

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
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**DESARROLLO DE SUSTITUTOS DE LA MANTECA DE
CACAO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE MIEL DE
ABEJA MEDIANTE MICROENCAPSULACIÓN**

Autor: Bach. Kevin Ronald Cueva Rodriguez

Asesora: Mg. Marleni Medina Mendoza

Co-asesores: Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo

Mg. César Rafael Balcázar Zumaeta

Registro: (...)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada principalmente a mis padres Fernando Gabriel Cueva Lezcano y Alida Judith Rodriguez Gil 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

En primer lugar, agradecer a Dios por haberme dado la sabiduría, paciencia, fuerza de voluntad y ser mi guía por el buen sendero para superar obstáculos y protegerme durante todo mi camino. A mis padres por el apoyo incondicional al logro de mis metas planteadas

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, institución a la cual le debo la realización profesional, en especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agraria. Al equipo de investigadores del Laboratorio de Investigación de 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 asesores Ms. Marleni Medina Mendoza, Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo y Ms. César Rafael Balcázar Zumaeta, gracias por el apoyo brindado, la paciencia y orientación durante el desarrollo de mi tesis.

A PROCIENCIA – CONTRATO N°501082378-2023. Proyecto de investigación “DESARROLLO DE CHOCOLATES OSCUROS RESISTENTES AL CALOR INCORPORANDO SUBPRODUCTOS DE MIEL DE ABEJA MICROENCAPSULADOS”. Por el financiamiento de la presente tesis titulada: Desarrollo de sustitutos de la manteca de cacao a partir de subproductos de miel de abeja mediante microencapsulación.

**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 ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada DESARROLLO DE SUSTITUTOS DE LA MANTECA DE CACAO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE MIEL DE ABEJA MEDIANTE MICROENCAPSULACIÓN; del egresado KEVIN RONALD CUEVA RODRIGUEZ de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERIA 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, 27 de AGOSTO de 2024

Firma y nombre completo del Asesor

MARLENI MEDINA MENDOZA

VISTO BUENO DEL CO-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 DESARROLLO DE SUSTITUTOS DE LA MANTECA DE CACAO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE MIEL DE ABEJA MEDIANTE MICROENCAPSULACIÓN; del egresado KEVIN RONALDO CUEVA RODRIGUEZ de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERIA 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, 27 de AGOSTO de 2024

Firma y nombre completo del Asesor
Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo

VISTO BUENO DEL CO-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 DESARROLLO DE SUSTITUTOS DE LA MANTECA DE CACAO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE MIEL DE ABEJA MEDIANTE MICROENCAPSULACIÓN del egresado KEVIN RONALD CUEVA RODRIGUEZ de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERIA 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, 27 de AGOSTO de 2024


Firma y nombre completo del Asesor
César Rafael Bulcázar Zumaeta

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr. Meregildo Silva Ramírez

PRESIDENTE



Ph. D. Armstrong Barnard Fernández Jeri

SECRETARIO



Ms. Guillermo Idrogo Vázquez

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:

DESARROLLO DE SUSTITUTOS DE LA MANTECA DE CACAO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE MIEL DE ABEJA MEDIANTE MICROENCAPSULACIÓN

presentada por el estudiante ()/egresado (X) KEVIN RONALDO CUEVA RODRIGUEZ

de la Escuela Profesional de INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

con correo electrónico institucional 7088909051@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 Septiembre del 2024


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE TURNITIN

DESARROLLO DE SUSTITUTOS DE LA MANTECA DE CACAO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE MIEL DE ABEJA MEDIANTE MICROENCAPSULACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	5%	6%
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	6%
3	Stefanny Valverde Fajardo, Maikol Ramos Madrigal. "Tiempo de elaboración y grado de deformidad de la placa base termoformada, en comparación con la placa base de acrílico de autopolimerización", Odontología Vital, 2019 Publicación	1%
4	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	1%
5	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	www.ssa.gob.mx Fuente de Internet	<1%


M. REGILDO Silva Ramirez

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-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 06 de Setiembre del año 2024, siendo las 09:00 horas, el aspirante: Kevin Ronald Cueva Rodríguez, asesorado por Jayde Marlén Medina Medina, defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: Desarrollo de sustitutos de la masticación de cacao a partir de subproductos de uisol de abeja mediante microencapsulación, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Dr. Mercedes Silva Ramírez
Secretario: Ph.D. Armstrong B. Fernández Teri
Vocal: Mg. Guillermo Febres Vázquez

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 10:10 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Firma]
SECRETARIO

[Firma]
VOCAL

[Firma]
PRESIDENTE

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 CO-ASESOR DE LA TESIS.....	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS.....	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	ix
REPORTE TURNITIN.....	x
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIAL Y MÉTODOS	20
2.1. Muestra.....	20
2.2. Diseño experimental.....	20
2.3. Reactivos Químicos	20
2.4. Métodos y Técnicas.....	20
2.4.1. Extracto de subproductos de cera de abeja y propóleo.....	20
2.4.2. Encapsulación por liofilización	21
2.4.3. Actividad Antioxidante.....	21
2.4.4. Fenoles totales.....	22

2.4.5.	Determinación de Índice de peróxido	22
2.4.6.	Análisis de Color	23
2.4.7.	Fusión y Cristalización	24
2.4.8.	Tamaño de partícula.....	23
2.4.9.	Mezclas binarias de MC con subproductos de miel de abeja microencapsulados	23
2.5.	Procedimiento y presentacion de datos	24
III.	RESULTADOS	25
IV.	DISCUSIÓN	32
V.	CONCLUSIÓN	35
VI.	RECOMENDACIÓN	36
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Arreglo experimental	20
Tabla 2. Índice de peróxido de subproductos puros de cera de abeja y propóleo más subproductos microencapsulados (CAM y PM).....	27
Tabla 3. Índice de color de subproductos puros de cera de abeja más propóleo y subproductos microencapsulados (CAM y PM).....	28
Tabla 4. Índice de blancura de subproductos puros de cera de abeja y propóleo mas subproductos microencapsulados (CAM y PM).....	28
Tabla 5. Tamaño de partícula de subproductos microencapsulados (CAM y PM).	28
Tabla 6. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en cristalización de subproductos puros de cera de abeja y propóleo.....	29
Tabla 7. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en fusión de subproductos puros de cera de abeja y propóleo.	29
Tabla 8. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en cristalización de mezclas binarias (cera de abeja microencapsulado-CAM y manteca cacao-MC).	30
Tabla 9. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en fusión de mezclas binarias (cera de abeja microencapsulado-CAM y manteca de cacao.MC).....	30
Tabla 10. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en cristalización de mezclas binarias (Propóleo microencapsulado-PM y manteca de cacao-MC)	31
Tabla 11. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en fusión de mezclas binarias (Propóleo microencapsulado-PM y manteca de cacao-MC).	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo ABTS de las muestras puras y microencapsulados de Cera de abeja y Propóleo.....	25
Figura 2. Ensayo DPPH de las muestras puras y microencapsulados de Cera de abeja y Propóleo.....	25
Figura 3. Ensayo FRAP de las muestras puras y microencapsulados de Cera de abeja y Propóleo.....	26
Figura 4. Contenido de fenoles totales de muestra puras y microencapsulados de cera de abeja y propóleo.....	27

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se logró caracterizar y microencapsular los subproductos puros de miel de abeja (cera de abeja y propóleo). Los resultados obtenidos mostraron que, al microencapsular estas muestras puras, pierden sus compuestos, disminuyendo su actividad antioxidante y fenoles totales; además, al comparar entre las dos muestras, el que mayor contenido de actividad antioxidante y fenoles totales, es la muestra de propóleo. Conllevando a que el propóleo puro al microencapsularlo, es un sustituto adecuado de la manteca de cacao (MC) por su mayor actividad antioxidante. Asimismo, en el índice de blancura y diferencia de color, se evidenció que al microencapsular los subproductos puros, aumentaban su color, resaltando que el propóleo tenía el color marrón intenso que al comparar con la cera de abeja. No obstante, se demostró que, el índice de peróxido, las muestras aumentaban progresivamente los miliequivalentes cuando se microencapsulaban. Por otro lado, la cristalización y fusión por calorimetría diferencial de barrido de mezclas binarias, con diferentes porcentajes de 5/95 - 10/90 - 15/85 - 20/80 y 25/75 con manteca de cacao (MC) y subproductos de miel de abeja microencapsulados, mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) de ambas mezclas en los picos de cristalización y fusión. Siendo así, que la manteca de cacao (MC), es factible en la sustitución de subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.

Palabras claves: cera de abeja, propóleo, microencapsulación.

ABSTRACT

In this research work, it was possible to characterize and microencapsulate the pure by-products of bee honey (beeswax and propolis). The results obtained showed that, when microencapsulating these pure samples, they lose their compounds, decreasing their antioxidant activity and total phenols; in addition, when comparing between the two samples, the one with the highest content of antioxidant activity and total phenols is the propolis sample. This leads to the conclusion that pure propolis, when microencapsulated, is an adequate substitute for cocoa butter due to its higher antioxidant activity. Likewise, in the whiteness index and color difference, it was evidenced that by microencapsulating the pure by-products, they increased their color, highlighting that propolis had an intense brown color when compared to beeswax. However, it was demonstrated that, peroxide index, the samples progressively increased milliequivalents when microencapsulated. On the other hand, crystallization and melting by differential scanning calorimetry of binary mixtures, with different percentages of 5/95 - 10/90 - 15/85 - 20/80 and 25/75 with microencapsulated MC and bee honey by-products, showed significant differences ($p < 0.05$) of both mixtures in the crystallization and melting peaks. Thus, cocoa butter is feasible in the substitution of microencapsulated beeswax and propolis by-products.

Key words: Beeswax, propolis, microencapsulation.

I. INTRODUCCIÓN

El chocolate, es un producto apreciado y consumido a nivel mundial; que está compuesto por manteca de cacao (MC), pasta, azúcar y leche en polvo (Bölek et al., 2022; Nascimento et al., 2020). La manteca de cacao (MC), al ser un ingrediente fundamental del chocolate, enfrenta desafíos constantes debido a su poca disponibilidad y alto costo. Además, suele derretirse en altas temperaturas de 30 a 38°C, en regiones de climas cálidos. Esta situación ha impulsado a buscar alternativas y soluciones viables como los sustitutos, equivalentes y reemplazos de MC sin comprometer la calidad del producto final Castro-Alayo et al., (2021). Los sustitutos de la manteca de cacao (MC), generalmente son grasas vegetales con una alta resistentes al calor, evitan la floración de grasa, mejora el templado y aumenta la disponibilidad de la manteca de cacao (MC) en regiones de alta temperatura (Bresson et al., 2021; jahurul et al., 2022; Norazlina et al., 2021).

Por este motivo, se utilizan nuevos sustitutos como las grasas o ceras. La cera de abeja, está compuesta por ésteres de cera, hidrocarburos, ácidos grasos libres e hidroxiaácidos que prometen sustituir a la manteca de cacao (MC) por sus diferentes propiedades benéficas, como la mejora de resistencia en temperaturas cálidas y modifica el comportamiento de cristalización de las grasas Cornara et al., (2017). Asimismo, tiene un punto de fusión relativamente alto de 62 a 64°C en comparación con otras grasas, esto significa que permanece sólida a temperatura ambiente y requiere calor para fundirse y volverse líquida Goli et al., (2023). Otra alternativa es el propóleo, una sustancia resinosa debido a la presencia de resina, cera, aceite esencial y polen, está formada por exudados de las plantas (palmeras, pinos, halamos, hayas, alisos) y tiene un color marrón característico (Alghutaimel et al., 2024; Nayak et al., 2023), no se funde a una temperatura específica, sino que se vuelve más suave y flexible a medida que se aplica calor Anjum et al., (2019), hoy en día, revelaron su alta demanda como alimento funcional, atribuyéndole a sus componentes bioactivos y factores biológicos (Anjum et al., 2019). Estos sustitutos se pueden incorporar a la manteca de cacao (MC) de diferentes maneras, como mezclas, interesterificación, fraccionamiento y técnicas mediante la microencapsulación. Esta técnica de microencapsulación desempeña un papel crucial en la optimización de la estabilidad y la liberación controlada de compuestos bioactivos en los productos alimenticios (Amorim et al., 2024). Mediante este proceso, los subproductos de la miel de abeja pueden ser encapsulados de manera eficiente para

preservar sus propiedades funcionales facilitando su integración en la matriz del chocolate y mejorando la calidad final del producto.

En un estudio hecho por Suka et al., (2022), se demostró que la cera de salvado de arroz, aceleró significativamente el templado, la tasa de cristalización y la formación del polimorfo de forma deseable en manteca de cacao (MC), teniendo un punto de fusión más alto en comparación con la MC. Esto significa que la cera de salvado de arroz se asignó de manera adecuada en la mezcla del chocolate. Además, disminuyó la floración en el chocolate negro después de dos semanas de ciclo de temperatura de 25 a 29°C.

En otra investigación estudiaron la sustitución parcial de MC por el oleogel a base de aceite de girasol que redujo significativamente la dureza del chocolate (Espert et al., 2021). La temperatura de fusión del MC disminuyó de 36 °C (chocolate de control) a 33 °C (oleogel de aceite al 2%) y 30 °C (oleogel al 0,5%), lo que indica un efecto del oleogel en la cristalización del MC, aunque estas diferencias no fueron significativas. La concentración más alta de aceite de girasol afectó negativamente los atributos sensoriales del chocolate relacionados con la textura y el sabor, mientras que en formulaciones con concentraciones de 0,5 y 1% de aceite de girasol, los atributos fueron más similares a los del chocolate de control. En conjunto, los resultados indicaron que los oleogeles de aceite de girasol, son una alternativa adecuada para sustituir el MC en el chocolate.

(Joshi et al., 2021), exploró recientemente, el efecto de los procesos de cristalización isotérmicos y dinámicos sobre las propiedades fisicoquímicas y los cambios morfológicos de una amplia gama de mezclas de MC y aceite de coco. Allí se demostró que la MC y aceite de coco tienden a formar una mezcla homogénea de sólidos íntimamente conectados con un 65% en peso de aceite de coco y un 35% en peso de MC. Esto aporta una textura cremosa y puede requerir ajustes en la formulación para evitar problemas de derretimiento y estabilidad del chocolate.

Un estudio anterior realizado por Roufegarinejad et al., (2024), reportó que la cera de carnauba a base de aceite de linaza y girasol en diferentes proporciones de 80/20, 70/30, 50/50, 30/70 y 20/80 sustituyó a la MC mejorando sus características nutricionales como también su alto punto de fusión y su resistencia al agua. Además, comparte las mismas características de la MC, como su sólida a temperatura ambiente y su capacidad para formar una capa protectora en la superficie de los productos.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Muestra

La cera de abeja y el propóleo se adquirió en el Distrito de Cajaruro, Provincia de Utcubamba en la región de Amazonas. Las muestras fueron conducidas al (LIAP) de la (UNTRM), en la cual fueron expuestos a temperatura ambiente para su respectivo análisis.

2.2. Diseño experimental

Factor A: Tipo de microencapsulado.

Tabla 1. Arreglo experimental

Muestra	Tratamientos	Réplicas
Microencapsulado de Cera de abeja (A1)	A1	3 (A1)
Microencapsulado de propóleo (A2)	A2	3(A2)

2.3. Reactivos Químicos

Reactivo de fenol de Folin-Ciocalteu (Sigma Aldrich, EEUU), ácido gálico (Sigma Aldrich, China, $\geq 98\%$), carbonato de sodio (Na_2CO_3) (Spectrum Chemical Mfg. Corp, EEUU, 99.5%), metanol (CH_3OH) (J.T. Baker, EEUU, 99.98%), 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (Sigma Aldrich, EEUU), ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolína-6-sulfónico (ABTS+), persulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$), almidón ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), maltodextrina y Tween 80.

2.4. Métodos y Técnicas

2.4.1. Extractos de subproductos de cera de abeja y propóleo

Para la extracción, se utilizó 1 gramo de muestra y 9 ml de solución metanólica, estas fueron diluidas en un extracto acuoso de 80% - 20% de metanol y agua a temperatura ambiente por 30 min. Seguidamente se agregó 500 μl de éter de petróleo y se llevó al

vortex por 1 minuto. Finalmente, de haber preparado todos los reactivos en el tubo falcón, se utilizó la centrifuga a una temperatura de 22°C, en un tiempo de 10 minutos y a una revolución de 12 mil revoluciones por minuto (Bertotto et al., 2022).

2.4.2. Encapsulación por liofilización

Se realizó mediante el procedimiento explicado por Hadnađev et al., (2023) con algunas variaciones. Se microencapsuló por separado el propóleo y la cera de abeja. Se prepararon soluciones de material de pared, donde el agente encapsulador fue la maltodextrina. Para ello primero se pesó el material de pared (maltodextrina), sabiendo que para 1gr de muestra se utiliza 3,33 ml. En este estudio se pesó 40gr de muestra con 133,2gr de maltodextrina disuelta con 444 ml de agua destilada. Posteriormente se agitó la mezcla hasta su completa dilución y se refrigeró por 24 h, para luego adicionar 6,66 ml de tween 80 como tensioactivo al 5% (V/P) de la masa de encapsulantes. Finalmente, se mezclaron ambas muestras y se agitó durante 5 min en un vortex, se conservó por ultracongelación por 24 horas y se sometieron a procesos de liofilización a 0,008 ámbar y -84°C por 72 horas.

2.4.3. Actividad Antioxidante

a) Ensayo DPPH

Se realizó mediante el ensayo de (radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Se diluyo 35.4 mg de reactivo DPPH en etanol de 96° hasta que la absorbancia de 0.7 unidades. Una vez preparado el reactivo se tomó 100 ul de extracto y 3.9 ml de DPPH, la mezcla se mantuvo en la oscuridad por 30 minutos a temperatura ambiente y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro (SECOMAM, modelo UviLine 9400, fabricado en Francia) a 517 nm, Los experimentos se llevaron a cabo por triplicado (Gültekin-Özgüven et al., 2016).

b) Ensayo ABTS

Se determinó según Rumpf et al., (2023), donde el catión radical ABTS (ABTS+) producirá la reacción de 5 ml de solución acuosa de ABTS (7Mm) con 88 µl de 140 mM de persulfato de potasio, la mezcla se mantuvo en oscuridad por 16h antes de sus uso y después se diluyo con etanol de 96% hasta una absorbancia de 0,7 unidades a 734 nm usando un espectrofotómetro. Luego se utilizó 30 µl de extracto de los subproductos de miel de abeja (cera de abeja y propóleo) con 3 ml de ABTS, se agitó y se dejó en la

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

c) Ensayo FRAP

Se determinó mediante el procedimiento de Schulze 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 FeCl₃, 6H₂O (Cloruro férrico hexahidratado) en una proporción de 10:1:1 ml de cada reactivo. Una vez mezclado todas las proporciones, se colocó 2,7 ml de reactivo FRAP, 90 µl de muestra y 270 µl de agua destilada a los tubos de ensayo. Se incubó a 37 °C durante 7 min. Finalmente se midió la absorbancia a 593 mM usando un espectrofotómetro (marca SECOMAM, modelo UviLine 9400, fabricado en Francia).

2.4.4. Fenoles totales

Para la determinación de compuestos fenólicos, se utilizó el método de (Pantelidis et al., 2013) con algunas modificaciones. Se añadió 2,25 ml de reactivo Folin-Ciocalteu diluido con 0,25 de agua en un matraz, luego se añadió 2 ml de solución saturada de carbonato de sodio y agito por 10s con la ayuda de un vortex. Se aforó con papel aluminio reposando en la oscuridad durante 2 horas, considerando que la determinación de la absorbancia es 760 Mm. Finalmente, se usó un espectrofotómetro (marca SECOMAM, modelo UviLine 9400, fabricado en Francia).

2.4.5. Determinación de Índice de peróxido

Se conoce como el grado de oxidación del aceite. En esta técnica según Ayala Ramírez, (2011), se pesó 2 gramo de subproducto puro y microencapsulado, por separado, en un matraz de 250 ml, en la cual se colocó 10 ml de cloroformo y 15 ml de ácido acético hasta remover y separar la muestra, después se agregó 1 ml de solución saturada de KI (Yoduro de potasio) con pipeta adecuada, se dejó reposar la solución durante 5 minuto y añadimos 50 ml de agua destilada, seguido se utilizó 2 ml de almidón agitando por 5 minutos, hasta la aparición de un color ligeramente amarilla. Se añadió tiosulfato de sodio 0,1 N en un equipo de titulación pizca por pizca con agitación constante, hasta que desaparezca ligeramente el color amarillo del yodo. Finalmente, la determinación del índice de peróxido fue calculado usando posteriormente la formula.

$$IP = \frac{S - B \times N \times 1000}{2 \text{ gramos}}$$

Donde:

IP = es el valor de peróxido (peróxido miliequivalente /1000 g de muestra)

S = mL de tiosulfato de sodio gastados en la titulación de muestra

B = mL de tiosulfato de sodio gastados en la titulación del blanco

N= Volumen normal de la concentración de tiosulfato de sodio.

2.4.6. Análisis de Color

Se tomó las actividades realizadas por Mahato et al., (2022), a cada subproducto, puro y microencapsulado, se midieron 3 veces, usando un colorímetro de la marca (CR-400 Konina Minolta Sensing). Los valores L* (luminosidad/brillo), a* (rojez/verdor) y b* (amarillez/azul). Previamente se calibro con los siguientes estándares (L= 82.2, a = 0.32, b = 0.3268), la diferencia de color total, se obtuvo con la fórmula:

$$WI = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{0.5}$$

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

2.4.7. Tamaño de partícula

De acuerdo con Marina et al., (2023) con algunas modificaciones, usó un analizador de tamaño de partícula (PSD) modelo Anton Paar, Australia, con una cantidad de 100 mg de subproducto microencapsulado de cera de abeja y propóleo, por separado, en la cual fue colocada en el dispersor del analizador. La distribución del tamaño se caracterizó como volumen relativo de partículas. Los datos que se informaron fueron distribución por debajo del 90 % (D₉₀), mediana 50% (D₅₀), distribución por debajo del 10 % (D₁₀).

2.4.8. Mezclas binarias de manteca de cacao (MC) con subproductos microencapsulados

Para determinar las mezclas binarias, se tomó las actividades realizadas por Castro Alayo, (2022) con algunas variaciones, en la cual se mezcló en moldes de silicona de forma de corazón, utilizando el 5% de las diferentes proporciones de cera de abeja microencapsulado (CAM) con manteca de cacao (MC) (CAM-5/MC-95, CAM-10/MC-90, CAM-15/MC-85, CAM-20/MC-80 y CAM-25/MC-75), las mismas proporciones se

realizaron en el propóleo microencapsulado (PM) con manteca de cacao (MC) (PM-5/MC-95, PM-10/MC-90, PM-15/MC-85, PM-20/MC-80 y PM-25/MC-75). Estas mezclas fueron fundidas en un agitador magnético con placa caliente. La mezcla resultante se agitó hasta ser completamente homogénea y juntar a los moldes de silicona para su congelación de 10 minutos y envueltos en papel aluminio.

2.4.9. Comportamiento de fusión y cristalización

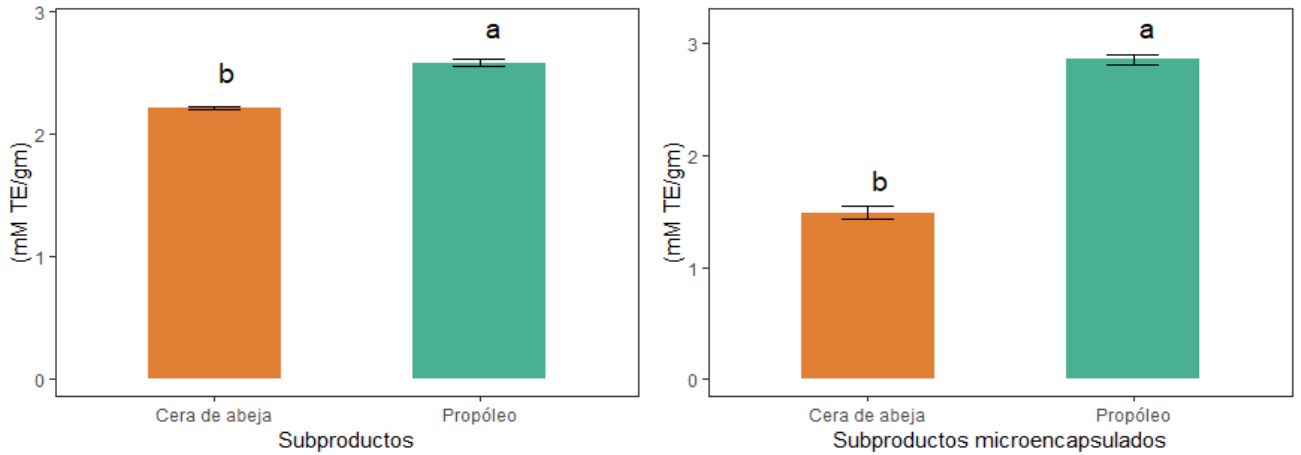
Se determinó mediante el procedimiento de Castro-Alayo et al., (2023), con algunas modificaciones; donde las temperaturas de cristalización y fusión se determinaron con un calorímetro diferencial de barrido (DSC) (TA Instruments, Discovery DSC 2500, New Castle, EE. UU.). Se colocó 3 a 4 mg de subproducto puro y mezclas binarias de CAM/MC y PM/MC por separado en un recipiente de pan de aluminio y sellado herméticamente con una prensa de muestra. Se usó un recipiente vacío como referencia para obtener los ajustes de línea de base y eliminar cualquier memoria de cristal, las muestras se calentaron desde temperatura ambiente de 20°C a 60 °C y se mantuvo por 10 min, se enfrió a 10°C/min hasta -35°C durante 10 min, después se realizó el calentamiento a 10°C/min hasta 60°C. Se empleó el software Trios para determinar las temperaturas de cristalización T_c y derretimiento T_m , los cuales correspondieron a las temperaturas de los picos de cristalización (exotérmica) y fusión (endotérmica) en el termograma de (flujo de calor frente vs temperatura). Asimismo, el inicio (Tonset) y el final (Tendset), se determinaron en cada pico. Por último, el trazado de referencia permitió obtener la entalpía de cada proceso de (cristalización o fusión) como el área del pico.

2.5. 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 diferentes significativas a un nivel de confianza del 95% utilizando el software Rstudio versión 4.2.1.

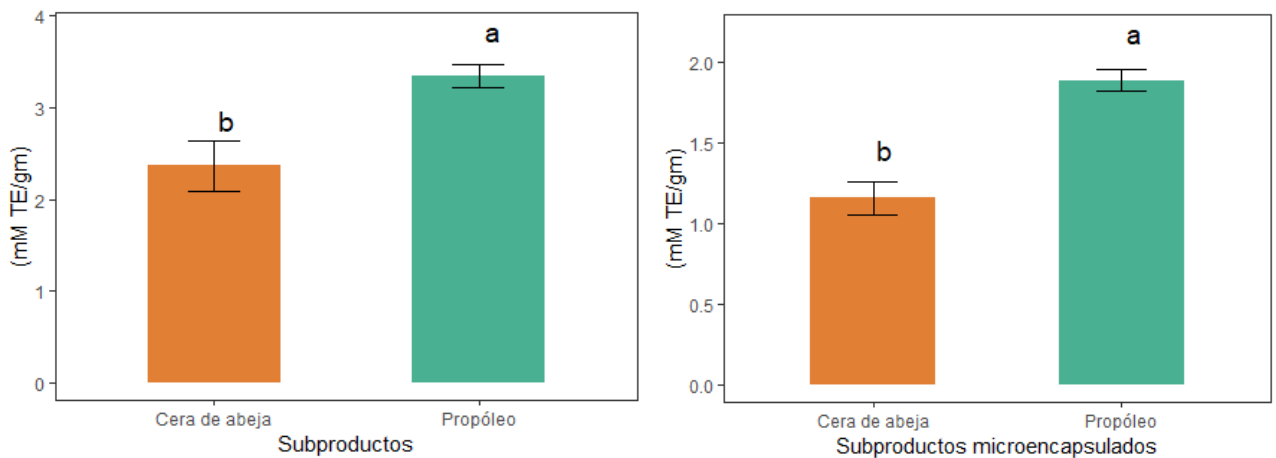
III. RESULTADOS

Figura 1. Ensayo ABTS de subproductos puros y subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.



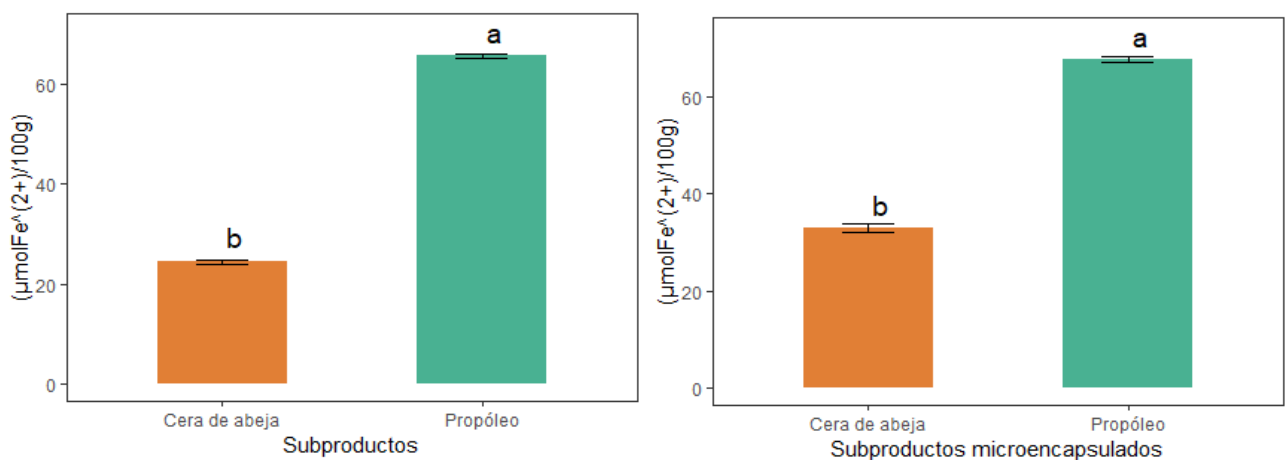
En la Figura 1., Se evidencia que la cera de abeja, en subproducto puro, tiene mayor contenido de actividad antioxidante (2.21 mMTE/gm), a comparación cuando se microencapsula (1.49 mMTE/gm). De la misma manera, el propóleo en subproducto puro (2.58 mMTE/gm) es menor a comparación cuando se realiza la microencapsulación (2.86 mMTE/gm). De esta manera, la muestra de propóleo puro y microencapsulado, tiene mayor actividad antioxidante a comparación de la muestra de cera de abeja.

Figura 2. Ensayo DPPH de subproductos puros y subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.



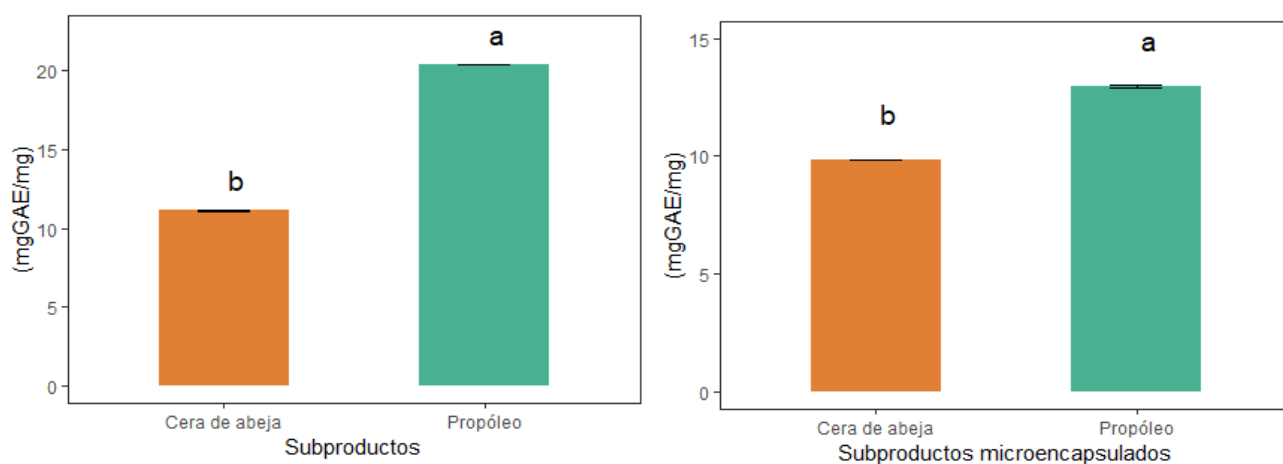
En la Figura 2., Se muestra que la cera de abeja, en muestra pura tiene mayor contenido de actividad antioxidante (2.36 mMTE/gm), a comparación cuando se microencapsula (1.16 mMTE/gm). De la misma manera, el propóleo en muestra pura (3.34 mMTE/gm) es mayor a comparación cuando se realiza la microencapsulación (1.89 mMTE/gm). De esta manera, la muestra de propóleo tiene mayor actividad antioxidante a comparación de la muestra de cera de abeja.

Figura 3. Ensayo FRAP de subproductos puros y subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.



En la figura 3., Se muestra que la cera de abeja microencapsulado (32.9 mMTE/gm) tiene mayor contenido de actividad antioxidante a comparación cuando la muestra está pura (24.5 mMTE/gm). De la misma forma, el propóleo microencapsulado (67.6 mMTE/gm) tiene mayor contenido de actividad antioxidante a comparación de la muestra pura (65.7 mMTE/gm). De esta manera, la muestra de propóleo tiene mayor actividad antioxidante a comparación de la muestra de cera de abeja.

Figura 4. Fenoles totales de subproductos puros y subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.



En la Figura 4., Se muestra que la cera de abeja microencapsulada (9.84 mgGAE/mg) tiene menor contenido de fenoles totales a comparación cuando la muestra está pura (11.1mgGAE/mg). De la misma forma, el propóleo microencapsulado (13 mgGAE/mg) tiene menor contenido de fenoles totales a comparación de la muestra pura (20.4 mgGAE/mg). De esta manera, la muestra de propóleo tiene mayor contenido de fenoles totales a comparación de la muestra de cera de abeja.

Tabla 2. Índice de peróxido de subproductos puros de cera de abeja y propóleo más subproductos microencapsulados (CAM y PM).

Muestra	(meq/g)
Cera de abeja	25.00 ± 5.00 ^a
Propóleo	75.00 ± 5.00 ^b
CAM	51.67 ± 7.64 ^a
PM	80.00 ± 5.00 ^b

En la tabla 2., Se evidencia que en los subproductos puros de cera de abeja y propóleo aumenta progresivamente los miliequivalentes cuando se microencapsulan. Mostrando que, las muestras microencapsuladas tiene un índice mayor de oxidación a comparación de las muestras puras.

Tabla 3. Índice de color de subproductos puros de cera de abeja y propóleo mas subproductos microencapsulados (CAM y PM).

Muestra	ΔE
Cera de abeja	14.66 ± 0.24^a
Propóleo	4.91 ± 0.78^b
CAM	87.59 ± 0.39^a
PM	71.59 ± 0.16^b

En la Tabla 3., se observa que en los subproductos puros de cera de abeja y propóleo, al microencapsularlo incrementa significativamente el índice de diferencia de color. Evidenciando, que al microencapsularlo, mayor es el índice de color.

Tabla 4. Índice de blancura de subproductos puros de cera de abeja y propóleo mas subproductos microencapsulados (CAM y PM).

Muestra	WI
Cera de abeja	14.65 ± 0.24^a
Propóleo	4.89 ± 0.78^b
CAM	84.33 ± 0.24^a
PM	66.44 ± 0.21^b

En la Tabla 4., se observa que en los subproductos puros de cera de abeja y propóleo, al microencapsularlo incrementan significativamente el índice de blancura. Evidenciando, que al microencapsularlo, mayor es el índice de blancura.

Tabla 5. Tamaño de partícula de subproductos microencapsulados (CAM y PM).

Muestra	D_{10} [μm]	D_{50} [μm]	D_{90} [μm]
CAM	0.83 ± 0.73^a	1.07 ± 0.93^a	1.93 ± 0.49^a
PM	3.13 ± 0.02^b	3.74 ± 0.12^b	4.89 ± 0.26^b

En la tabla 5., Se observa que la muestra de propóleo microencapsulado con D₁₀, D₅₀ y D₉₀, tiene diferencias significativas ($p < 0.05$) a comparación con la cera de abeja microencapsulado.

Tabla 6. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en cristalización de subproductos puros de cera de abeja y propóleo.

Muestra	Temperatura inicial (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpia (J/g)
Cera de abeja	13.97 ± 0.13^b	11.32 ± 0.04^b	13.61 ± 0.02^b	64.47 ± 1.03^a
Propóleo	55.51 ± 0.43^a	53.11 ± 0.7^a	53.84 ± 0.35^a	20.96 ± 0.712^b

En la tabla 6., Se muestra los datos de cristalización en calorimetría diferencial de barrido (DSC), la muestra de cera de abeja presento mayor entalpia a comparación del propóleo. Sin embargo, el propóleo obtuvo una temperatura inicial, media y final adecuada en comparación de la cera de abeja.

Tabla 7. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en fusión de subproductos puros de cera de abeja y propóleo.

Muestra	Temperatura inicial (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpia (J/g)
Cera de abeja	13.06 ± 0.05^b	18.25 ± 0.021^b	18.89 ± 0.03^b	79.21 ± 0.916^a
Propóleo	42.96 ± 0.76^a	57.29 ± 0.93^a	59.54 ± 0.12^a	18.36 ± 0.46^b

En la tabla 7., Se muestra los datos de fusión en calorimetría diferencial de barrido (DSC), la muestra de cera de abeja presento mayor entalpia a comparación del propóleo. Sin embargo, el propóleo obtuvo una temperatura inicial, media y final adecuada en comparación de la cera de abeja.

Tabla 8. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en cristalización de mezclas binarias (cera de abeja microencapsulado-CAM y manteca cacao-MC).

Mezclas Binarias	Temperatura inicial (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpia (J/g)
CAM/MC-5/95	13.8 ± 0.015 ^d	12.1 ± 0.030 ^a	13.8 ± 0.031 ^d	52.07 ± 1.89 ^b
CAM/MC-10/90	14.1 ± 0.025 ^c	11.7 ± 0.545 ^a	14.1 ± 0.03 ^c	44.7 ± 0.536 ^b
CAM/MC-15/85	14.1 ± 0.061 ^c	12.1 ± 0.123 ^a	14.1 ± 0.047 ^c	48.7 ± 11.63 ^b
CAM/MC-20/80	14.7 ± 0.072 ^a	12.2 ± 0.114 ^a	14.6 ± 0.055 ^a	50.9 ± 0.559 ^b
CAM/MC-25/75	14.5 ± 0.072 ^b	12.4 ± 0.166 ^a	14.4 ± 0.064 ^b	65.41 ± 6.62 ^b

En la tabla 8., se muestra los datos de cristalización en calorimetría diferencial de barrido (DSC), las muestras binarias de cera de abeja microencapsulado más manteca de cacao, la CAM/MC-25/75 tiene mayor entalpia a comparación de las otras mezclas binarias.

Tabla 9. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en fusión de mezclas binarias (cera de abeja microencapsulado-CAM y manteca de cacao.MC).

Mezclas Binarias	Temperatura inicial (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpia (J/g)
CAM/MC-5/95	21.5 ± 0.229 ^a	17.9 ± 0.057 ^b	21.5 ± 0.07 ^a	59.1 ± 0.486 ^{bc}
CAM/MC-10/90	22.7 ± 1.564 ^a	18.6 ± 0.418 ^a	22.4 ± 1.485 ^a	50.8 ± 2.39 ^c
CAM/MC-15/85	22.7 ± 0.085 ^a	18.7 ± 0.075 ^a	22.2 ± 0.236 ^a	53.44 ± 1.91 ^{bc}
CAM/MC-20/80	22.3 ± 0.425 ^a	18.6 ± 0.083 ^a	22.1 ± 0.58 ^a	60.4 ± 1.522 ^b
CAM/MC-25/75	22.4 ± 0.237 ^a	18.8 ± 0.132 ^a	21.9 ± 0.308 ^a	70.3 ± 6.78 ^a

En la tabla 9., se muestran los datos de fusión en calorimetría diferencial de barrido (DSC), las muestras binarias de cera de abeja microencapsulado más manteca de cacao, la CAM/MC-25/75 tiene mayor entalpia a comparación de las otras mezclas binarias.

Tabla 10. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en cristalización de mezclas binarias (Propóleo microencapsulado-PM y manteca de cacao-MC)

Mezclas Binarias	Temperatura inicial (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpia (J/g)
PM/MC-5/95	15.07 ± 0.10 ^a	11.94 ± 0.37 ^a	14.99 ± 0.13 ^a	51.37 ± 0.61 ^a
PM/MC-10/90	15.11 ± 0.02 ^a	12.01 ± 0.09 ^a	15.04 ± 0.04 ^a	46.38 ± 1.46 ^b
PM/MC-15/85	14.28 ± 0.02 ^b	11.74 ± 0.09 ^a	14.23 ± 0.02 ^b	42.42 ± 0.92 ^c
PM/MC-20/80	13.98 ± 0.19 ^{bc}	11.55 ± 0.16 ^a	13.92 ± 0.17 ^c	41.34 ± 1.49 ^c
PM/MC-25/75	13.94 ± 0.12 ^c	11.99 ± 0.23 ^a	13.9 ± 0.12 ^c	42.08 ± 1.88 ^c

En la tabla 10., se muestran los datos de cristalización en calorimetría diferencial de barrido (DSC), las muestras binarias de propóleo microencapsulado más manteca de cacao, la PM/MC-5/95 tiene mayor entalpia a comparación de las otras mezclas binarias.

Tabla 11. Calorimetría de barrido diferencial (DSC) en fusión de mezclas binarias (Propóleo microencapsulado-PM y manteca de cacao-MC).

Mezclas Binarias	Temperatura inicial (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura final (°C)	Entalpia (J/g)
PM/MC-5/95	22.41 ± 0.69 ^a	19.15 ± 0.39 ^a	22.60 ± 0.62 ^a	62.12 ± 0.72 ^a
PM/MC-10/90	22.21 ± 0.25 ^a	18.62 ± 0.11 ^{ab}	22.15 ± 0.50 ^a	51.71 ± 0.59 ^b
PM/MC-15/85	22.00 ± 0.22 ^a	18.29 ± 0.08 ^b	21.81 ± 0.14 ^a	47.41 ± 0.39 ^b
PM/MC-20/80	21.87 ± 0.39 ^a	18.28 ± 0.08 ^b	22.03 ± 0.41 ^a	49.82 ± 1.93 ^{bc}
PM/MC-25/75	21.78 ± 0.42 ^a	18.28 ± 0.21 ^b	22.05 ± 0.41 ^a	52.31 ± 0.99 ^c

En la tabla 11., se muestran los datos de fusión en calorimetría diferencial de barrido (DSC), las muestras binarias de propóleo microencapsulado más manteca de cacao, la PM/MC-5/95 tiene mayor entalpia a comparación de las otras mezclas binarias.

IV. DISCUSIÓN

Para determinar la capacidad antioxidante es conveniente emplear más de un método, siendo los más comunes ABTS, DPPH y FRAP (Schaich et al., 2015). En nuestra investigación se trabajó con tres ensayos ABTS, DPPH y FRAP. El propóleo se obtuvo rangos de 2.58 mM TE/g subproducto puro y 2.86 mM TE/g subproducto microencapsulado de ABTS, 3.34 mM TE/g subproducto puro y 1.89 mM TE/g subproducto microencapsulado de DPPH. 65.7 mM TE/g subproducto puro y 67.62 mM TE/g subproducto microencapsulado de FRAP. Sin embargo, la cera de abeja obtuvo rangos de 2.21 mM TE/g subproducto puro y 1.48 mM TE/g subproducto microencapsulado de ABTS. 2.36 mM TE/g subproducto puro y 1.16 mM TE/g subproducto microencapsulado de DPPH. 24.47 mM TE/g subproducto puro y 32.87 mM TE/g subproducto microencapsulado de FRAP.

Estos valores obtenidos de capacidad antioxidante, fueron similares y reportados por Andrade et al. (2018), en su investigación de desarrollo de la caracterización de microcápsulas obtenidas de propóleo brasileño marrón, utilizando maltodextrina como material microencapsulante, manteniendo rangos de 11.96 mM TE/g (Abts), 23.09 mM TE/g (Dpph) y 144.87 mM TE/g (Frap). También, en su estudio de Santana et al. (2017) de la evaluación del potencial de compuestos bioactivos y antioxidantes del propóleo marrón de la región noroeste de Brasil reportó el valor de 1.86 mM TE/g (Abts), 4.43 mM TE/g (Dpph) y 47.1 μ molFe²⁺/100g (Frap). Asimismo, Reis et al. (2017) en su investigación, reportaron valores más bajos de 71.84 μ mol TE/g (Abts), 2.31 μ mol TE/g (Dpph) y 3.39 μ molFe²⁺/100g (Frap). La capacidad antioxidante de extractos de propóleo microencapsulado en comparación con los resultados informados en otros estudios, muestra una amplia variación reportada en nuestro estudio con relación a otros podría deberse a los insumos para su preparación del microencapsulado (Tolveet al., 2018) y al tipo y concentración de propóleo utilizado (Osés et al., 2016).

Al evaluar el contenido de fenoles totales en subproductos puros y subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo, hubo una disminución en sus contenidos respecto a los valores de propóleo de 11.11 mgGAE/mg en muestra pura y 9.84 mgGAE/mg microencapsulado; mientras que en cera de abeja de 20.36 mgGAE/mg muestra pura y 12.97 mgGAE/mg microencapsulado; estos valores fueron menores a los reportados por Andrade et al. (2018) en su investigación desarrollo y caracterización de

microcápsulas obtenido de propóleo brasileño marrón, utilizando maltodextrina como material encapsulante oscilo a 23.36 mgGAE/mg. De la misma manera, Gargouri et al., (2024) en su investigación de polvo microencapsulado de propóleo, obtuvo rangos de 29.82 mgGAE/mg. También Santana et al., (2017) en su estudio de la evaluación del potencial de compuestos bioactivos y antioxidantes del propóleo marrón reporto el valor de 55.74 mgGAE/mg. El contenido de fenoles totales puede variar dependiendo de la interacción entre el material encapsulante Pratami et al., (2019), además, de la variación entre los propóleos de varias regiones está relacionada con la flora, el área geográfica, el clima, la estación, así como el tipo de extracción y los solventes utilizados (Wang et al., 2023).

El contenido de índice de peróxido es la respuesta a la reacción entre la grasa y el oxígeno, determinando su estado de oxidación, por ende, proporciona parámetros de su tendencia al enranciamiento (Vinet et al., 2022). En nuestra investigación, se demostró que las muestras puras de los subproductos, tenían menor contenido de miliequivalentes a cuando estas muestras se microencapsulan. Según Alarcón et al. (2019), debido a que los ácidos grasos poliinsaturados se ven afectados por la temperatura, durante el proceso de liofilizado se produce oxidación en algunos de los productos microencapsulados. Por el cual, las muestras no fueron protegidos completamente por el materiales de pared (Altomare et al., 2021).

En diferencia de color “ ΔE ” e índice de blancura “ W_i ”, son parámetros importantes que juega un papel crucial en la aceptabilidad de los productos alimenticios; influyendo en la elección del consumidor por un alimento particular (Koç et al., 2017). Dado que, el microencapsulado de propóleo tenía un color intenso marrón a comparación con la cera de abeja, esta tenía un color blanco (Baysan et al., 2019). En nuestro estudio realizado de subproductos de miel de abeja, la muestra pura de cera de abeja y propóleo tenía menor intensidad que al microencapsular, evidenciando similar datos como en el estudio de Pant et al. (2022), caracterización fisicoquímica de polvo de propóleo encapsulado el índice de blancura del polvo preparado varió de 66,13 a 74,85. De acuerdo con (Santos et al., 2022) el color de microcápsulas puede estar influenciada por la dispersión de compuestos fenólicos durante la liofilización, sin embargo, Hakami et al. (2023) dependiendo de las muestras que son utilizadas para microencapsular son dándole un color más claro e intenso.

El tamaño de partícula es una propiedad básica de un ingrediente en polvo, esto puede afectar negativamente a la textura de las formulaciones dentro del rubro de alimentos (Mei et al., 2022); y según el tamaño y aplicación, podría ser un factor determinante para dejar un componente fuera de la formulación (Paulo et al., 2021). Las partículas obtenidas mediante la técnica de liofilización se midieron en tres diámetros de 10, 50 y 90 micras; obteniendo como resultados que el microencapsulado de cera de abeja tiene mayor diámetro a comparación del microencapsulado de propóleo. Las microcápsulas tenían formas cilíndricas generalmente irregulares y no había grietas en las partículas (Burgut, 2020). La morfología de las microcápsulas puede variar según el material de recubrimiento (Yeşilsu & Özyurt, 2019), el nivel y la viscosidad de la sustancia encapsulada y las técnicas de microencapsulado (Solval et al., 2016).

La fusión y cristalización se realizó mediante mediciones de calorimetría de barrido diferencias para examinar las muestras puras del subproducto de cera de abeja y propóleo, además, de las mezclas binarias de CAM/MC y PM/MC. En función de las curvas DSC, se logró determinar la temperatura inicial, mediana y final, dicha temperatura es un indicador de la susceptibilidad oxidativa, además, de la entalpía (Mohammadi & Ostovar, 2022). En nuestra investigación, el rango de entalpía de mezclas binarias de microencapsulación de cera de abeja y manteca de cacao osciló en cristalización de 44.7-65.41 J/G y fusión de 50.8-70.3 J/G, de la misma manera en las muestras de microencapsulación de propóleo y manteca de cacao osciló en cristalización 41.34–51.37 JG y fusión de 47.41-62.12 J/G. En la investigación de Ruguo et al. (2011) análisis Térmico de Cuatro Ceras de Insectos Basado en Calorimetría Diferencial (DSC) reporto que se varió la temperatura inicial, final y máxima del pico de fusión o cristalización de las ceras debido a su diferente composición. Además, este comportamiento puede estar relacionado con la menor capacidad de secado de liofilización para la encapsulación de pigmentos (Zhu et al., 2022), también por el uso y grosor de material de pared de las microcápsulas (Ramakrishnan et al., 2018).

V. CONCLUSIÓN

Se logró caracterizar y microencapsular los subproductos puros de miel de abeja (cera de abeja y propóleo), evidenciando que se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las propiedades fisicoquímicas. Demostrando, que las muestras puras de subproductos de miel de abeja tienen mayor contenido de actividad antioxidante y de fenoles totales, a diferencia cuando estas se microencapsulan. Además, en el índice de peróxido se evidencia que las muestras de cera de abeja y propóleo aumenta progresivamente los miliequivalentes cuando se microencapsulan. De la misma forma, la muestras microencapsuladas tienen mayor índice de diferencia de color (ΔE) y blancura (W_i) a comparación de las muestras puras.

La incorporación de mezclas binarias del 5% de diferentes porcentajes de 5/95 - 10/90 - 15/85 - 20/80 y 25/75 de subproductos microencapsulados con manteca de cacao (MC), influyó significativamente ($p < 0.05$) en los picos de comportamiento de cristalización y fusión; a diferencia de las muestras puras de los subproductos de miel de abeja. Esto conlleva a que la manteca de cacao (MC), es factible en la sustitución de subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.

VI. RECOMENDACIÓN

Se recomienda desarrollar mayores estudios de subproductos puros y subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo en sustituir a la manteca de cacao (MC).

Desarrollar técnicas de incorporación de diferentes ceras o subproductos como la técnica de microencapsulación y la etapa de la incorporación de los microencapsulados.

Continuar desarrollando técnicas de mezclas binarias, para sustituir la manteca de cacao (MC) con subproductos microencapsulados de cera de abeja y propóleo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Rivera, R., Pérez Camino, M. del C., & Chasquibol Silva, N. (2019). Evaluación de la vida útil de los aceites de Sacha Inchi (*Plukenetia huayllabambana* y *Plukenetia volubilis*) microencapsulados. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 327-337.
- Alghutaimel, H., Matoug-Elwerfelli, M., Alhaji, M., Albawardi, F., Nagendrababu, V., & Dummer, P. M. H. (2024). Propolis Use in Dentistry: A Narrative Review of Its Preventive and Therapeutic Applications. *International Dental Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.01.018>
- Altomare, A., Baron, G., Gianazza, E., Banfi, C., Carini, M., & Aldini, G. (2021). Lipid peroxidation derived reactive carbonyl species in free and conjugated forms as an index of lipid peroxidation: Limits and perspectives. *Redox Biology*, 42, 101899. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2021.101899>
- Amorim, A. F. V. de, Siqueira, S. M. C., Ricardo, N. M. P. S., Almeida Neto, F. W. de Q., Souza, C. A. G. de, Costa, K. B. S., Cunha, A. P., Almeida, R. R. de, Saraiva, G. D., Marinho, E. S., Lima Neto, P. de, Guedes, J. M., Oliveira, L. S., Santos, H. S. dos, & Teixeira, A. M. R. (2024). Microencapsulation of hesperidin with galactomannan biopolymer: Structural, vibrational and thermal analysis. *Materials Letters*, 357, 135784. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.135784>
- Andrade, J. K. S., Denadai, M., Andrade, G. R. S., da Cunha Nascimento, C., Barbosa, P. F., Jesus, M. S., & Narain, N. (2018). Development and characterization of microencapsules containing spray dried powder obtained from Brazilian brown, green and red propolis. *Food Research International*, 109, 278-287. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.048>

- Anjum, S. I., Ullah, A., Khan, K. A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M. A., Tahir, M., Ansari, M. J., Ghramh, H. A., Adgaba, N., & Dash, C. K. (2019). Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695-1703. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.08.013>
- Ayala Ramírez, M. J. (2011). *Evaluación de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír plátano hartón verde*. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8796>
- Baysan, U., Elmas, F., & Koç, M. (2019). The effect of spray drying conditions on physicochemical properties of encapsulated propolis powder. *Journal of Food Process Engineering*, 42(4), e13024. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13024>
- 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>
- Bresson, S., Lecuelle, A., Bougrioua, F., El Hadri, M., Baeten, V., Courty, M., Pilard, S., Rigaud, S., & Faivre, V. (2021). Comparative structural and vibrational investigations between cocoa butter (CB) and cocoa butter equivalent (CBE) by ESI/MALDI-HRMS, XRD, DSC, MIR and Raman spectroscopy. *Food Chemistry*, 363, 130319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130319>
- Burgut, A. (2020). Effects of Propolis Extracts on Biogenic Amine Production by Food-Borne Pathogens. *KAFKAS ÜNİVERSİTESİ VETERİNER FAKÜLTESİ DERGİSİ*, 26(2). <https://doi.org/10.9775/kvfd.2019.22718>
- Carlize Bertotto, Ana Paula Bilck, Fabio Yamashita, Ana Paula Bilck a, Ofelia Anjos, Fabio Yamashita b, , Ofelia Anjos c d, , El Sr. Abu Bakar Siddique y, , Sabine

- Martina Harrison y , Nigel Patrick Brunton y , & Solange Teresinha Carpes. (2022). *Development of a biodegradable plastic film extruded with the addition of a Brazilian propolis by-product*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113124>
- Castro Alayo, E. M. (2022). *Estudio del proceso de cristalización y polimorfismo de la manteca de cacao en la cadena de fabricación de chocolate oscuro a partir de cacao (Theobroma cacao L.) variedad Criollo*.
- Castro-Alayo, E. M., Balcázar-Zumaeta, C. R., Torrejón-Valqui, L., Medina-Mendoza, M., Cayo-Colca, I. S., & Cárdenas-Toro, F. P. (2023). Effect of tempering and cocoa butter equivalents on crystallization kinetics, polymorphism, melting, and physical properties of dark chocolates. *LWT*, *173*, 114402. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114402>
- Castro-Alayo, E. M., Torrejón-Valqui, L., Cayo-Colca, I. S., & Cárdenas-Toro, F. P. (2021). Evaluation of the Miscibility of Novel Cocoa Butter Equivalents by Raman Mapping and Multivariate Curve Resolution–Alternating Least Squares. *Foods*, *10*(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/foods10123101>
- Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic Properties of Bioactive Compounds from Different Honeybee Products. *Frontiers in Pharmacology*, *8*, 412. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00412>
- dos Santos Silva, M. E., de Oliveira, R. L., Sousa, T. C. de A., Grisi, C. V. B., Ferreira, V. C. da S., Porto, T. S., Madruga, M. S., Silva, S. P. da, & Silva, F. A. P. da. (2022). Extracto microencapsulado rico en fenólicos de orujo de uva de procesamiento de jugo (*Vitis labrusca*. Isabella Var): Efectos sobre la estabilidad oxidativa de la hamburguesa bovina cruda y precocida. *Food Bioscience*, *50*, 102212. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102212>

- Espert, M., Hernández, M. J., Sanz, T., & Salvador, A. (2021). Reduction of saturated fat in chocolate by using sunflower oil-hydroxypropyl methylcellulose based oleogels. *Food Hydrocolloids*, *120*, 106917. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106917>
- Gargouri, W., Elleuche, M., Fernández-Muiño, M. A., Sancho, M. T., & Osés, S. M. (2024). Microencapsulated propolis powder: A promising ingredient of chewing gum. *Powder Technology*, *440*, 119777. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.119777>
- Goli, S. A. H., Rezvani, M., & Abdollahi, M. (2023). Beeswax and monoglycerol-based oil foam: Effect of oil type and oleogelator concentration on physicochemical, rheological properties and storage stability. *Food Structure*, *37*, 100343. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2023.100343>
- Gültekin-Özgüven, 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-Lješkovčić, 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>
- Hakami, A., Biswas, P. K., Stefanakos, E. K., & Srinivasan, S. S. (2023). 4—Microencapsulation of thermochromic color switching and phase change materials. En K. Pielichowska & K. Pielichowski (Eds.), *Multifunctional Phase*

Change Materials (pp. 229-253). Woodhead Publishing.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85719-2.00011-0>

jahurul, M. R., Jahurul, M. H. A., Hasmadi, M., Mansoor, A. H., Norliza, J., Patricia, M., Ramlah George, M. R., Noorakmar, A. W., Lee, J. S., & Fan, H. Y. (2021). Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *116*, 102-114.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.016>

Joshi, B. L., Graf, R., Gindra, S., & Vilgis, T. A. (2021). Effect of different derivatives of paraffin waxes on crystallization of eutectic mixture of cocoa butter-coconut oil. *Current Research in Food Science*, *4*, 784-799.

<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.10.010>

Koç, M., Baysan, U., Devseren, E., Okut, D., Atak, Z., Karataş, H., & Kaymak-Ertekin, F. (2017). Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *42*, 109-119. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.06.010>

Mahato, D., Jadhav, S., Mukurumbira, A., Keast, R., Liem, D. G., Shah, R., & Gamlath, S. (2022). Physicochemical properties and microbial safety of reduced-sugar chocolate-flavored milk. *Journal of Food Processing and Preservation*.

<https://doi.org/10.1111/jfpp.16409>

Marina Cano-Lamadrid, Lorena Martínez-Zamora, & Noelia Castillejo. (2023). Ultrasound-assisted ethanolic extraction of punicalagin from pomegranate by-products influenced by cultivar, pre-drying treatment, particle size, and temperature. *LWT*, *186*, 115236. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115236>

Mei, L., Ji, Q., Jin, Z., Guo, T., Yu, K., Ding, W., Liu, C., Wu, Y., & Zhang, N. (2022). Nano-microencapsulation of tea seed oil via modified complex coacervation with

- propolis and phosphatidylcholine for improving antioxidant activity. *LWT*, *163*, 113550. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113550>
- Mis Solval, K., Bankston, J. D., Bechtel, P. J., & Sathivel, S. (2016). Physicochemical Properties of Microencapsulated ω -3 Salmon Oil with Egg White Powder. *Journal of Food Science*, *81*(3), E600-E609. Scopus. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13228>
- Mohammadi, N., & Ostovar, N. (2022). Essential oil composition of *Polylophium involucreatum* and evaluation of antioxidant capacity of seeds ethanolic extracts by DSC. *Food Chemistry Advances*, *1*, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100066>
- 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>
- Nayak, G., Sahu, A., Bhuyan, S. K., Bhuyan, R., Kar, D., & Kuanar, A. (2023). A comparative study on antioxidant activity of propolis ethanolic extract and oil from different agroclimatic regions of Eastern India. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *50*, 102685. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102685>
- Norazlina, M. R., Jahurul, M. H. A., Hasmadi, M., Mansoor, A. H., Norliza, J., Patricia, M., Ramlah George, M. R., Noorakmar, A. W., Lee, J. S., & Fan, H. Y. (2021). Trends in blending vegetable fats and oils for cocoa butter alternative application: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *116*, 102-114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.016>

- Osés, S. M., Pascual-Maté, A., Fernández-Muiño, M. A., López-Díaz, T. M., & Sancho, M. T. (2016). Bioactive properties of honey with propolis. *Food Chemistry*, *196*, 1215-1223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.050>
- Pant, K., Thakur, M., Chopra, H. K., & Nanda, V. (2022). Encapsulated bee propolis powder: Drying process optimization and physicochemical characterization. *LWT*, *155*, 112956. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112956>
- Pantelidis, G., Vasilakakis, M., Manganaris, G., & Diamantidis, G. (2013). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, *102*, 773-778. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021>
- Paulo, F., Paula, V., Estevinho, L. M., & Santos, L. (2021). Propolis microencapsulation by double emulsion solvent evaporation approach: Comparison of different polymeric matrices and extract to polymer ratio. *Food and Bioprocess Technology*, *127*, 408-425. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.03.019>
- Pratami, D. K., Mun'im, A., Yohda, M., Hermansyah, H., Gozan, M., Putri, Y. R. P., & Sahlan, M. (2019). Total phenolic content and antioxidant activity of spray-dried microcapsules propolis from *Tetragonula* species. *AIP Conference Proceedings*, *2085*(1), 020040. <https://doi.org/10.1063/1.5095018>
- Ramakrishnan, Y., Adzahan, N. M., Yusof, Y. A., & Muhammad, K. (2018). Effect of wall materials on the spray drying efficiency, powder properties and stability of bioactive compounds in tamarillo juice microencapsulation. *Powder Technology*, *328*, 406-414. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.12.018>
- Reis, A. S. dos, Diedrich, C., Moura, C. de, Pereira, D., Almeida, J. de F., Silva, L. D. da, Plata-Oviedo, M. S. V., Tavares, R. A. W., & Carpes, S. T. (2017). Physicochemical characteristics of microencapsulated propolis co-product extract and its

- effect on storage stability of burger meat during storage at $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 306-313. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.033>
- Roufegarinejad, L., Dehghani, S., Bakhshi, S., Toker, O. S., Pirouzian, H. R., & Khiabani, A. H. (2024). Oleogelation of sunflower-linseed oils with carnauba wax as an innovative strategy for shortening substitution in cakes. *Food Chemistry*, 437, 137745. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137745>
- Ruguo, Z., Hua, Z., Hong, Z., Ying, F., Kun, L., & Wenwen, Z. (2011). Thermal Analysis of Four Insect Waxes Based on Differential Scanning Calorimetry (DSC). *Procedia Engineering*, 18, 101-106. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.016>
- 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>
- Santana, J. K., Denadai, M., de Oliveira, C. S., Nunes, M. L., & Narain, N. (2017). Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. *Food Research International*, 101, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.066>
- Schaich, K. M., Tian, X., & Xie, J. (2015). Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays. *Journal of Functional Foods*, 14, 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.043>
- Schulze, 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>

- Suka, N., Thangaraju, S., Naik, G. M., Ashish Rawson, & Natarajan, V. (2022). Assessment of physicochemical, functional, thermal, and phytochemical characteristics of refined rice bran wax. *Food Chemistry*, 396, 133737. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133737>
- 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>
- Vinet, J., Tréguier, S., Levasseur-Garcia, C., Calmon, A., & Violleau, F. (2022). Iodine and Peroxide Index Rapid Determination by Mid- and Near-infrared Spectroscopy in Ozonated Sunflower Oil and Ozonated Fats. *Ozone: Science & Engineering*, 44(4), 337-350. <https://doi.org/10.1080/01919512.2021.1938969>
- Wang, Y., Zhang, Q., Cui, M.-Y., Fu, Y., Wang, X.-H., Yang, Q., Zhu, Y., Yang, X.-H., Bi, H.-J., & Gao, X.-L. (2023). Aroma enhancement of blueberry wine by postharvest partial dehydration of blueberries. *Food Chemistry*, 426, 136593. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136593>
- Yeşilsu, A. F., & Özyurt, G. (2019). Oxidative stability of microencapsulated fish oil with rosemary, thyme and laurel extracts: A kinetic assessment. *Journal of Food Engineering*, 240, 171-182. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.021>
- Zhu, J., Li, X., Liu, L., Li, Y., Qi, B., & Jiang, L. (2022). Preparation of spray-dried soybean oil body microcapsules using maltodextrin: Effects of dextrose equivalence. *LWT*, 154, 112874. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112874>

ANEXOS

Panel fotográfico

Anexo 1. Cera de abeja pura



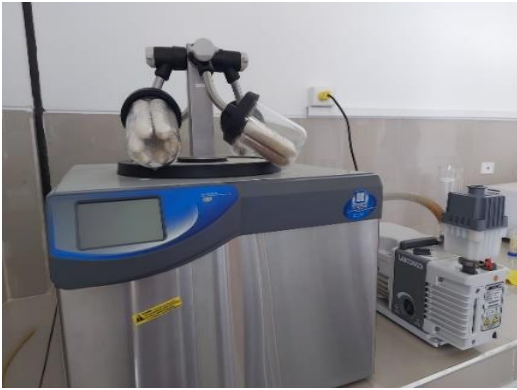
Anexo 2. Propóleo puro



Anexo 3. Extracción de cera de abeja y propóleo



Anexo 4. Microencapsulación de cera de abeja y propóleo



Anexo 5. Actividad antioxidante por el método DPPH ABTS Y FRAP



Anexo 6. Contenido de fenoles totales



Anexo 7. Índice de peróxidos



Anexo 8. Índice de color



Anexo 9. Tamaño de partícula



Anexo 10. Mezclas binarias de MC y subproductos microencapsulados



Anexo 11. Resultado final: Subproductos microencapsulados mas MC



Anexo 12. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

