

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias  
Alimentarias



**Microencapsulación de aceite esencial de canela  
(*Cinnamomum verummicro*) como conservante en pan de  
molde andino**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

**Autor:**

Bach. Andy Lazo Laurente  
Bach. Jeisy Sarahit Herrera Delgado

**Asesor:**

Ph.D. Silvia Pilco Quesada

Lima, diciembre del 2023

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Silvia Pilco Quesada, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**MICROENCAPSULACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum Verummicro*) COMO CONSERVANTE EN PAN DE MOLDE ANDINO**” de los autores Andy Lazo Laurente y Jeisy Sarahit Herrera Delgado tiene un índice de similitud de 9% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 27 días del mes de diciembre del año 2023.



---

Ph.D. Silvia Pilco Quesada

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **27 días** día(s) del mes de **diciembre** del año 2023 siendo **las 09:00 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro**, el secretario: **Dr. Santiago Ramírez López**, y los demás miembros: **Ing. Sady Lourdes Haro Casildo**, y el asesor: **Ph.D. Silvia Pilco Quesada**; con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verummicro*) como conservante en pan de molde andino".

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **ANDY LAZO LAURENTE**

.....b) **JEISY SARAHER HERRERA DELGADO**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

*(Nombre del Título profesional)*

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **ANDY LAZO LAURENTE** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>Aprobado</b>	<b>17.3</b>	<b>B+</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

Candidato (b): ..... **JEISY SARAHER HERRERA DELGADO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>Aprobado</b>	<b>17.3</b>	<b>B+</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

(\*) *Ver parte posterior*

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



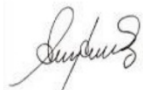
Presidente  
Dr. Rodrigo Alfredo  
Matos Chamorro



Secretario  
Dr. Santiago Ramírez  
López



Asesor  
Ph.D. Silvia Pilco  
Quesada



Miembro  
Ing. Sady Lourdes Haro  
Casildo



Miembro



Candidato/a (a)  
Andy Lazo Laurente



Candidato/a (b)  
Jeisy Sarahit Herrera  
Delgado

## ÍNDICE

Resumen .....	5
Abstract.....	6
1. Introducción .....	6
2. Materiales y métodos .....	8
2.1. Lugar de ejecución.....	8
2.2. Materia prima.....	9
2.3. Métodos de análisis.....	9
2.3.1. Extracción del aceite esencial de canela.....	9
2.3.2. Caracterización del aceite esencial de canela .....	9
2.3.3. Microencapsulación de aceite esencial.....	10
2.3.4. Caracterización del microencapsulado .....	11
2.3.5. Elaboración de pan molde .....	13
2.3.6. Determinación de vida útil .....	14
2.4. Diseño experimental .....	15
3. Resultados y discusiones.....	15
3.1. Caracterización de aceite esencial de canela .....	15
3.2. Caracterización del microencapsulado de aceite esencial de canela .....	16
3.2.1. Análisis fisicoquímicos .....	16
3.2.2. Morfología de microcápsulas .....	17
3.3. Estudio de vida útil .....	18
3.3.1. Humedad.....	18
3.3.2. Acidez.....	19
3.3.3. pH .....	20
3.3.4. Recuento de mohos y levaduras .....	21
3.4. Análisis sensorial .....	22
4. Conclusión.....	23
5. Referencias.....	24

## **Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) como conservante en pan andino**

### **Microencapsulation of cinnamon (*Cinnamomum verum*) essential oil as a preservative in Andean bread**

#### **Resumen**

En la actualidad se conoce que los conservantes sintéticos usados por la industria panificadora pueden generar problemas en la salud del consumidor por tal motivo se busca alternativas naturales. El presente estudio tuvo como objetivo microencapsular aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) y evaluar su propiedad conservante en pan con granos andinos. El aceite esencial fue obtenido mediante el método de hidrodestilación por arrastre de vapor, para su caracterización se realizó el análisis de rendimiento, densidad y residuo de evaporación. Se microencapsuló en aceite esencial usando el método de secado por aspersion con maltodextrina (13%), goma arábiga (36%) y almidón de maíz modificado (51%) como agentes encapsulantes. Para la caracterización de las microcápsulas se analizó la humedad, densidad aparente, eficiencia y morfología por microscopía electrónica de barrido. Los panes fueron elaborados con una sustitución parcial de harina de trigo por un 15% de harinas sucedáneas y las microcápsulas de aceite esencial de canela en las proporciones de 0.5%, 1% y 1.5%. También se evaluó la vida útil de los panes para evaluar la efectividad de las microcápsulas, a través del monitoreo de humedad, pH, acidez, mohos y levaduras. Para evaluar la aceptabilidad sensorial del producto se utilizó el método Just About Right (JAR). Se demostró que la aplicación del tratamiento mínimo de 0.5% de microcápsulas desarrolla un efecto antimicrobiano en pan andino prolongando su vida útil hasta 28 días; además, este tratamiento presentó una buena aceptabilidad en todos sus atributos sensoriales. Las microcápsulas del aceite esencial de canela presentan un alto potencial como conservante natural que puede ser aplicado en diversos productos.

**Palabras claves:** Microscopía electrónica, hidrodestilación, microcápsulas, granos andinos.

## **Abstract**

It is currently known that synthetic preservatives used by the baking industry can cause problems for consumer's health, which is why natural alternatives are being sought. The objective of the present study was to microencapsulate cinnamon essential oil (*Cinnamomum verum*) and evaluate its preservative properties in sliced bread with Andean grains. The essential oil was obtained by the steam hydrodistillation method, and yield, density, and evaporation residues were analyzed for its characterization. It was microencapsulated in essential oil using a spray drying method with maltodextrin (13%), gum arabic (36%), and modified corn starch (51%) as encapsulating agents. To characterize the microcapsules, humidity, apparent density, efficiency, and morphology were analyzed by scanning electron microscopy. The breads were made with a partial replacement of wheat flour with 15% substitute flour and microcapsules of cinnamon essential oil in the proportions of 0.5%, 1%, and 1.5%. The shelf life of the bread was also evaluated to evaluate the effectiveness of the microcapsules by monitoring humidity, pH, acidity, molds, and yeasts. The Just About Right (JAR) method was used to evaluate the sensory acceptability of the product. It was demonstrated that applying the minimum treatment of 0.5% of microcapsules develops an antimicrobial effect in Andean sliced bread, prolonging its shelf life by up to 28 days. In addition, this treatment presented good acceptability in all its sensory attributes. Cinnamon essential oil microcapsules have high potential as a natural preservative that can be applied in various products.

**Keywords:** Electron microscopy, hydrodistillation, microcapsules, Andean grains.

## **1. Introducción**

Desde su creación, el pan es un alimento que forma parte de la dieta básica de las familias. Al día de hoy el pan tiene una gran aceptabilidad en todo el mundo y gracias a ello existe un mercado diversificado (Hernando, 2012). Sin embargo, en las últimas décadas se ha asociado algunas enfermedades no transmisibles al consumo de pan como la obesidad, hipertensión y diabetes (Bueno, Bueno y Moreno, 2019). Esta problemática no está relacionado directamente al pan sino a los carbohidratos presentes en harinas refinadas (FAO 2013), sodio y conservantes sintéticos que constituyen su receta (Cajaleón, 2021). Los conservantes sintéticos son ampliamente usados en la industria alimentaria, Meza y Ríos (2020) mencionan que los más utilizados por las empresas panificadoras debido a

su efectividad son los propionatos y sorbatos. Sin embargo, estudios en ratones realizados por Tirosh *et al.* (2019) demuestran que el consumo prolongado de dosis bajas de propionato promueve a largo plazo el aumento gradual de peso y resistencia a la insulina. Así mismo, Ibáñez, Torre e Irigoyen (2003) concluyen que concentraciones superiores a 25mg/kg- peso de sorbato pueden causar diarrea y cálculos renales a largo plazo.

Por otra parte, los conservantes sintéticos tradicionales pueden ser reemplazados por ciertos aceites esenciales ya que existen estudios e investigaciones de autores como Pérez *et al.* (2010) y Swamy Akhtar y Sinniah (2016) que avalan su efectividad como antimicrobianos. Por ejemplo, el aceite esencial del ajo (*Allium sativum L.*) posee actividad antifúngica contra la *Alternaria tenuissima* gracias a sus compuestos dialil-sulfuro (20.33%) y dialil-disulfuro (23.64%) (Muy-Rangel, Osuna-Valle y García-Estrada, 2017). De forma similar, el aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) contiene mentona (24.24%) y pulegona (36.68%) los cuales actúan como antibacteriano y antimicótico especialmente contra *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhi* y *Candida albicans* (Campo *et al.*, 2017). Así mismo, el lianol (34%) presente en el aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) goza de un efecto antimicrobiano y antimicótico contra *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Aspergillus Niger* (Arcila-Lozano, Loarca-Piña, Lecona-Urbe y González de Mejía, 2004). Igualmente, el aceite esencial de laurel (*Laurus nobilis*) posee actividad antimicrobiana contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* por efecto de sus compuestos cineol (40.91%), alfa-pineno (5.82%) y beta-pineno (4.55%) (Centurion, 2017).

El aceite esencial de canela posee actividad antimicrobiana (Singh, Nathawat y Avtar, 2023), gracias a sus compuesto bioactivos entre los cuales destacan los polifenoles contenidos en un 90%, cinamaldehído (60-75%), vitaminas (A, B, K y C), minerales (K, Ca, Na, Mg, Mn), Antioxidantes (Trasn-cinamaldehído, cis-cinamaldehído, eugenol, linalol, carvacol, limoneno y cimeno) (Riós , Quintero, Piloni, Cariño y Reyes, 2023). El eugenol presente en un 16.57% , cinamaldehído (64.9%) y benzoato de bencilo (0.49%) presentes en el aceite esencial de canela permiten su actividad antimicrobiana y actúan contra *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella anatum*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* y *Penicillium spp* (Galarza y Quimi, 2020).

Sin embargo, al tratarse de un compuesto orgánico está expuesto a sufrir el deterioro de sus propiedades bioactivos y para contrarrestar ello Rodríguez-Hernández, Aragüez-Fortes y Pinoa, (2021) afirman que la microencapsulación es una técnica eficaz de conservación; de mismo modo, Ban *et al.* (2020) mencionan que la microencapsulación aumenta la estabilidad del aceite esencial y controla la liberación de sus compuestos bioactivos. La microencapsulación es un proceso donde las partículas de la sustancia activa (sólido, líquido o gaseoso) son cubiertas por uno o más materiales que forman una película protectora o pared (Reyes, 2021), el método más usado en la industria alimentaria para la microencapsulación es el secado por aspersion dado que otorga una producción continua a menor costo (Bajac *et al.*, 2022).

Esta alternativa de conservación tiene un gran potencial para su uso en la industria panificadora; a modo de innovación, la elaboración de un pan con granos andinos es una buena opción para aprovechar sus propiedades nutricionales de las harinas sucedáneas tales como alto contenido de proteínas, antioxidantes, fibra dietética (soluble e insoluble), aminoácidos esenciales, micronutrientes (hierro y calcio) y vitaminas (B1, B2, B3, B6, B9, C y E) (Roldán, Omote-Sibina, Molleda y Olivares, 2022). Al igual de revalorizar recursos naturales del Perú; puesto que, los procesos de producción incluyen materias primas oriundas, mediante el cual contribuyen al desarrollo tecnológico económico de las comunidades productoras. Además, el método de extracción y microencapsulación del aceite esencial, no presenta peligro para la salud; por tanto, el objetivo de la investigación fue microencapsular el aceite esencial de canela en concentraciones de 0.5, 1 y 1.5% como conservante en pan de molde andino.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Lugar de ejecución**

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Peruana Unión (UPeU) sede Lima; la elaboración del producto y la extracción de aceite esencial de canela se realizaron en el centro de aplicación de ciencia y tecnología de alimentos (CITAL), la microencapsulación se efectuó en el laboratorio de procesos de la E.P. de Ingeniería de Industrias Alimentarias, los estudios fisicoquímicos y microbiológicos se ejecutaron en los centros de investigación de ciencias de alimentos (CICAL) y ciencias

biológicas de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, Por último, el análisis sensorial se llevó a cabo en el campus de la UPeU- Lima.

## **2.2. Materia prima**

Se utilizó 1.5 kg de corteza de canela (*Cinnamomum verum*) adquirida del Mercado Central del Cercado de Lima, importada de India. Además, para la elaboración del pan de molde andino se utilizó harina de kiwicha de la variedad (INIA 430 – Imperial) procedente del departamento de Cuzco, harina de cañihua de la variedad (INIA 406 – Ilpa) y harina de quinua de la variedad (INIA 415 – Pasankalla) procedentes de la región de Puno.

## **2.3. Métodos de análisis**

### **2.3.1. Extracción del aceite esencial de canela**

Se aplicó el método de destilación por arrastre de vapor con un equipo Clevenger siguiendo el procedimiento de Aguilar (2018). Se comenzó realizando una molienda y tamizado (500  $\mu$ m) luego se insertó 300 g de canela molida en el balón de fondo plano con capacidad de 1000 ml y se enrazó con 650 ml de agua. Posteriormente, el balón contenido de canela molida se instaló en el destilador adaptado a una cocina eléctrica sin contacto para someterse a calor por radiación. A medida que el tubo recolector se llenaba con el destilado, se recolectaba el hidrolato en un matraz Erlenmeyer dejando solo el aceite, el proceso de extracción fue ejecutado 5 veces. El aceite finalmente fue sustraído en un envase ámbar al finalizar la destilación.

### **2.3.2. Caracterización del aceite esencial de canela**

#### **a. Rendimiento**

En la Norma Técnica Peruana 319.079 (NTP, 2016a), la cual menciona que el resultado se expresa en % y se obtiene dividiendo la cantidad de aceite esencial obtenido (ml) por 100 entre el peso de la muestra (g).

#### **b. Densidad relativa**

Se determinó por el método picnométrico de la Norma Técnica Peruana 279:2011 (NTP-ISO, 2016) El resultado se expresa en g/mL a T° de 20°C.

### c. Residuo de evaporación (%)

La determinación del residuo de evaporación se llevó a cabo según el método para aceites esenciales de la Norma Técnica Peruana 319.089.1974 (NTP, 2016b). En un crisol se pesó 1g de aceite esencial y se llevó a baño maría (Memmert, WN10, Alemania) serie L311005 durante 60 minutos a 80 °C, una vez transcurrido el tiempo se dejó enfriar en un desecador y se pesó la muestra. Los resultados se obtuvieron dividiendo el peso del residuo (g) entre el peso de la muestra (g).

### 2.3.3. Microencapsulación de aceite esencial

El método aplicado fue secado por atomización o aspersión con un atomizador (BUCHI, B- 290, Suiza), el sistema de secado se muestra de manera ilustrativa en la **Figura 1**. Como aglomerantes se empleó goma arábiga, maltodextrina, almidón modificado, agua destilada y aceite esencial de canela.

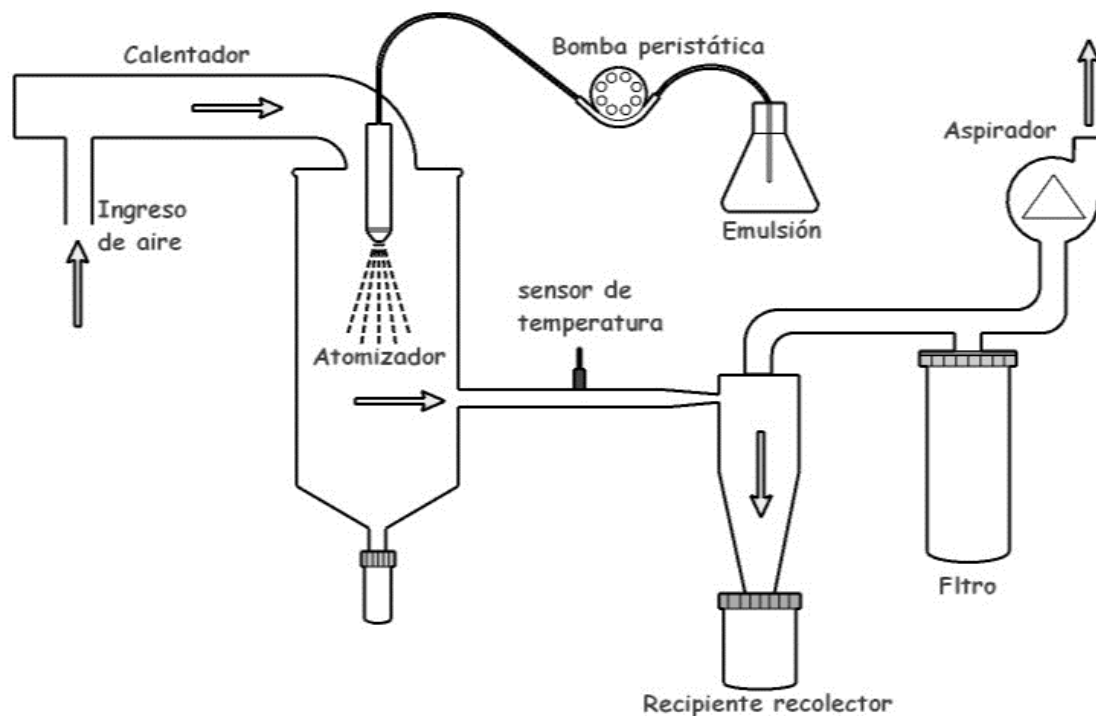


Figura 1 Sistema de microencapsulación por atomización

#### **a. Elaboración de la emulsión**

La formulación fue basada en Alvarenga *et al.* (2012) con algunas modificaciones, los agentes encapsulantes o materiales de pared fueron maltodextrina en un 13%, goma arábica 36% y almidón de maíz modificado 51%.

Inicialmente, se homogenizó los materiales de pared con agua destilada en un equipo de ultrasonido (Branson, CPX2800, Estados Unidos) durante 20 minutos y luego con un agitador magnético térmico (Nuova, SP18420-26, Estados Unidos) a 80 °C y 400 rpm por 10 minutos. Finalmente, se añadió el aceite esencial de canela a la solución y se continuó hasta conseguir una emulsión completamente homogénea. La emulsión estuvo constituida por 90 % de agua destilada, 9% de materiales de pared y 1% de aceite esencial de canela.

#### **b. Secado por atomización**

Los parámetros utilizados fueron basados en el estudio de Huayllahuamán (2019), los cuales fueron: temperatura de aire de entrada 185°C y de salida 120 °C, potencia de aspiración 95%, bomba peristáltica de alimentación 18% y caudal de alimentación 1 L/h.

### **2.3.4. Caracterización del microencapsulado**

#### **a. Rendimiento de microencapsulado**

El rendimiento se expresó en porcentaje y se calculó multiplicando la cantidad de microencapsulado obtenido por 100, dividido por la suma de material de pared y aceite esencial. La cantidad de microencapsulado obtenido del secado por atomización se pesaron en la balanza analítica (OHAUS, PA313, China).

#### **b. Humedad**

Se siguió el método gravimétrico 950.27 de la AOAC (2005), el análisis se realizó por triplicado utilizando un analizador de humedad (AND, MX50, Japón).

#### **c. Densidad aparente**

Se pesó 2g de microencapsulado en una probeta de 10ml, se dio 2 golpes suaves y finalmente se midió el volumen reposando la probeta en una superficie plana. El resultado se calculó dividiendo el peso del microencapsulado sobre el volumen final (g/cm<sup>3</sup>) (Sanchez, 2016). La prueba se realizó por triplicado.

#### **d. Eficiencia microencapsulación (MEE)**

López (2018) determinó la metodología para calcular la eficiencia de microencapsulación considerando el contenido de aceite total y el contenido de aceite superficial. La cual fue utilizada mediante la siguiente fórmula:

$$MEE = \frac{\text{Aceite total} - \text{Aceite superficial}}{\text{Aceite total (mL)}} * 100$$

- **Cantidad de aceite superficial**

El procedimiento utilizado fue de Abdul *et al.* (2022) con algunas modificaciones. Se elaboró un embudo con papel filtro y en ello se pesó 0.5 g de microencapsulado. Luego se acomodó el embudo en una probeta de 25 ml y se lavó 5 veces la muestra con 1 ml de éter de petróleo por cada repetición; por último, se esperó la evaporación del solvente y se pesó la probeta. El análisis se realizó por triplicado y el resultado se calculó dividiendo el peso del aceite sobre el peso del microencapsulado. El análisis se realizó por triplicado y el resultado se calculó dividiendo el peso del aceite sobre el peso del microencapsulado.

- **Cantidad de aceite total**

La metodología empleada para determinar la cantidad de aceite total fue basada en lo desarrollado por Abdul *et al.* (2022). Se pesó 0.5 g de microencapsulado en un vaso precipitado de 50 ml, se disolvió la muestra con 5ml de etanol agitando levemente, se homogenizó con un agitador magnético (OXFORD BENCH, MHS-10, Estados Unidos) durante 15 minutos a 400 rpm, posteriormente se adicionó 5ml de éter de petróleo, homogenizando continuamente hasta lograr una separación de fases y se vertió el sobrenadante en una placa Petri previamente tarada, este proceso se repitió por 5 veces. Por último, se pesó las placas una vez evaporado completamente el solvente. El análisis se realizó por triplicado y el resultado se calculó dividiendo el peso del aceite sobre el peso del microencapsulado.

#### **e. Morfología de microcápsulas**

Se realizó una microscopía electrónica de barrido (SEM) (Carl Zeiss, EVO 10, Alemania), utilizando el software Smart SEM versión 5.09. En el Centro de Investigación de la

Facultad de Ciencias (CIFC) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y las imágenes se tomaron del tamaño de 1,2,10 y 20  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.5. Elaboración de pan molde

Se elaboraron panes de molde con una sustitución del 15 % de harina de trigo por harina de granos andinos (8% harina de cañihua, 3% quinua y 4% kiwicha) la receta completa se presenta en la **Tabla 1**.

Tabla 1

*Receta para elaboración de pan de molde con harina de granos andinos.*

Ingredientes	Porcentaje	Pesos (g)		
		T0.5	T1	T1.5
Harina de trigo	85.0%	1912.5	1912.5	1912.5
Harina de cañihua	8.0%	180.0	180.0	180.0
Harina de kiwicha	4.0%	90.0	90.0	90.0
Harina de quinua	3.0%	67.5	67.5	67.5
Agua	50.0%	1125.0	1125.0	1125.0
Azúcar	9.0%	202.5	202.5	202.5
Sal	4.0%	90.0	90.0	90.0
Manteca	10.0%	225.0	225.0	225.0
Mejorador	1.0%	22.5	22.5	22.5
Levadura	4.0%	90.0	90.0	90.0
Leche en polvo	1.0%	22.5	22.5	22.5
MAEC	0.5 – 1 – 1.5%	11.3	22.5	33.8

Se pesaron los insumos en una balanza (Henkel, BQ2001, Alemania), luego en el amasado primero se agregó la mezcla de harinas, manteca, aceite, azúcar, leche en polvo, mejorador, levadura y agua; se mezcló durante 10 minutos, luego se añadió el microencapsulado de aceite esencial de canela (MAEC) a fin de no interactuar con la levadura y se continuó amasando durante 5 minutos hasta formar la red de gluten. Seguidamente se pesó y dividió la masa en porciones de 310g, se boleó y formó en forma cilíndrica con las puntas ovaladas, las cuales se pusieron en moldes previamente engrasadas y se dejó fermentar en una cámara a 36 °C durante 2 horas. Transcurrido el tiempo se procedió a hornear a una temperatura de 180 °C durante 15 minutos. Las cantidades de insumos usados se muestra en la siguiente tabla.

### **2.3.6. Determinación de vida útil**

#### **2.3.6.1. Análisis fisicoquímicos**

##### **a. Humedad**

Con un analizador de humedad (AND, MX50, Japón) se usó el método gravimétrico 950.27 establecido por la AOAC (2005), el análisis se realizó por triplicado.

##### **b. Acidez**

Se realizó por el método de volumétrico/titulación 942 de la AOAC (1984). La determinación se realizó por triplicado y los gastos se anotaron para calcular la acidez expresada en ácido sulfúrico.

##### **c. pH**

Siguiendo el método 981.12 establecido por la AOAC (2015) se midió la alícuota directamente con un potenciómetro (OHAUS, ST 20, China), el análisis se realizó por triplicado.

#### **2.3.6.2. Análisis microbiológicos**

##### **a. Recuento de mohos y levaduras**

Fue utilizado el método 21527-2 de la norma ISO (2008) para productos con actividad de agua ( $a_w$ ) menor o igual a 0,95 con el método de recuento en placas para mohos y levaduras en agar Glucosado con Oxitetraciclina (OGA).

#### **2.3.6.3. Análisis sensorial**

El estudio se realizó dentro de la Universidad Peruana Unión (UPeU) sede Lima con 70 panelistas entre varones y mujeres con edades comprendidas entre 14 y 64 años. Se evaluaron 4 muestras de pan con una variación en la formulación de 0.5 %, 1% y 1.5% y sin aceite esencial de canela respectivamente mediante el método Just About Right (JAR) la escala utilizada fue de 1 (demasiado poco) a 5 (demasiado), los atributos evaluados fueron: color, sabor y suavidad. Así mismo la aceptabilidad general del producto se realizó con la Guía General Para la Realización de Pruebas Hedónicas según el método 11136:2021 de la ISO (2021), la escala utiliza fue de 1 (me disgusta mucho) a 5 (me gusta mucho) y los atributos evaluados fueron: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general.

## **2.4. Diseño experimental**

Se realizó un diseño completamente aleatorio (DCA) donde se consideró como variables independientes a los días de conservación en base a cada tratamiento (0.5, 1 y 1.5 % de MAEC) y como variables dependientes los análisis de humedad, pH, acidez, mohos y levaduras. Se aplicó un análisis de variancia (ANOVA) y prueba de Tukey para los días de almacenamiento ( $p < 0.05$ ) con el software Minitab (versión 2019), los resultados se presentaron con media  $\pm$  desviación estándar.

## **3. Resultados y discusiones**

### **3.1. Caracterización de aceite esencial de canela**

El rendimiento obtenido fue del 1.763 % lo cual se traduce en 28.2 ml a partir de 1.6 kg de canela molida; en comparación con Jácome (2019) obtuvo un rendimiento de 1.670% empleando 60g de canela en trozos y 1000 ml de agua durante 24 horas a 300 °C, de igual forma, Vargas (2019) reportó un rendimiento de 1.667% empleando 150 g de canela molida y 1000 ml de agua durante 4 horas a 99 °C, por lo contrario Montero-Recalde, Revelo, Aviles-Esquivel, Valle y Guevara-Freire, (2017) reportaron un rendimiento de tan solo 0.67% utilizando 3kg de canela y 250 ml de agua. La variación de los resultados se debe principal a la relación de agua y canela en el proceso; es decir, cuando se utilice mayor cantidad de agua y menor cantidad de materia prima se obtendrá un mejor rendimiento.

Por otro lado, la densidad obtenida fue de 1.051 g/ml, en comparación con otros autores Vargas (2019) reportó una densidad de 1.045 g/ml y Echeverria y Porta (2021) hallaron una densidad de  $1.046 \pm 0.002$  g/ml ambos para aceite esencial de canela, los valores son cercanos a lo obtenidos.

Finalmente el residuo de evaporación fue del 87%, en comparación con otros autores, Camacho (2011) reportó 83.500% para aceite esencial de muña, Plaza y Ricalde (2015) hallaron 76.743 % para aceite esencial de molle, ambos autores empleando el método de baño maría; se observa que el residuo de evaporación varía en cada tipo de aceite esencial, un valor bajo indica presencia excesiva de sustancias volátiles y un valor alto presencia de sustancias con alto punto de ebullición (García, 1961).

## **3.2. Caracterización del microencapsulado de aceite esencial de canela**

### **3.2.1. Análisis fisicoquímicos**

A partir de 1300 ml de emulsión se obtuvo un rendimiento del 76% con una eficiencia del 94%, las microcápsulas presentaron una humedad de 5.92% y densidad de 0.308 g/ml, empleando parámetros de atomización mencionados en la metodología.

López (2018) reportó un rendimiento del 57.500% en aceite esencial de canela utilizando 20% de aceite esencial de canela y 10% de materiales de pared (75% de goma arábica y 25% de almidón de maíz) mediante de método de secado por atomización con una T° de entrada de 160 °C, T° de salida 65 °C y flujo de entrada 0.32m<sup>3</sup>/min. De manera similar, Figueroa, Ceballos y Hurtado, (2016) reportaron un rendimiento máximo del 91.8% con una eficiencia del 53.3% en microencapsulación de aceite esencial de mora mediante el método de secado por aspersión, empleando 12.5 g de masterdry (mezcla de almidones modificados y goma arábica) para 2.5 g de aceite esencial y atomizaron con una T° de entrada: 200°C, Velocidad de aire: 11 m/s y Caudal: 5 ml/min. Así mismo, comparando con Aparicio (2021) reportó un rendimiento del 75.910% en aceite esencial de salvia (al 20%) empleando 60% de ácido esteárico, 10% de ácido oleico y 10% de aceite de coco como material de pared mediante el método de secado por Spray chilling con los siguientes parámetros: T° entrada 7°C, T° de salida 19 °C y flujo de pulverización 800L/h; se observa diferencias en los resultados cuando se varía los parámetros de atomización y agentes encapsulantes.

Con respecto al % de humedad, el valor obtenido se encuentra dentro del rango reportado por Alarcón, Pérez y Chasquibol (2019) el cual fue de 2.400 a 6.360% en microcápsulas de aceite esencial de sachá inchi; sin embargo, Huayllahuamán (2019) reportó una humedad 7.84 a 10.20 % en microcápsulas de aceite esencial de muña y López (2018) logró un 7.240% de humedad en microcápsulas de aceite esencial de canela. Tonon, Grosso y Hubinger (2011) argumentan que la humedad de las microcápsulas será influenciada por la concentración de goma arábica utilizada en la emulsión, debido al tamaño grande de sus moléculas que impiden la propagación de las moléculas agua.

Por otra parte, la densidad del microencapsulado obtenido es semejante a los valores de microcápsulas de aceite esencial de orégano y romero reportados por Alvarenga *et al.* (2012) y Fernandes *et al.* (2013) los cuales fueron 0.338 y 0.310 g/ml respectivamente ,

estos valores son influenciados por el tamaño de partícula de los agentes encapsulantes y temperaturas de secado (Gómez y Jiménez, 2014).

Por último, Paola, León, Osorio, Torrenegra y Roperó (2017) lograron una eficiencia del 98.890 % en microcápsulas de aceite esencial de canela mediante el método de secado por aspersión, de forma similar Larico y Hayamamani (2022) reportaron una eficiencia del 98.000% en microcápsulas de aceite esencial de romero empleando el método de secado por liofilización. Para lograr altos porcentajes de eficiencia es necesario poner a punto los parámetros de atomización, como la temperatura de alimentación, temperatura de entrada de aire, temperatura de salida de aire y velocidad de alimentación; además de la elección de los materiales de pared para la microencapsulación (Rios y Gil, 2021).

### **3.2.2. Morfología de microcápsulas**

Las microfotografías de la muestra analizada se presentan en la **Figura 2**, en ellas se evidencian microcápsulas con formas esféricas irregulares y rugosas las cuales oscilan entre 3.4 y 12  $\mu\text{m}$  de tamaño de partícula. La morfología obtenida es similar a lo presentado por Flores (2017) en la que describe formas irregulares, algunas con superficies lisas y otras con deformaciones similares a cráteres para microcápsulas de aceite esencial de orégano obtenida por secado por aspersión y con materiales de pared goma arábica, maltodextrina y almidón modificado.

Da Silva *et al.* (2023) obtuvieron microcápsulas de aceite esencial de (*Schinus terebinthifolius*) de formas circulares con aparente ausencia de poros y un tamaño de partícula de 5 a 10  $\mu\text{m}$ , debido a la cobertura completa del núcleo por los materiales de pared empleados (maltodextrina y goma arábica). Por otra parte, Maulidna, Wirjosentono, Tamrin y Marpaung (2020) evidenciaron una morfología lisa con menor aglomeración de las microcápsulas de aceite esencial de jengibre mediante micrografías SEM (método de secado por aspersión) con materiales quitosano y fibra de residuo de tronco de palma aceitera.

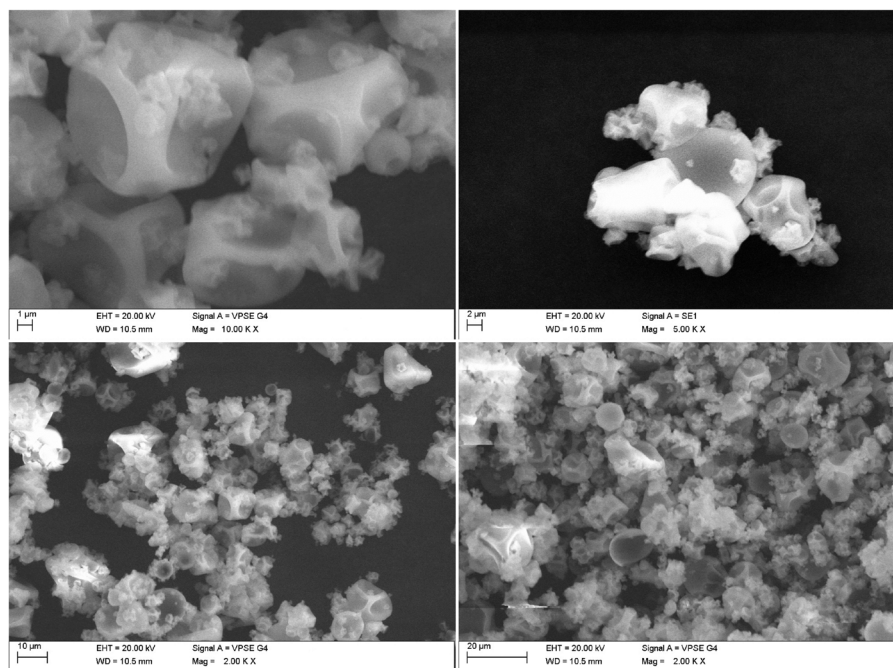


Figura 2 Microscopía electrónica de barrido (SEM) de aceite esencial de canela microencapsulado.

### 3.3. Estudio de vida útil

#### 3.3.1. Humedad

En la **Tabla 2** se presentan los valores de humedad obtenidos de cada tratamiento durante 28 días, los valores obtenidos no superan los límites máximos permisibles establecidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010 (MINSA, 2010).

Tabla 2

*Resultados del porcentaje de humedad para cada tratamiento*

Día	T0.5 (%)	T1 (%)	T1.5 (%)
1	35.50 ± 0.41 <sup>a</sup>	35.14 ± 0.04 <sup>a</sup>	34.27 ± 0.49 <sup>a</sup>
4	32.48 ± 0.21 <sup>b</sup>	30.94 ± 1.23 <sup>b</sup>	31.43 ± 0.70 <sup>b</sup>
8	31.11 ± 1.51 <sup>bc</sup>	30.60 ± 0.66 <sup>b</sup>	31.14 ± 0.67 <sup>b</sup>
12	29.19 ± 1.42 <sup>cd</sup>	30.18 ± 0.77 <sup>bc</sup>	30.46 ± 0.34 <sup>b</sup>
16	28.38 ± 0.69 <sup>cd</sup>	29.36 ± 0.31 <sup>bcd</sup>	30.60 ± 0.59 <sup>b</sup>
20	27.94 ± 0.41 <sup>d</sup>	29.03 ± 0.28 <sup>bcd</sup>	28.30 ± 0.49 <sup>c</sup>
24	27.74 ± 0.26 <sup>d</sup>	28.19 ± 0.21 <sup>cd</sup>	27.72 ± 0.24 <sup>c</sup>
28	27.55 ± 0.35 <sup>d</sup>	27.45 ± 0.32 <sup>d</sup>	26.77 ± 0.40 <sup>c</sup>

Nota: Superíndices distintos indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), según el método de Tukey.

Se evidencia un descenso en los valores; el comportamiento de los tres tratamientos al pasar de los días es similar; la pérdida de humedad para el tratamiento T0.5, T1 y T1.5 fue de 7.950%, 7.693% y 7.500% respectivamente. Basándose en lo mencionado por Calaveras (2004), este comportamiento puede ser asociado a la retención de agua en el horneado y almacenado por parte del material de pared del MAEC y al porcentaje del mismo aplicado para cada tratamiento en la elaboración del pan.

Además; Ribeiro, De Barros, Alvarenga, Vilela y Umbelina (2014) evaluaron la humedad de masas frescas durante 12 días y obtuvieron menor pérdida de humedad (3.36%) en el tratamiento con microcápsulas de aceite esencial en comparación al tratamiento con aceite esencial directo el cual presentó una pérdida del (5.87%). Por otro lado, Bustamante (2022) reportó una pérdida de humedad del 6.539% en pan blanco de molde a los 21 días aplicando propionato de calcio como conservante y usando bolsas de polipropileno en el envasado.

### 3.3.2. Acidez

En la **Tabla 3** se observa un ascenso gradual de la acidez conforme el paso de los días, el tratamiento T0.5 elevó de 0.07% a 0.14%, T1 de 0.07% a 0.14% y T1.5 de 0.08% a 0.13%. Ningún tratamiento evaluado durante 28 días excede el valor de 0.5% de ácido sulfúrico que establece la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010 (MINSA, 2010).

Tabla 3

*Resultados de acidez para cada tratamiento en función a los días de almacenamiento*

Día	T0.5	T1	T1.5
1	0.07 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>b</sup>
4	0.07 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.08 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.09 ± 0.01 <sup>ab</sup>
8	0.09 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.09 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.10 ± 0.00 <sup>ab</sup>
12	0.09 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.09 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>ab</sup>
16	0.10 ± 0.00 <sup>bc</sup>	0.10 ± 0.00 <sup>bc</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>ab</sup>
20	0.10 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>abc</sup>	0.10 ± 0.01 <sup>ab</sup>
24	0.12 ± 0.02 <sup>ab</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.12 ± 0.02 <sup>ab</sup>
28	0.14 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.13 ± 0.01 <sup>a</sup>

Nota: Superíndices distintos indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), según el método de Tukey.

Al obtener valores similares con cada tratamiento se observó que la acidez se ve influenciado por los días de almacenamiento mas no por el porcentaje de MAEC. Este comportamiento es demostrado por Hurtado (2016) en pan de molde blanco elaborado con distintos porcentajes de pre fermentos para extender su vida útil, donde obtuvo valores similares independientemente de los tratamientos. Por otro lado, Bustamante (2022) obtuvo en 21 días de almacenamiento un aumento de acidez de 0.20 a 0.25% de en pan de molde blanco con propionato de calcio.

### 3.3.3. pH

En la **Tabla 4** muestra que tratamiento T1.5 tuvo una menor acidificación y por tanto presentó un descenso menor de pH con respecto a los demás tratamientos. Mientras que, el T0.5 y T1 tuvieron una disminución de 5.92 a 5.55 y de 5.92 a 5.56 respectivamente. Yasmeen *et al.* (2023) evaluaron vida útil durante 9 días con películas comestible con nanopartículas de ZnO (óxido de zinc) como conservante y comprobaron que la variación de pH no presenta diferencias significativas en las muestras con tratamiento de recubrimientos. Así mismo, Hernández (2011) evaluó pH en pan de molde blanco durante 16 días y obtuvo una disminución del pH de 5.70 a 5.46 para el tratamiento con propionato y de 5.41 a 5.32 para el tratamiento con Biocitro, ambos con una concentración de 1500 ppm.

Tabla 4

*Resultados de pH para cada tratamiento en función a los días de almacenamiento.*

DIA	T0.5	T1	T1.5
1	5.92 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.92 ± 0.00 <sup>a</sup>	5.93 ± 0.02 <sup>a</sup>
4	5.89 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.86 ± 0.02 <sup>a</sup>	5.80 ± 0.01 <sup>b</sup>
8	5.73 ± 0.01 <sup>b</sup>	5.74 ± 0.03 <sup>b</sup>	5.76 ± 0.03 <sup>b</sup>
12	5.71 ± 0.04 <sup>bc</sup>	5.68 ± 0.03 <sup>bc</sup>	5.75 ± 0.02 <sup>b</sup>
16	5.67 ± 0.04 <sup>bcd</sup>	5.74 ± 0.02 <sup>b</sup>	5.67 ± 0.03 <sup>c</sup>
20	5.64 ± 0.04 <sup>cde</sup>	5.66 ± 0.02 <sup>bc</sup>	5.62 ± 0.02 <sup>cd</sup>
24	5.59 ± 0.03 <sup>de</sup>	5.63 ± 0.01 <sup>cd</sup>	5.61 ± 0.02 <sup>cd</sup>
28	5.55 ± 0.04 <sup>e</sup>	5.56 ± 0.05 <sup>d</sup>	5.59 ± 0.05 <sup>d</sup>

Nota: Superíndices distintos indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), según el método de Tukey

### 3.3.4. Recuento de mohos y levaduras

Durante un periodo de 28 días de almacenamiento ningún tratamiento excede los límites críticos de  $10^3$  UFC de mohos y levaduras establecidos por la Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N° 1020-2010 (MINSa, 2010).

Se logró el tiempo descrito en la **Tabla 5** utilizando microcápsulas de aceite esencial de canela, debido que la microencapsulación promueve una liberación gradual controlada del aceite esencial de canela durante el almacenamiento del producto (Rodríguez *et al.*, 2021). Sumado a ello, Ribeiro *et al.* (2014) demostraron una mayor efectividad utilizando la técnica de microencapsulación; puesto que, encontraron una cantidad menor de hongos con microencapsulado de aceite esencial de romero en comparación a la aplicación del aceite esencial directo en masas frescas a los 12 días de almacenamiento.

Rubio (2017) afirma que el aceite esencial de canela es más eficaz que el aceite esencial de orégano incluso en un tratamiento con menor concentración (0.2%) cuando son aplicados en el proceso de amasado para la elaboración de pan integral. Esto se puede demostrar, al comparar los resultados obtenidos por Flores (2017), quien logró conservar pan de molde durante 21 días aplicando aceite esencial de orégano; mientras que, utilizando microencapsulado de aceite esencial de canela en concentraciones de 0.5%.1% y 1.5% se logró la conservación de un pan de molde andino hasta 28 días.

Tabla 5

*Cantidad de UFC/g obtenidos para cada tratamiento durante 28 días*

<b>Día</b>	<b>T0.5</b>	<b>T1</b>	<b>T1.5</b>	<b>UND</b>
1	0	0.00	0	UFC/g
4	1.67	0.00	0.00	UFC/g
8	3.33	3.33	1.67	UFC/g
12	8.33	11.67	5.00	UFC/g
16	30.00	43.33	25.00	UFC/g
20	105.00	83.33	63.33	UFC/g
24	156.67	131.67	98.33	UFC/g
28	236.67	228.33	198.33	UFC/g

### 3.4. Análisis sensorial

En la **Figura 3** se observa los porcentajes de los niveles JAR reducido en tres escalas para cada tratamiento de microencapsulado de aceite esencial de canela en pan de molde andino (Patrón, T0.5, T1 y T1.5). La muestra patrón fue considerada por consumidores como “JAR” en un 77%, 61% y 49%, en los atributos de color, olor y suavidad respectivamente. Sin embargo, el atributo “sabor a granos” fue considerado como “Demasiado” por un 41% de consumidores. Por otro lado, los consumidores en la muestra del T0.5 indicaron que estuvo “Justo como les gusta – JAR en todos los atributos de color, olor, suavidad y sabor a grano en un 74%, 67%, 60 y 56% respectivamente. La muestra del T1, en el atributo color la mayoría de los consumidores indicaron como “JAR” (63%), al igual que los atributos de suavidad (44%) y sabor a granos (50%), en cambio con el atributo olor fue considerado como “demasiado poco” (39%). Por último, la muestra T1.5 que estuvo “JAR” por un 60%, 61%, 47% y 50% de consumidores en los atributos de color, olor, suavidad y sabor a granos respectivamente.

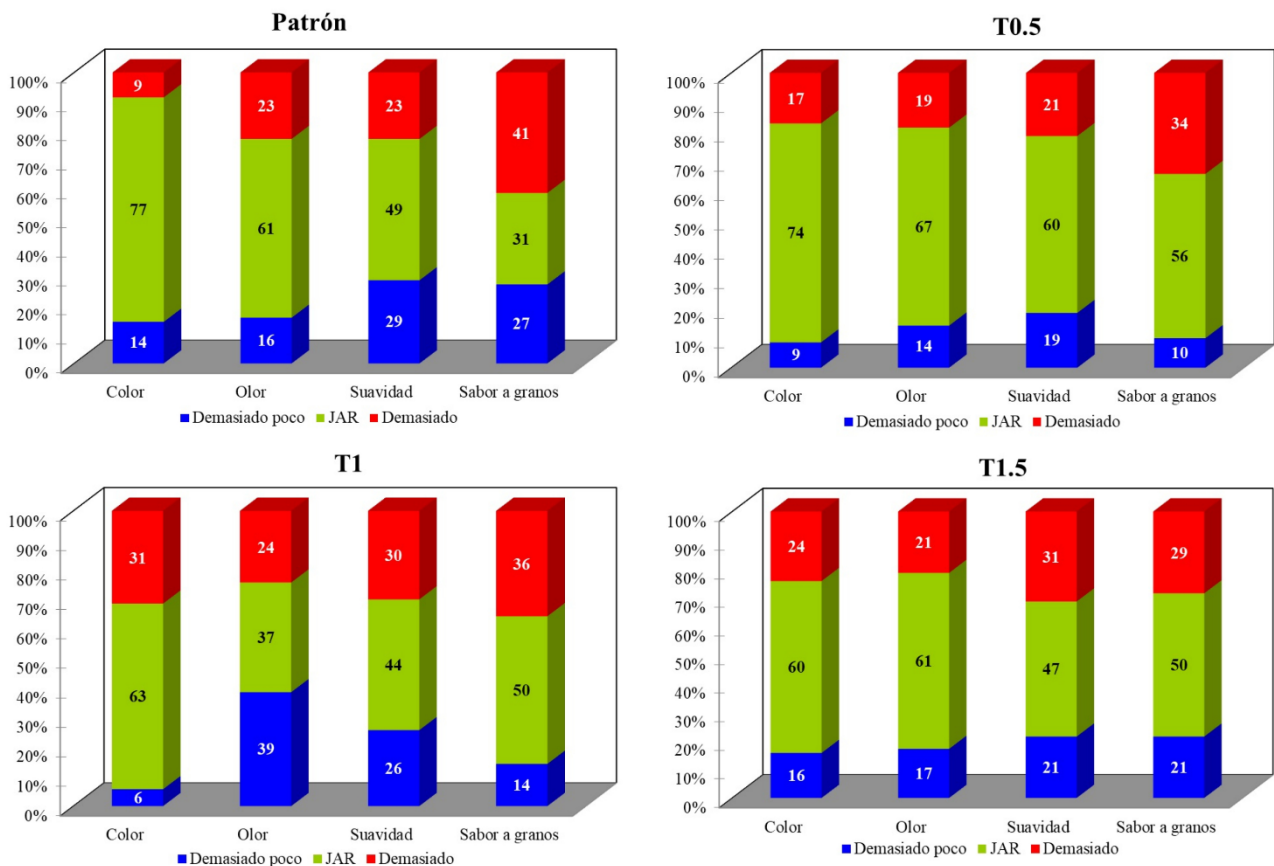


Figura 3 Porcentajes para los niveles JAR para cada tratamiento

En la **Figura 4** se observa que el tratamiento T0.5 obtuvo una mayor aceptabilidad por los consumidores indicaron que el color, olor, suavidad y sabor a granos andinos se encuentra “tal como les gusta”; es decir, no se necesita variar la intensidad de los atributos. Por otro lado, la muestra patrón y el tratamiento T1.5 fue descrito por más del 20% de consumidores como bajo en suavidad y sabor a granos andinos, además el T1 fue descrito solo con baja humedad.

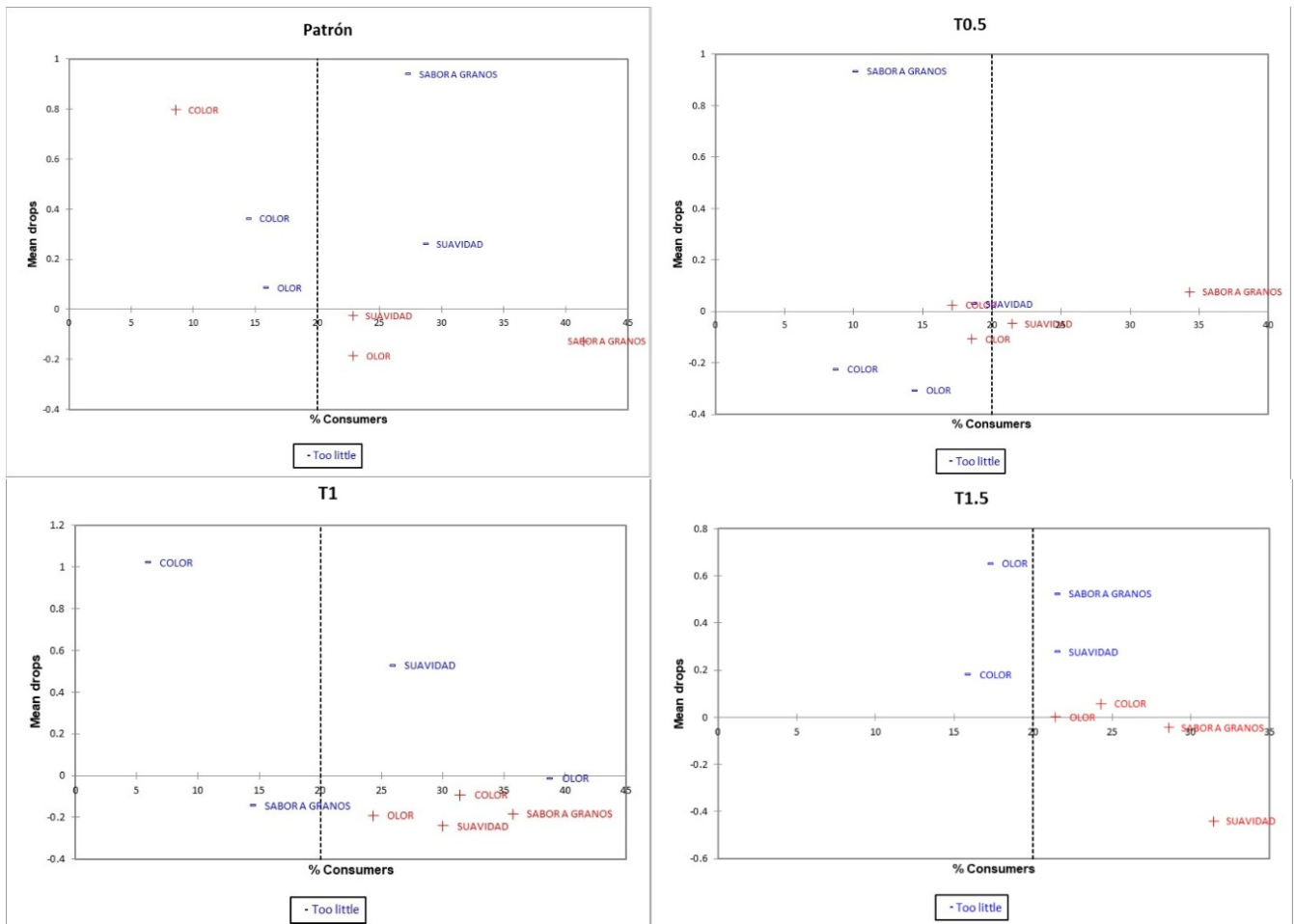


Figura 4 Mean Drops vs. % para cada tratamiento

#### 4. Conclusión

El rendimiento en la extracción del aceite esencial de canela es de 1.763 % traducido en 28.2ml a partir de 1.5 kg de canela molida, cuando se utiliza mayor cantidad de agua y menor cantidad de canela molida en el proceso se obtiene un mejor rendimiento. La microencapsulación facilita la manipulación y conservación del aceite esencial de canela, las microcápsulas poseen formas esféricas irregulares rugosas y presentan un rendimiento del 76% con una eficiencia del 94%. Aplicando el tratamiento mínimo (T0.5) en un pan

de molde con granos andinos, se logra su conservación por más de 28 días debido a la liberación gradual controlada del aceite esencial de canela a lo largo de la vida en anaquel del producto. El análisis sensorial mediante el método Just-About-Right (JAR) indica que la muestra T0.5 es la más aceptada por los consumidores, presenta un nivel “JAR” por encima del 56% en todos los atributos; color, olor, suavidad y sabor a granos.

## 5. Referencias

- Abdul Hammed, Kori, Mahesar Sarfaraz Ahmed, Khaskheli Abdul Rauf, Hussain Sherazi Syed Tufail, Laghari Zahid Husain, Panhwar Tarique, and Otho Aijaz Ali. 2022. “Effect of Wall Material and Inlet Drying Temperature on Microencapsulation and Oxidative Stability of Pomegranate Seed Oil Using Spray Drying.” *Journal of Oleo Science* 71(1):31–41. doi: 10.5650/JOS.ESS21105.
- Aguilar Vargas, Mario Luis. 2018. “Análisis de Rendimiento de Las Hojas de *Cinnamomum Zeylanicum*, (Canela) En La Extracción de Aceite Esencial Por Arrastre Con Vapor, Provenientes de Dos Zonas de Ucayali.”
- Alarcón Rivera, Rafael, Nancy Chasquibol Silva, and María del Carmen Pérez Camino. 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):327–37. doi: 10.37761/rsqp.v85i3.243.
- Alvarenga Botrel, Diego, Soraia Vilela Borges, Regiane Victoria De Barros Fernandes, Arianne Dantas Viana, Joyce Maria Gomes da Costa, and Gerson Reginaldo Marques. 2012. “Evaluation of Spray Drying Conditions on Properties of Microencapsulated Oregano Essential Oil.” *International Journal of Food Science and Technology* 47(11). doi: 10.1111/j.1365-2621.2012.03100.x.
- AOAC. 1984. “Método Volumétrico/Titulación 942. Association of Official Analytical Chemist. EUA Official Methods of Analysis.”
- AOAC. 2005. “Association of Official Analytical Chemist. EUA Método 950.27 Para Determinación de Humedad.” *Official Methods of Analysis*.
- AOAC. 2015. “Método 981.12 Association of Official Analytical Chemist. EUA Official Methods of Analysis.”

- Arcila Lozano, Cynthia Cristina, Guadalupe Loarca Piña, Salvador Lecona Uribe, and Elvira González de Mejía. 2004. "El Orégano: Propiedades, Composición y Actividad Biológica de Sus Componentes." *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 54(1):100–111.
- Bajac, Jelena, Branislava Nikolovski, Ivana Lončarević, Jovana Petrović, Branimir Bajac, Saša Đurović, and Lidija Petrović. 2022. "Microencapsulation of Juniper Berry Essential Oil (*Juniperus Communis* L.) by Spray Drying: Microcapsule Characterization and Release Kinetics of the Oil." *Food Hydrocolloids* 125(November 2021). doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.107430.
- Ban, Zhaojun, Jinglin Zhang, Li Li, Zisheng Luo, Yongjiang Wang, Qiuping Yuan, Bin Zhou, and Haidong Liu. 2020. "Ginger Essential Oil-Based Microencapsulation as an Efficient Delivery System for the Improvement of Jujube (*Ziziphus Jujuba* Mill.) Fruit Quality." *Food Chemistry* 306(June 2019). doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125628.
- Bueno Lozano, M., M. Bueno Sánchez, and L. Moreno Aznar. 2019. "Pan, Cereales Integrales y Salud." *Boletín de La Sociedad de Pediatría de Aragón, La Rioja y Soria* 49(1):49–53.
- Bustamante, Braulio. 2022. "Aplicación de Dos Metodologías (de Punto de Corte y de Riesgos Acumulados de Weibull) Para La Determinación de La Vida Útil Del Pan de Molde Blanco." *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology* 2(2):25–38. doi: 10.25127/riagrop.20222.826.
- Calaveras, Jesús. 2004.
- Camacho Marinez, HeliCaracterización fisicoquímica del aceite esencial de la muña (*Minthostachys Setosa*) y su estudio antibacteriano Elizabeth. 2011. "Caracterización Fisicoquímica Del Aceite Esencial de La Muña (*Minthostachys Setosa*) y Su Estudio Antibacteriano." 0(0):1–144.
- Campo Fernández, Mercedes, Daysi Lorena Ambuludí Fárez, Nelly Cecilia Cepeda Roblez, Ingrid Márquez Hernández, Diana San Martín Galván, and Osmany Cuesta Rubio. 2017. "Composición Química y Actividad Antibacteriana Del Aceite Esencial de *Minthostachys Millis* Griseb Contra El *Staphylococcus Aureus*."

*Revista Cubana de Farmacia* 51(4).

Centurion Paredes, Jhonatan Alexis. 2017. "EFECTO ANTIBACTERIANO IN VITRO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Laurus Nobilis* 'LAUREL' SOBRE *Staphylococcus Aureus* ATCC 25923." 1–52.

Echeverria Vega, Patricia, and Leisy Porta Navarro. 2021. "Actividad Antifúngica Del Aceite Esencial de La Corteza de *Cinnamomum Aromaticum* 'Canela Cassia' Frente a *Candida Albicans* ATCC 10231, in Vitro."

FAO. 2013. "Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación."

Fernandes, Regiane Victória de Barros, Soraia Vilela Borges, and Diego Alvarenga Botrel. 2013. "Influence of Spray Drying Operating Conditions on Microencapsulated Rosemary Essential Oil Properties." *Food Science and Technology* 33(SUPPL.1):171–78. doi: 10.1590/s0101-20612013000500025.

Figuerola, Paola M., Miguel A. Ceballos, and Andrés M. Hurtado. 2016. "Microencapsulación Mediante Secado Por Aspersión de Aceite de Mora ( *Rubus Glaucus* ) Extraído Con CO<sub>2</sub> Supercrítico." *Revista Colombiana de Química* 45(2):39–47. doi: <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n2.57481>.

Flores Tique, Lenny Yoysy. 2017. "Evaluación Del Efecto Antimicrobiano Del Aceite Esencial de Orégano (*Origanum Vulgare*) Aplicado En El Pan Molde En Microencapsulado y Pulverizado." 1–128.

Galarza Serrano, Wiston Adolfo, and Karen Joselyne Quimi Vera. 2020. "efecto antifúngico del aceite esencial de canela ( *Cinnamomum Zeylanicum* ) SOBRE CEPAS DE *Aspergillus Flavus* y *Penicillium Expansum*.""

García Padron, Margarita Caridad. 1961. "Características y Composición Del Aceite Esencial de '*Schinus Crenatus*' de Isla Victoria, Parque Nacional Nahuel Huapi (Neuquén)."

Gómez Cruz, N. ..., and M. .. Jiménez Mungía. 2014. "Metodos de Secado de Emulsiones En Alimentarias." *Temas Selectos de Ingeniería En Alimentos* 8:23–

33.

Hernández Vargas, José Alberto. 2011. “Efecto Del Propionato de Calcio y Biocitro Sobre El Crecimiento de Mohos En El Pan de Molde Blanco.” *Universidad Nacional Del Callao* 1:1–145.

Hernando Alonso, David. 2012. “Evolución de La Vida Útil En Panes Sin Corteza Blancos Al Sustituir El Mejorante y Sórbico Habituales .” 20.

Huayllahuamán De la Cruz, Efraín. 2019. “Microencapsulación de Aceite Esencial de Menta Negra (*Mentha Piperita* L.) Por Atomización.” *UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN* (Tesis para la obtención del título profesional de Ingeniero de Alimentos):1–132.

Hurtado Gonzales, José Augusto. 2016. “Utilización de Prefermentos En La Elaboración de Pan Molde Blanco Para Extender Su Tiempo de Vida Útil.” 98.

Ibáñez, Francisco C., Paloma Torre, and Aurora Irigoyen. 2003. “ADITIVOS ALIMENTARIOS.” *Área de Nutrición y Bromatología - Universidad Pública de Navarra* 1–10.

ISO. 2008. “21527-2 Productos Con Actividad de Agua (Aw) Menor o Igual a 0,95 - International Organization for Standardization.”

ISO. 2021. “Método 11136 Guía General Para La Realización de Pruebas Hedónicas - International Organization for Standardization.”

Jácome Jurado, Jael Alejandra. 2019. “EVALUACIÓN DEL EFECTO BACTERICIDA DE ACEITES ESENCIALES DE CANELA (*Cinnamomum Verum*), JENGIBRE (*Zingiber Officinale*) Y CLAVO DE OLOR (*Syzygium Aromaticum*) PARA APLICACIONES AGROINDUSTRIALES.”

Larico Cari, Sergio Alexander, and Juan José Hayamamani Mamani. 2022. “Encapsulamiento De Aceite Esencial De Romero (*Rosmarinus Officinalis*) En Matriz Polimérica De Maltodextrina Y Goma Arábiga Con Secado Por Liofilización.” *Universidad Nacional de San Agustín De Arequipa* 105.

López Barrientos, Alexander Eliseo. 2018. “Producción , Caracterización y Aplicación

de Microcápsulas de Aceite de Café Tostado Producción , Caracterización y Aplicación de Microcápsulas de Aceite de Café Tostado.” *Escuela Agrícola Panamericana*.

López Zapata, Luz del Carmen. 2018. “Elaboración Y Caracterización De Microcápsulas Con Aceite Esencial De Canela Para Su Aplicación En La Fabricación De Películas De Almidón.” *Instituto Tecnológico de Orizaba* 133.

Maulidna, Basuki Wirjosentono, Tamrin, and Lamek Marpaung. 2020. “Microencapsulation of Ginger-Based Essential Oil (Zingiber Cassumunar Roxb) with Chitosan and Oil Palm Trunk Waste Fiber Prepared by Spray-Drying Method.” *Case Studies in Thermal Engineering* 18. doi: 10.1016/j.csite.2020.100606.

Meza Velázquez, Claudia Damaris, and Liz Ríos Duarte. 2020. “Evaluación de La Estabilidad Microbiológica Del Pan de Molde Integral Mediante El Uso de Natamicina.” *Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay* 25(2):144–54. doi: 10.32480/rscp.2020.25.2.144.

MINSA. 2010. “Norma Sanitaria Para La Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA.” *Ministerio de Salud* 51.

Montero Recalde, Mayra, Jessica Revelo I., Diana Avilés Esquivel, Edgar Valle V., and Deysi Guevara Freire. 2017. “Efecto Antimicrobiano Del Aceite Esencial de Canela (Cinnamomum Zeylanicum) Sobre Cepas de Salmonella.” *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú* 28(4):987–93. doi: 10.15381/rivep.v28i4.13890.

Muy Rangel, María Dolores, Jesús Rosario Osuna Valle, Raymundo Saúl García Estrada, Cesar San Martín Hernández, and Eber Addí Quintana Obregón. 2017. “Actividad Antifúngica in Vitro Del Aceite Esencial de Ajo (Allium Sativum L.) Contra Alternaria Tenuissima.” *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology* 36(1):162–71. doi: 10.18781/r.mex.fit.1708-3.

NTP-ISO. 2016. “Norma Técnica Peruana N° 279:2011 ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método de Determinación de La Densidad Relativa.”

- NTP. 2016a. “Norma Técnica Peruana 319.079 Para Aceites y Grasas.”
- NTP. 2016b. “Norma Técnica Peruana 319.089.1974 ACEITES ESENCIALES. Determinación Del Residuo Por Evaporación. 1a Edición.”
- Paola Pajaro, Nerlis, Glicerio León Méndez, Rosario Osorio Fortich, Miladys Esther Torrenegra Alarcón, and Jorge Mario Roper Vega. 2017. “La Microencapsulación Del Aceite Esencial de Canela *Cinnamomum Verum* J. Mediante Secado Por Aspersión y Su Potencial Antioxidante.” *Revista Cubana de Farmacia* 51(2).
- Pérez Trujillo, L. Meza Hernández, .. Lozano Bernal, C. .. Gallardo Rivera, J. .. Baéz González, K. .. García Alanís, E. García Marquéz, and S. .. Castillo Hernández. 2010. “Efecto de Aceites Esenciales Utilizados Como Antimicrobianos En La Calidad de Productos de Panificación .” *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos* 4(2019):776–81.
- Plaza, Mirtha, and Mariela Ricalde. 2015. “Establecer Parámetros de Control de Calidad Físico-Químicos Del Aceite Esencial Del *Schinus Molle* l. Obtenido Por Arrastre de Vapor.” *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* 11:693–96.
- Reyes, Mauricio. 2021. *Microencapsulación de Aceites Mediante Secado Por Aspersión: Avances, Beneficios y Aplicaciones En América Latina*. Vol. 10.
- Ribeiro Teodoro, Rhana Amanda, Regiane Victória De Barros Fernandes, Diego Alvarenga Botrel, Soraia Vilela Borges, and Amanda Umbelina de Souza. 2014. “Characterization of Microencapsulated Rosemary Essential Oil and Its Antimicrobial Effect on Fresh Dough.” *Food and Bioprocess Technology* 7(9):2560–69. doi: 10.1007/s11947-014-1302-1.
- Ríos Aguirre, Sara, and Maritza Andrea Gil Garzón. 2021. “Microencapsulación Por Secado Por Aspersión de Compuestos Bioactivos En Diversas Matrices: Una Revisión.” *TecnoLógicas* 24(51):e1836. doi: 10.22430/22565337.1836.
- Ríos, Fernanda, Aurora Quintero, Javier Piloni, Raquel Cariño, and Abigail Reyes. 2023. “Compuestos Bioactivos de Canela y Su Efecto En La Disminución Del Síndrome Metabólico: Revisión Sistemática.” *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 73(1):74–85. doi: 10.37527/2023.73.1.007.

- Rodríguez Hernández, L. M., Y. Aragüez Fortes, and J. A. Pinoa. 2021. "Microencapsulation of Vegetable Oils by Spray Drying." *Afinidad* 79(596):4–15. doi: 10.55815/400725.
- Roldán Acero, David, Juan Rodolfo Omote Sibina, Andrés Molleda Ordoñez, and Fabiola Olivares Ponce. 2022. "Desarrollo de Barras Nutritivas Utilizando Cereales, Granos Andinos y Concentrado Proteico de Pota." *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research* 24(1):17–26. doi: 10.18271/ria.2022.383.
- Rubio Peralta, María Belén. 2017. "EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIMICROBIANO DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO Y CANELA EN EL PAN INTEGRAL." *Jurnal Keperawatan. Universitas Muhammadiyah Malang* 4(1):724–32.
- Sanchez Reinoso, Zain. 2016. "Evaluación De Propiedades Fisicoquímicas, Morfológicas Y Sensoriales De Microencapsulados De Cacao Obtenidos Por Spray Drying." 25–27.
- Da Silva Acácio, Regina, Aracelis Jose Pamphile Adrian, Pedro Pablo Florez Rodriguez, Johnatan Duarte De Freitas, Henrique Fonseca Goulart, and Antônio Euzébio Goulart Santana. 2023. "Dataset of Schinus Terebinthifolius Essential Oil Microencapsulated by Spray-Drying." *Elsevier Inc* 47:1–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.108927>.
- Singh, Bharat, Sheenu Nathawat, and Ram Avtar Sharma. 2023. "Antimicrobial Potential of Indian Cinnamomum Species." *Saudi Journal of Biological Sciences* 30(2). doi: 10.1016/j.sjbs.2022.103549.
- Tirosh, Amir, Ediz S. Calay, Gurol Tuncman, Kathryn C. Claiborn, Karen E. Inouye, Kosei Eguchi, Michael Alcalá, Moran Rathaus, Kenneth S. Hollander, Idit Ron, Rinat Livne, Yoriko Heianza, Lu Qi, Iris Shai, Rajesh Garg, and Gökhan S. Hotamisligil. 2019. "The Short-Chain Fatty Acid Propionate Increases Glucagon and FABP4 Production, Impairing Insulin Action in Mice and Humans." *Science Translational Medicine* 11(489):1–13. doi: 10.1126/scitranslmed.aav0120.
- Tonon, Renata V., Carlos R. F. Grosso, and Míriam D. Hubinger. 2011. "Influence of

Emulsion Composition and Inlet Air Temperature on the Microencapsulation of Flaxseed Oil by Spray Drying.” *Food Research International* 44(1):282–89. doi: 10.1016/j.foodres.2010.10.018.

Vargas, Maria. 2019. Aceite Esencial Canela Clavo Olor En La Carne Molida *Revista Cubana de Enfermería* 27(3):20–29.

Yasmeen, Farhat, Hina Karamat, Rabia Rehman, Mehwish Akram, Ayman A. Ghfar, Heba Taha M. Abdelghani, Amara Dar, and Liviu Mitu. 2023. “Fabrication and Testing of Edible Films Incorporated with ZnO Nanoparticles to Enhance the Shelf Life of Bread.” *Food Bioscience* 56(September). doi: 10.1016/j.fbio.2023.103111.

## ANEXOS

### Anexo 1 – Evidencia de sumisión del artículo en una revista de prestigio

4/12/23, 9:10

Envío del Artículo: Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) como conservante en pan andino: jei...

Eliminar Archivar Informar Responder Responder a todos Reenviar

Envío del Artículo: Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) como conservante en pan andino

SQ **SILVIA PILCO QUESADA**  
Para: agroalimentaria@ula.ve; ciaal.ula@gmail.com; agroalimentariajournal@gmail.com Dom 03/12/2023 17:38



Declaración de Originalidad ... 55 KB  
Manuscrito con autores - Mi... 140 KB

Mostrar los 10 datos adjuntos (11 MB) Guardar todo en OneDrive - Universidad Peruana Unión Descargar todo

Apreciados Editores de la revista Agroalimentaria,

Con alegría y mucha expectación envío el manuscrito titulado: "**Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) como conservante en pan andino**", para su posible publicación en su prestigiosa revista. Investigación que es fruto del trabajo de bachilleres egresados de la Universidad Peruana Unión, Lima - Perú, como parte de una rama de investigación de la evaluación de vida útil de productos panificados aplicando aceites esenciales como conservantes naturales. Hemos realizado paso a paso la verificación de toda la documentación que solicitan, y aguardamos muy pronto una respuesta suya.

Atentamente.

**PhD. Silvia Pilco Quesada**  
**Docente Investigadora RENACYT**  
**EP Ingeniería de Industrias Alimentarias**  
**Facultad de Ingeniería y Arquitectura**  
**Universidad Peruana Unión**

Responder Responder a todos Reenviar

## Anexo 2 – Resolución de inscripción del perfil de proyecto de tesis

“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

RESOLUCIÓN N° 1323-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 20 de diciembre de 2022

### VISTO:

El expediente de **Andy Lazo Laurente**, identificado(a) con Código Universitario N° 201811237 y **Jeisy Sarahit Herrera Delgado**, identificado(a) con Código Universitario N° 201811240, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

### CONSIDERANDO

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Andy Lazo Laurente** y **Jeisy Sarahit Herrera Delgado**, han solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verummicro*) como conservante en pan de molde andino" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 20 de diciembre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

### SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Microencapsulación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum verummicro*) como conservante en pan de molde andino**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar a **Ph.D. Silvia Pilco Quesada** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Dr. Santiago Ramirez Lopez** y **Ing. Sady Lourdes Haro Casildo**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



  
Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
DECANA



  
Dr. Santiago Ramirez López  
SECRETARÍO ACADÉMICO

cc:  
-Interesado  
Asesor  
Dirección General de Investigación  
Archivo