



Actividad anticoccidial *in vitro* de microencapsulados de aceites esenciales frente a *Eimeria* spp

In vitro anticoccidial activity of essential oil microencapsulated against *Eimeria* spp

Carmen Castro-Sifuentes¹ *; Noe Costilla-Sanchez²; Gilmar Mendoza-Ordoñez¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

² Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

ORCID de los autores

C. Castro-Sifuentes: <https://orcid.org/0000-0003-3563-2238>

N. Costilla-Sanchez: <https://orcid.org/0000-0002-0762-6271>

G. Mendoza-Ordoñez: <https://orcid.org/0000-0003-3714-1811>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la actividad anticoccidial *in vitro* de los microencapsulados de aceites esenciales de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling y *Salvia sagittata* Ruiz & Pav., frente a oocistos esporulados no atenuados de *Eimeria* spp de pollos de engorde. Los tratamientos fueron las concentraciones de los microencapsulados en 2,5; 5; 10; 20; 30 y 50 mg/ml, grupo control negativo dicromato de potasio al 2,5% y grupo control positivo formaldehído al 4%. Se evaluó la destrucción de oocistos en medio líquido mediante recuento microscópico y los resultados se verificaron después de 24 y 48 h de incubación a 28 °C. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza, utilizando el software SPSS versión 25 y la prueba de Tukey. Los resultados mostraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los microencapsulados, así como en sus concentraciones, registrándose la mayor destrucción de oocistos esporulados por el microencapsulado de aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. en la concentración de 50 mg/ml a las 48 h de incubación, alcanzando 83,5% de destrucción de oocistos, siendo este valor similar al formaldehído 4%. Concluyendo que los microencapsulados de aceites esenciales estudiados destruyen hasta el 83.5% a los oocistos esporulados de *Eimeria* spp.

Palabras clave: Actividad anticoccidial; *Eimeria* spp; microencapsulado; aceite esencial; *in vitro*.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the *in vitro* anticoccidial activity of microencapsulated essential oils from *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling and *Salvia sagittata* Ruiz & Pav., against non-attenuated sporulated oocysts of *Eimeria* spp of broiler chickens. The treatments were the concentrations of the microencapsulated in 2.5; 5; 10; 20; 30 and 50 mg/ml, 2.5% potassium dichromate negative control group and 4% formaldehyde positive control group. The destruction of oocysts in liquid medium was evaluated by microscopic counting and the results were verified after 24 and 48 h of incubation at 28 °C. Data were analyzed by analysis of variance, using SPSS version 25 software and Tukey's test. The results showed highly significant statistical differences between the microencapsulated, as well as in their concentrations, registering the greatest destruction of sporulated oocysts by the microencapsulated essential oil of *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. at a concentration of 50 mg/ml at 48 h of incubation, reaching 83.5% destruction of oocysts, this value being similar to 4% formaldehyde. Concluding that the microencapsulated essential oils studied destroy up to 83.5% of the sporulated oocysts of *Eimeria* spp.

Keywords: Anticoccidial activity; *Eimeria* spp; microencapsulated; essential oil; *in vitro*.

1. Introducción

La industria avícola es muy dinámica, prueba de ello es el constante aumento de producción de carne de pollo, considerada una de las fuentes más importantes de proteína animal gracias a su fácil acceso y costo económico, sin embargo, los productores aún se enfrentan a una de las enfermedades parasitarias más agresiva a nivel intestinal, la coccidiosis. Esta provoca baja productividad en las aves, causada por reducción de ganancia de peso, alta conversión alimenticia, alta mortalidad y disminución del rendimiento del canal; ocasionando altas pérdidas económicas para los productores. La crianza de pollos tiene como factor un piso con alta humedad y ambiente cálido, favoreciendo el desarrollo y transmisión de la coccidiosis, ante ello es importante investigar compuestos naturales que controlen y erradiquen el parásito de la coccidia (Cobaxin, 2018).

En total son siete las especies reconocidas de *Eimeria* que afectan a las aves: *E. acervulina*, *E. brunetti*, *E. maxima*, *E. mitis*, *E. necatrix*, *E. praecox* y *E. tenella*, cada una de estas especies tiene un conjunto de características distintas en términos de prevalencia, patogenicidad, sitio de infección en el intestino y la morfología de los ooquistes (Burrell *et al.*, 2020; López *et al.*, 2020). La prevención y control de la coccidiosis se realiza con agentes anticoccidianos y vacunas vivas que incluyen ooquistes esporulados atenuados o no atenuados, su mecanismo de acción consiste en exponer a las aves a bajas dosis del agente patógeno; sin embargo, el uso continuo de diferentes coccidiostáticos ha provocado resistencia por parte de *Eimeria* spp. y la preocupación de las personas por la carne libre de residuos fármacos. Ante ello, se busca alternativas naturales eficaces en reemplazo de los medicamentos anticoccidiales eliminándolos o disminuyendo su uso en el control de la coccidiosis aviar, un ejemplo son los aceites esenciales que contienen en su composición componentes activos que afectan positivamente en el control de la coccidiosis aviar, interfiriendo directamente con el metabolismo del parásito o indirectamente en el ave mejorando su respuesta inmune y los sistemas de defensa antioxidante logrando el control y eliminación de la coccidiosis (Idris *et al.* 2017).

Las plantas medicinales *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. (Serrano *et al.*, 2020) y *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling (Gilardoni *et al.*, 2018) pertenecen a la familia *Lamiaceae*, estas son utilizadas en Perú para tratar muchos trastornos de salud. Los componentes activos de

los aceites esenciales de estas plantas tienen un amplio espectro de actividades biológicas como actividad larvicida, antiviral, antiprotozoaria, antifúngico, acaricida, antimicrobiana, antioxidante, neutralizante de radicales libres, antiinflamatoria, analgésica, hepatoprotector, entre otros.

La microencapsulación es una técnica que consiste en el secado de aceites esenciales por aspersion, se considera una manera particular para proteger diferentes componentes sólidos, líquidos y gaseosos a escala microscópica, tiene la particularidad de ser un método de bajo costo comparados con otros métodos de secado utilizados, debido a ello este posee una amplia gama de aplicaciones, entre las que se encuentran la encapsulación de aceites esenciales, protegiendo sus componentes activos por medio de una capa protectora, evitando la desnaturalización de sus características debido a factores externos (Rios & Gil, 2021).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la actividad anticoccidial *in vitro* del microencapsulado de aceite esencial de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling y *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. frente a ooquistes esporulados de *Eimeria* spp. (*E. tenella*, *E. necatrix*, *E. brunetti*, *E. acervulina*, *E. mivati*, *E. máxima*) de pollos de engorde.

2. Material y métodos

Recolección del material vegetal y obtención del aceite esencial

Las plantas del estudio fueron colectadas del cerro Botica, ubicada en el Distrito de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco, Región La Libertad. Las hojas fueron lavadas y secadas en una estufa a 45 °C por 72 horas. Las hojas fueron introducidas en el balón de vidrio del equipo extractor (Clevenger) y calentadas a 400 °C por espacio de cinco horas, el aceite extraído se almacenó en un recipiente de color ámbar y se congeló, el aceite libre de agua se trasvasó a otro recipiente y se conservó a temperatura de 4 °C.

Composición cualitativa-cuantitativa de los aceites esenciales

Las muestras de aceites para la medición en el GC-MS, consistió en 250 µL de aceite libre de agua diluidos en 1000 µL y transferidos a viales de color ámbar de 1,5 mL. Las mediciones fueron realizadas en el GC-MS de Thermo Trace 1300 con detector FID y Espectrómetro de masa ISQ Series, del Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica (INCAPE) de la Universidad Nacional del Litoral, en Argentina.

Se empleó la columna cromatográfica TR 5MS (30 m, 0,25 mm de diámetro, 0,25 µL de espesor de película) y las condiciones de operación en el equipo acoplado fueron: 300 °C de temperatura en el inyector; 100 de relación Split; 1 µL de volumen de inyección; Helio de Carrier; 1,5 mL/min de caudal del carrier (columna); 40 °C (0 min), 5 °C/min – 200 °C – 20 min de programa de temperatura; 300 °C de temperatura del detector.

Preparación de microencapsulado

El microencapsulado del aceite, se obtuvo con en el equipo Spray Dryer, marca JAY Instruments & Systems PVT. LTD. (JISL), modelo SprayMate. Las condiciones de operación del equipo fueron: 190 °C de temperatura de entrada; 90 °C de temperatura de salida; 30 rpm de velocidad de alimentación; 1400 rpm de aspiración; 100 mm wc de presión de vacío; 2 kg/cm² de presión de atomización.

La emulsión encapsulada consistió en 8 mL de aceite esencial, 5 mL de Tween 80, 32 g de matodextrina y 160 mL de agua haciendo un volumen de 200 mL. La mezcla fue agitada en un agitador magnético a 60 rpm por una hora.

Oocistos esporulados vivos no atenuados de *Eimeria* spp.

Se empleó la vacuna comercial Coccivac D2 del laboratorio Intervet Inc., de la empresa MSD Animal Health, que contiene oocistos esporulados vivos no atenuados de seis tipos de *Eimeria* spp.: 10% *E. tenella*, 20% *E. necatrix*, 10% *E. brunetti*, 30% *E. acervulina*, 20% *E. mivati*, 10% *E. máxima*, aislados de pollos de engorde conservados en dicromato de potasio al 2,5%. Se calculó el promedio de oocistos esporulados por ml de vacuna contabilizadas en una cámara de Neubauer, obteniéndose 8×10^6 oocistos esporulados/ml de vacuna.

Actividad anticoccidial

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Sanidad Animal de la escuela profesional de Zootecnia de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se determinó la capacidad del microencapsulado de aceite esencial para destruir oocistos esporulados de *Eimeria* spp., siguiendo el método de Abbas et al. (2020) con algunas modificaciones. Se realizó por triplicado en una placa de cultivo de 50 pocillos, agregando 2 ml/pocillo de microencapsulado de aceite esencial solubilizado en medio de dimetilsulfóxido al 10% (DMSO diluido en agua destilada), en concentra-

ciones crecientes de 2,5; 5; 10; 20; 30 y 50 mg/ml y se inoculó en cada pocillo 66 µl de vacuna, siendo este aproximadamente 52800 oocistos esporulados de *Eimeria* spp., además de un control negativo con solución de dicromato de potasio 2,5% y control positivo con solución de formaldehído 4% como desinfectante de referencia. La placa de cultivo se incubó entre 27 – 29 °C durante 48 h, con un 40% a 60% humedad. La destrucción de los oocistos esporulados fue confirmada a las 24 y 48 h de incubación, examinándolos mediante microscopio óptico a 40x, considerando destruidos a los oocistos esporulados rotos y deformes. El número de oocistos destruidos se determinó transfiriendo 10 µl de la solución a una cámara de Neubauer, se contabilizaron los oocistos destruidos de los cuatro cuadrantes extremos y central de cada celda.

Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con ocho tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, fueron analizados utilizando el software SPSS versión 25, y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

3. Resultados y discusión

Composición química de los microencapsulados de aceites esenciales

La composición química de los compuestos principales de los aceites utilizados en la microencapsulación, se resumen en las Tablas 1 y 2.

Actividad anticoccidial de los microencapsulados de aceites esenciales

Los microencapsulados de aceites esenciales y el formaldehído al 4% afectaron significativamente los oocistos esporulados de las seis especies de *Eimeria* spp. comparado con el dicromato de potasio 2,5% ($p < 0,05$) causando el rompimiento de la pared y la lisis de su contenido. El porcentaje de destrucción de oocistos esporulados varió en función del tiempo de incubación y concentración de los microencapsulados, de tal manera que la cantidad de oocistos esporulados destruidos fue directamente proporcional a las concentraciones de los microencapsulados de los aceites esenciales (Tabla 3). En los dos periodos de incubación, el microencapsulado de aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. obtuvo mayor porcentaje de mortalidad, $70,95 \pm 2,89\%$ a las 24 horas y $83,58 \pm 7,88\%$ a las 48 horas, en

comparación al microencapsulado de aceite esencial de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling que obtuvo $64,01 \pm 6,82\%$ a las 24 horas y $75,37 \pm 5,01\%$ a las 48 horas, en la concentración

de 50 mg/ml. El porcentaje de mortalidad causado por el microencapsulado de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. se similar a los obtenidos por el formaldehído al 4%.

Tabla 1

Compuestos químicos del microencapsulado de aceite esencial de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling

Tiempo de retención (min)	Identificación (MS)	% Área (FID)
10,53	α -Pinoeno; 3,6,6-Trimetil-2-norpineno	3,8
12,20	β -Pinoeno	15,1
13,25	3-Careno; α -Pinoeno	9,1
14,02	Silvestreno; Limoneno	16,1
14,08	β -Fellandreno; β -Terpineno; Sabineno	2,7
14,14	Eucaliptol	2,8
16,50	Acetato de 1-octenilo; Acetato de 3-octenilo	1,4
18,40	Pinanona	12,7
18,88	3-Pinanona	8,7
19,35	Terpineol	0,9
22,05	Acetato de trans-pinocarvilo	0,9
24,9	Acetato de mirtenilo	0,5
25,27	Caryofileno	2,3
29,04	4aH-cicloprop[e]azulen-4a-ol; decahidro-1,1,4,7-tetrametil	6,6
29,63	Epiglobulol; Viridiflorol; Globulol	6,1
29,89	Ledol; Viridiflorol	10,3

Tabla 2

Compuestos químicos del microencapsulado de aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav.

Tiempo de retención (min)	Identificación (MS)	% Área (FID)
10,36	2-Tujeno	0,6
10,60	α -Pinoeno	2,1
11,26	Camfeno	2,4
12,33	β -Pinoeno	17,7
12,70	β -Pinoeno; β -Mirceno	2,1
13,99	o-Cimeno	4,5
14,02	D-Limoneno; Silvestreno	4,2
14,61	β -Ocimeno; α -Ocimeno	2,3
15,06	γ -Terpineno; Terpinoleno; α -Terpineno	2,6
16,57	Linalool	25,7
17,74	3-Metilbut-2-enil éster del ácido 2,2-dimetil propanoico 3-Metilbut-2-enil éster del ácido valérico 2-Penten-1-il éster del ácido propanoico	1,6
19,57	α -Terpineol	5,8
20,79	Linalil éster del ácido antranílico	5,8
21,86	Acetato de isobornilo; Formiato de isobornilo	0,7
23,54	Acetato de terpineol	5,8
23,85	Acetato de geranilo	1,4
24,27	Geranil éster del ácido acético	2,3
25,41	β -Caryofileno	5,1
26,44	3,4,4-trimetil-3-[(1E)-3-metil-1,3-butanodienil]biciclo[4.1.0]heptan-2-ona	4,8
27,16	Viridifloro	2,5

Tabla 3

Mortalidad (%) de oocistos esporulados de *Eimeria* spp. afectados por los microencapsulados de aceites esenciales

Concentración (mg/ml)	Tiempo de incubación y microencapsulado de aceite esencial			
	24 h		48 h	
	<i>Salvia sagittata</i> Ruiz & Pav.	<i>Lepechinia heteromorpha</i> (Brig.) Epling	<i>Salvia sagittata</i> Ruiz & Pav.	<i>Lepechinia heteromorpha</i> (Brig.) Epling
2,5	36,86 ± 6,08	35,60 ± 6,82	60,85 ± 5,78	57,07 ± 5,78
5	57,07 ± 5,78	47,60 ± 7,65	63,38 ± 7,88	62,12 ± 5,68
10	60,85 ± 4,76	52,02 ± 2,18	69,69 ± 10,02	66,54 ± 4,76
20	63,38 ± 5,78	55,17 ± 6,65	78,53 ± 9,53	70,96 ± 2,89
30	65,27 ± 6,08	60,85 ± 9,53	79,79 ± 6,08	73,48 ± 5,01
50	70,95 ± 2,89	64,01 ± 6,82	83,58 ± 7,88	75,37 ± 5,01
Control negativo (dicromato de potasio 2,5%)	0,00 ± 0,00		0,00 ± 0,00	
Control positivo (formaldehído 4%)	80,43 ± 4,76		100,00 ± 0,00	

Los microencapsulados de aceites esenciales presentaron actividad anticoccidial de *Eimeria* spp. por medio de la destrucción de sus oocistos. Idris et al. (2017) indica que los aceites esenciales con actividad antiparasitaria se obtienen de las plantas aromáticas pertenecientes a la familia *Apiaceae*, *Lamiaceae* y *Asteraceae*, sus principales componentes activos que muestran actividad antiparasitaria son los fenilpropanoides (eugenol, metil chavicol y cinamaldehído), sesquiterpenos (β -caryofileno, nerolidol, α -copaeno, cipereno y germacreno D), monoterpenoides (linalool, terpinen-4-ol, timol, carvacrol, citral, limoneno, α -pineno, γ -terpineno, α -felandreno y p-cimeno) y otros aldehídos aromáticos como el cuminal y el felendral; algunos de estos componentes lo contienen los microencapsulados de aceites esenciales estudiados, por ejemplo α -pineno, γ -terpineno, linalool, p-cimeno, β -caryofileno y limoneno. Además, las plantas empleadas en esta investigación pertenecen a la familia *Lamiaceae*, demostrando así su efectividad en la actividad anticoccidial frente a la coccidiosis. Estos actúan en las células de los oocistos, realizando cambios estructurales en la membrana mitocondrial, inhibición de la síntesis de glicoproteínas e inhibición de la enzima cisteína proteasa cruzaina. Los compuestos fenólicos cambian la permeabilidad de las membranas plasmáticas a varios cationes, especialmente iones de hidrógeno (H⁺) y potasio (K⁺), este cambio dificulta el proceso bioquímico a nivel celular, provocando la pérdida del potencial de membrana y permitiendo el escape de componentes celulares esenciales, la inhibición de proteínas, la síntesis de ATP y la muerte celular del oocisto. Durante el recuento microscópico de los oocistos esporulados

expuestos, se observó oocistos deformados con paredes agrietadas y oocistos totalmente rotos con restos de su contenido, por lo cual se debería investigar los efectos de los aceites esenciales sobre la pared de los oocistos y su contenido. De acuerdo a Bakkali et al. (2007), los aceites esenciales afectan a los oocistos por dos actividades, citotóxica y prooxidante; la actividad citotóxica se debe a los compuestos químicos como fenoles, aldehídos y alcoholes, estos atraviesan la pared externa e interna de los oocistos compuestas por proteínas y lípidos fragmentándolas y permeabilizándolas; al estar al interior del oocisto afecta a sus células atravesando la pared celular, membrana citoplasmática y mitocondrial, ocasionando que las mitocondrias promuevan radicales libres que oxidan y deterioran los lípidos, proteínas y ADN. Además, al permeabilizar las membranas mitocondriales externa e interna causa su muerte celular por apoptosis y necrosis. La actividad prooxidante influye en dañar las mitocondrias y así, disminuir la facultad de las células para restaurarse ante daños y mutar por falta de energía.

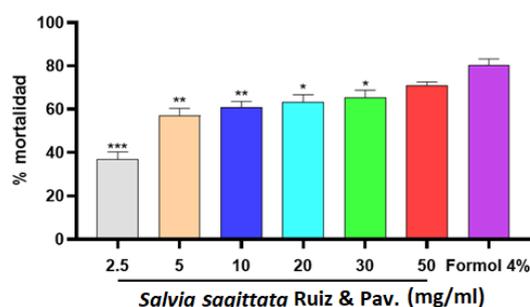


Figura 1. Inhibición de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. en 24 horas. Significancia estadística * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ vs grupo Formol 4%.

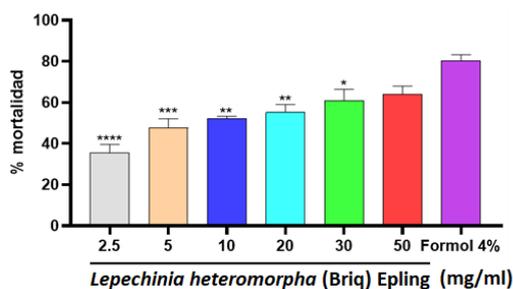


Figura 2. Resultado del porcentaje de inhibición de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling. en 24 horas. Significancia estadística * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$ vs grupo Formol 4%.

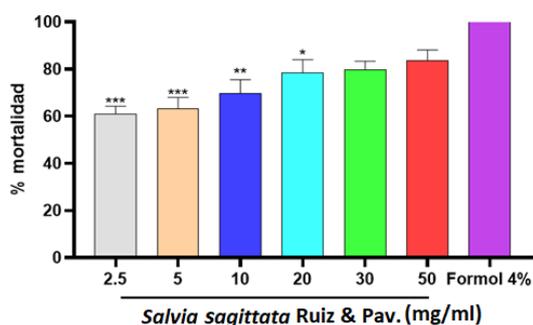


Figura 3. Resultado del porcentaje de inhibición de *Savia sagittata* Ruiz & Pav. en 48 horas. Significancia estadística * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ vs grupo Formol 4%.

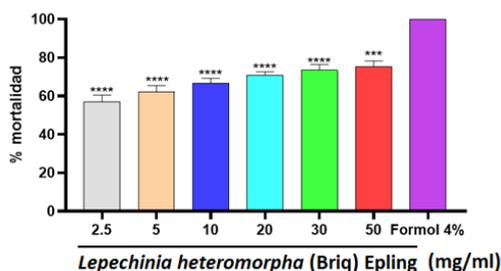


Figura 4. Resultado del porcentaje de inhibición de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling. en 48 horas. Significancia estadística *** $p < 0.001$, **** $p < 0.0001$ vs grupo Formol 4%.

Las concentraciones evaluadas se compararon con el grupo control positivo (formaldehído 4%), los dos microencapsulados de aceites esenciales afectaron significativamente la pared y contenido de los oocistos esporulados de los seis tipos de *Eimeria* spp. estudiados, en concentraciones bajas contrario de las concentraciones más altas (30 y 50 mg/ml) que no mostraron diferencia significativa a las 24 h y 48 h de incubación (Figura 1, 2 y 3), a excepción del microencapsulado de aceite esencial *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling en todas las concentraciones evaluadas mostraron diferencia significativa a las 48 h de incubación (Figura 4). Indicándonos que los microencapsulados de aceites esenciales evalua-

dos afectan la pared y contenido de los oocistos esporulados de *Eimeria* spp. aislados de pollos de engorde, en concentraciones bajas.

Los microencapsulados de aceites esenciales estudiados destruyeron la pared y contenido de los oocistos esporulados, alcanzando la destrucción de más del 50% a concentraciones bajas, a las 24 horas de incubación en la concentración de 5 mg/ml para el microencapsulado de aceite esencial *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. y 10 mg/ml para el microencapsulado de aceite esencial *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling, a las 48 horas en la concentración de 2,5 mg/ml para ambos microencapsulados de aceites esenciales. Diversos estudios han evaluado la actividad anticoccidial *in vitro* del aceite esencial de plantas y componentes activos de los aceites esenciales por separado. Remmal *et al.* (2011), evaluaron diez aceites esenciales en concentraciones que oscilan entre 0,3 y 20 mg/ml, de los cuales el aceite esencial de artemisia, árbol de té, tomillo y clavo fueron identificados como los más efectivos en la destrucción de oocistos de *Eimeria* spp. aislados de pollos, estas plantas contenían en su composición compuestos activos mayoritarios como β -tuyona, 1-8 cineol, p-cimeno, sabineno, terpinen-4-ol, γ -terpineno, timol, eugenol y acetato de eugenilo, después de aproximadamente tres horas de incubación a bajas concentraciones, alcanzando un $LC_{50} < 1$ mg/ml. Remmal *et al.* (2013), evaluaron la actividad oocistocida de ocho componentes de los aceites esenciales en medio líquido sobre *Eimeria* spp. aislados de pollos, en concentración que oscilan entre 0,3 y 20 mg/ml, los resultados mostraron que los componentes más eficaces fueron carvacrol seguido de carvona, isopulegol, timol y eugenol, mostrando su $LC_{50} < 2$ mg/ml. Algunos de los componentes activos de aceites esenciales evaluados en estas dos investigaciones son los mismos componentes activos que contienen los microencapsulados de aceites esenciales estudiados (Tabla 1 y 2).

4. Conclusiones

En base a esta investigación se concluye, el porcentaje de mortalidad del microencapsulado de aceite esencial de *Salvia sagittata* Ruiz & Pav. fue de $70,95 \pm 2,89\%$ a las 24 horas y $83,58 \pm 7,88\%$ a las 48 horas; y el microencapsulado de aceite esencial de *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling fue de $64,01 \pm 6,82\%$ a las 24 horas y $75,37 \pm 5,01\%$ a las 48 horas, en la concentración de 50 mg/ml. Demostrando así su actividad anticoccidial *in vitro* frente a oocistos

esporulados de seis tipos de *Eimeria* spp. aislados de pollos de engorde, ocasionando la deformación de la pared del oocisto y la lisis de su contenido en bajas concentraciones $LC_{50} = 2,5$ mg/ml y en un tiempo determinado, causado por los componentes activos de los aceites esenciales. Estos resultados nos motivan a seguir en la búsqueda de alternativas naturales en reemplazo de los fármacos contra la coccidiosis aviar, sin afectar a las aves y a la salud pública. Se recomienda realizar investigaciones de los microencapsulados de aceites esenciales en vivo para obtener un mayor conocimiento sobre sus efectos en las aves, asimismo enfrentarlos con fármacos anticoccidiales y comprobar que pueden ser una alternativa natural de los agentes anticoccidianos.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por Prociencia, Contrato N° 075-2018 - FONDECYT – BM- IADT- MU. Al Dr. Nicasio Valencia Mamani e Ing. Epifanio Lizana Hilario, por su asesoría en el Laboratorio de Sanidad Animal de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Referencias bibliográficas

- Abbas, R., Abbas, A., Iqbal, Z., et al. (2020). In vitro anticoccidial activity of *Vitis vinifera* extract on oocysts of different *Eimeria* species of Broiler Chicken. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(3), 2267–2272.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., et al. (2007). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446–475.
- Burrell, A., Tomley, F., Vaughan, S., et al. (2020). Life cycle stages, specific organelles and invasion mechanisms of *Eimeria* species. *Parasitology*, 147(3), 263–278.
- Cobaxin, M. (2018). Natural Compounds as an Alternative to Control Farm Diseases: Avian Coccidiosis. *Farm Animals Diseases, Recent Omic Trends and New Strategies of Treatment*, 8, 135-149.
- Gilardoni, G., Ramirez, J., Montalván, M., et al. (2018). Phytochemistry of Three Ecuadorian *Lamiaceae*: *Lepechinia heteromorpha* (Briq.) Epling, *Lepechinia radula* (Benth.) Epling and *Lepechinia paniculata* (Kunth) Epling. *Plants*, 8(1).
- Idris, M., Abbas, R., Masood, S., et al. (2016). The potential of antioxidant rich essential oils against avian coccidiosis. *World's Poultry Science Journal*, 73(1), 89–104.
- López, S., Chaparro, J., & Gómez, L. (2020). Overview of Poultry *Eimeria* Life Cycle and Host-Parasite Interactions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 384.
- Quiroz, R., & Dantán, E. (2015). Control of Avian Coccidiosis: Future and Present Natural Alternatives. *BioMed Research International*, 2015, 430610.
- Remmal, A., Achahbar, S., Bouddine, L., et al. (2013). Oocysticidal Effect of Essential Oil Components against

Chicken *Eimeria* Oocysts. *International Journal of Veterinary Medicine: Research & Reports*, 1–8.

Remmal, A., Achahbar, S., Bouddine, L., et al. (2011). In vitro destruction of *Eimeria* oocysts by essential oils. *Veterinary Parasitology*, 182(2–4), 121–126.

Rios, S., & Gil, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), e1836.

Serrano, C., Villena G., & Rodríguez, E. (2020) Algunos componentes fitoquímicos y actividad antioxidante en representantes de la tribu Menthaeae (*Lamiaceae*) del Perú. *Arnaldoa*, 27(1), 169-180.