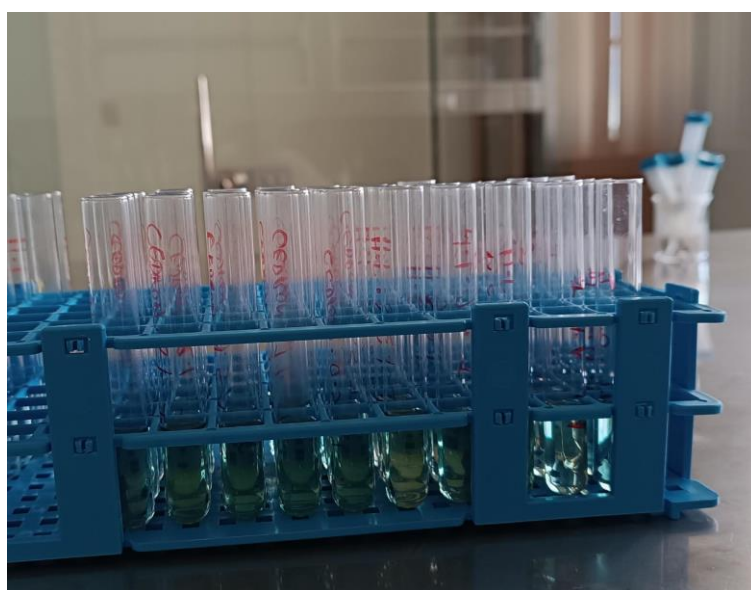
Anexo 9. Producto final: Chocolates.



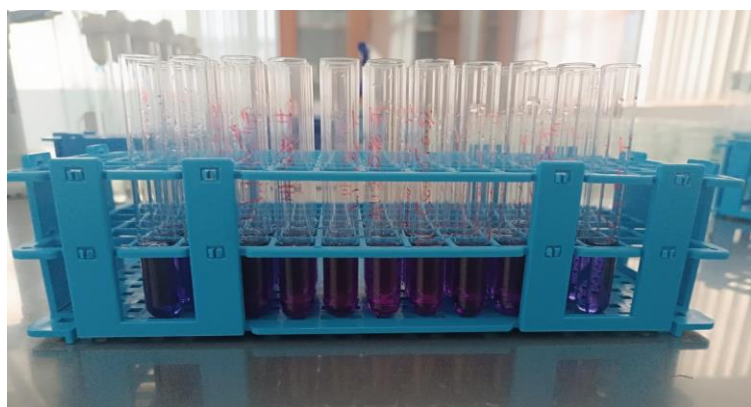
Anexo 10. Capacidad antioxidante por el ensayo DPPH



Anexo 11. Capacidad antioxidante por el ensayo ABTS



Anexo 12. Capacidad antioxidante por el ensayo FRAP



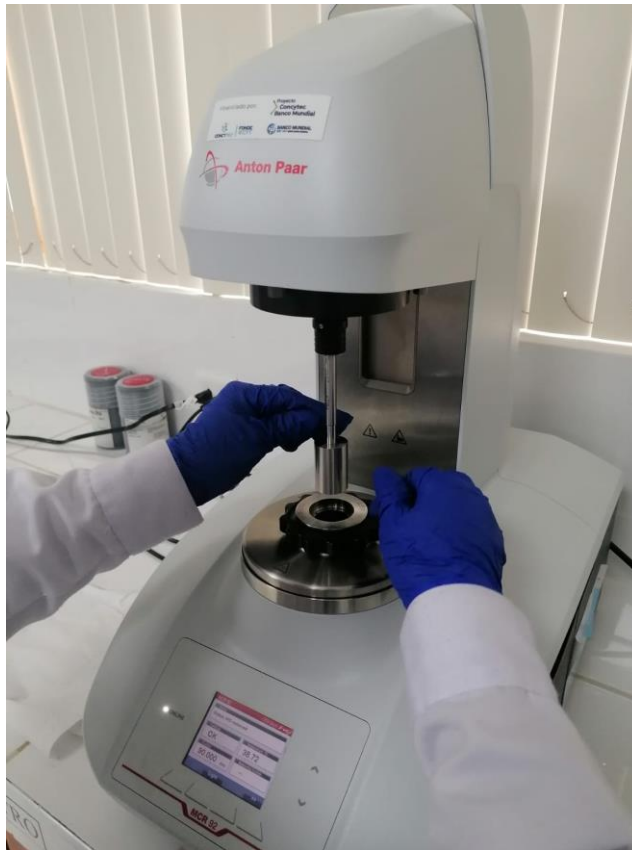
Anexo 13. Fenoles totales



Anexo 14. Textura



Anexo 15. Reología



Anexo 16. Análisis de color



Anexo 17. Análisis sensorial



Anexo 18. Cuantificación por UHPLC

